

064 04
N 32

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В честь Союза России и Беларуси

МАШИНЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Учебник

В 3-х книгах

Книга 2

Том 2

Под редакцией академика РАСХН В.А. Панфилова,
профессора В.Я. Груданова

*Утверждено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебника для студентов специальности
«Машины и аппараты пищевых производств» учреждений, обеспечивающих
получение высшего образования*

*Допущено Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов
«Пищевая инженерия»*

Учреждение образования

ст

И

Минск

2008

УДК 664(07)
ББК 36.81 я7
МЗ8

Авторы:

*С.Т. Антипов, В.Я. Груданов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков,
В.А. Панфилов, О.А. Ураков, В.А. Шаршунюв*

Рецензенты:

кафедра машин и аппаратов пищевых производств Кубанского государственного технологического университета (зав. каф., д-р техн. наук, проф. *Е.И. Кошевой*); кафедра техники мясных и молочных производств Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий (заслуженный деятель науки и техники РФ, д-р техн. наук, проф. *Л.К. Николаев*); научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (зам. ген. дир., канд. техн. наук, доц. *О.Л. Сороко*); научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства (зав. лаб., д-р техн. наук, проф. *Л.Я. Стенук*)

Машины и аппараты пищевых производств : учебник для вузов : в 3 кн.: Кн. 2. Т.2 / МЗ8 С.Т. Антипов [и др.]; под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова, проф. В.Я. Груданова. — Минск: БГАТУ, 2008. — 591 с.
ISBN 978-985-6770-90-9 (Кн.2, т.2)
ISBN 978-985-6770-49-7

В учебнике обобщены сведения о состоянии и перспективе технического обеспечения пищевых и перерабатывающих производств. Изложены научные основы реализуемых процессов и инженерные расчеты важнейших характеристик машин и аппаратов. Описано оборудование для ведения механических, гидромеханических, тепло- массообменных и биотехнологических процессов, а также для дозирования и упаковывания пищевых продуктов.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Пищевая инженерия» и «Пищевая промышленность».

УДК 664(07)
ББК 36.81 я7

ISBN 978-985-6770-90-9 (Кн. 2, т. 2)
ISBN 978-985-6770-49-7

© С.Т. Антипов, 2008
© БГАТУ, 2008

*Учебник посвящается Союзу России и Беларуси.
Написан учеными Белорусского государственного аграрного
технического университета (проф. В.Я. Груданов), Могилевского
государственного университета продовольствия (проф. В.А.
Шаришнов), Московского государственного университета
пищевых производств (акад. В.А. Папфилов, проф. О.А. Ураков) и
Воронежской государственной технологической академии (проф.
С.Т. Антипов, проф. А.Н. Остриков, проф. И.Т. Кретов).*

О Г Л А В Л Е Н И Е

Часть II МАШИНЫ И АППАРАТЫ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Раздел Б	ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	
Глава 16	Аппараты для темперирования, повышения концентрации и экструдирования пищевых сред	7
16.1	Научное обеспечение процессов темперирования, повышения концентрации и экструдирования пищевых сред	8
16.2	Классификация оборудования	11
16.3	Аппараты для нагревания, уваривания и варки пищевых сред	14
16.4	Выпарные аппараты и установки	27
16.5	Разриватели крахмалосодержащего сырья	42
16.6	Заторные и суловарочные аппараты	51
16.7	Ошпариватели и бланширователи для фруктов и овощей	59
16.8	Автоклавы, пастеризаторы и стерилизаторы	66
16.9	Экструдеры	80
16.10	Техника будущего: новые технические решения технологических задач	87
	<i>Контрольные вопросы</i>	95
	<i>Упражнения</i>	95
Глава 17	Аппараты для сушки пищевых сред	97
17.1	Научное обеспечение процесса сушки	97
17.2	Классификация оборудования	100
17.3	Шахтные и рециркуляционные зерносушилки	101
17.4	Барабанные сушильные агрегаты	108
17.5	Конвейерные сушилки	113
17.6	Агрегаты с кипящим и виброкипящим слоями	120
17.7	Распылительные сушилки	124
17.8	Вакуум-сублимационные сушилки	129
17.9	Микроволновые сушильные установки	136
17.10	Техника будущего: новые технические решения технологических задач	139
	<i>Контрольные вопросы</i>	149
	<i>Упражнения</i>	150
Глава 18	Оборудование для ведения процессов выпечки и обжарки пищевых сред	151
18.1	Научное обеспечение процессов выпечки и обжарки пищевых сред	151
18.2	Классификация оборудования	153
18.3	Печи с канальным обогревом	157
18.4	Печи с комбинированной системой обогрева	164
18.5	Туннельные печи с канальным рециркуляционным обогревом	168
18.6	Печи с электрообогревом	171
18.7	Оборудование для шпарки и опаливания	175
18.8	Обжарочные аппараты, печи для запекания и жаровни	185
18.9	СВЧ-установки для обработки сырья и полуфабрикатов	201

18.10. Техника будущего: новые технические решения технологических задач	205
<i>Контрольные вопросы</i>	215
<i>Упражнения</i>	216
Глава 19 Аппараты для охлаждения и замораживания пищевых сред	217
19.1 Научное обеспечение процессов охлаждения и замораживания пищевых сред	217
19.2 Классификация оборудования	220
19.3 Охладительные установки и охладители	222
19.4 Камеры охлаждения и замораживания	238
19.5 Морозильные аппараты	244
19.6 Фризеры, эскимо- и льдогенераторы	255
19.7 Установки криогенного замораживания	269
19.8 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	271
<i>Контрольные вопросы</i>	279
<i>Упражнения</i>	280
Глава 20 Аппараты для ведения процессов диффузии и экстракции пищевых сред	281
20.1 Научное обеспечение процессов диффузии и экстракции пищевых сред	281
20.2 Классификация оборудования	283
20.3 Аппараты для получения диффузионного сока	284
20.4 Установки для получения настоек и морсов	290
20.5 Аппараты для экстракции растительного масла	294
20.6 Аппараты для получения экстрактов из животного сырья	304
20.7 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	310
<i>Контрольные вопросы</i>	322
<i>Упражнения</i>	322
Глава 21 Оборудование для ведения процесса кристаллизации пищевых сред	323
21.1 Научное обеспечение процесса кристаллизации пищевых сред	323
21.2 Классификация оборудования	326
21.3 Вакуум-аппараты	328
21.4 Помадосбивальные машины	333
21.5 Кристаллизаторы-охладители	337
21.6 Маслоизготовители и маслообразователи	342
21.7 Кристаллизаторы и декристаллизаторы жировой продукции	355
21.8 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	358
<i>Контрольные вопросы</i>	365
<i>Упражнения</i>	365
Глава 22 Оборудование для ведения процесса ректификации пищевых сред	367
22.1 Научное обеспечение процесса ректификации пищевых сред	367
22.2 Классификация оборудования	369
22.3 Брагоперегонные установки	372
22.4 Ректификационные установки	379
22.5 Брагоректификационные установки непрерывного действия	386
22.6 Установки для получения абсолютного спирта	397
22.7 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	399
<i>Контрольные вопросы</i>	404
<i>Упражнения</i>	404
Раздел В ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ BIOTEХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	
Глава 23 Оборудование для ведения процессов ферментации	406
23.1 Научное обеспечение процессов ферментации	407
23.2 Классификация оборудования	408

Оглавление

23.3 Солодорастильные установки	409
23.4 Дрожжевые и дрожжерастительные аппараты.....	424
23.5 Ферментаторы и биореакторы.....	430
23.6 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	436
<i>Контрольные вопросы</i>	445
<i>Упражнения</i>	445
Глава 24 Оборудование для брожения пищевых сред	446
24.1 Научное обеспечение процесса брожения пищевых сред	446
24.2 Классификация оборудования	450
24.3 Аппараты для брожения и дображивания пива	452
24.4 Оборудование для сбраживания суслу при производстве спирта.....	458
24.5 Аппараты для сбраживания суслу при производстве вина	463
24.6 Оборудование для брожения квасного суслу.....	468
24.7 Агрегаты для брожения опары и теста	471
24.8 Оборудование для свертывания молока и обработки стуста.....	479
24.9 Аппараты для получения заквасок и производства кисломолочных напитков	484
24.10 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	488
<i>Контрольные вопросы</i>	503
<i>Упражнения</i>	503
Глава 25 Оборудование для соления и посола пищевых сред	504
25.1 Научное обеспечение процесса соления и посола пищевых сред.....	504
25.2 Классификация оборудования.....	506
25.3 Оборудование для соления плодоовощной продукции	507
25.4 Оборудование для посола мяса	509
25.5 Оборудование для посола рыбы.....	517
25.6 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	520
<i>Контрольные вопросы</i>	525
<i>Упражнения</i>	525
Глава 26 Оборудование для созревания пищевых сред	526
26.1 Научное обеспечение процесса созревания пищевых сред	526
26.2 Классификация оборудования.....	529
26.3 Оборудование для созревания пива.....	530
26.4 Аппараты для массирования и созревания мяса.....	532
26.5 Сливкосозревательные аппараты и творожные ванны	539
26.6 Машины для изолирования и созревания сыров	545
26.7 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	552
<i>Контрольные вопросы</i>	560
<i>Упражнения</i>	561
Глава 27 Оборудование для копчения пищевых сред	562
27.1 Научное обеспечение процесса копчения пищевых сред	562
27.2 Классификация оборудования.....	564
27.3 Автокоптилки и коптильные установки.....	565
27.4 Универсальные и автоматизированные термокамеры	568
27.5 Термоагрегаты	574
27.6 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	580
<i>Контрольные вопросы</i>	587
<i>Упражнения</i>	587
Заключение	588
Рекомендуемая литература	589

ЧАСТЬ II

Машины и аппараты – преобразователи пищевых сред

В этой части учебника машины и аппараты представлены как преобразователи пищевых сред.

За границами учебного материала осталось многочисленное и разнообразное оборудование, назначение которого непосредственно не связано с изменением потребительских и технологических свойств пищевых сред. Это оборудование для дозирования уже готовых продуктов и изделий и их упаковывания, предназначенное для защиты определенной дозы (порции) пищевого продукта без изменения его потребительские свойства. К этому оборудованию относятся также конвейеры самых различных конструкций, технологические трубопроводы, паро- и воздухопроводы, насосы, приборы для контроля и регулирования технологических процессов, другие виды устройств, обеспечивающие так называемые связи технологических систем.

При рассмотрении конструкций машин и аппаратов необходимо иметь в виду, что процессы, протекающие в них, представляют собой лишь элементы технологической системы, которые только вместе со связями образуют эффективно функционирующий поток.

РАЗДЕЛ Б

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Теплообменные процессы – самопроизвольные необратимые процессы переноса теплоты от более нагретых тел (или участков тел) к менее нагретым. В зависимости от характера изменения состояния объектов тепловой обработки различают следующие виды теплообменных процессов: *нагревание и охлаждение, испарение и выпаривание, сублимацию и конденсацию, замораживание и размораживание.*

Массообменные процессы основаны на избирательном обмене отдельными компонентами между фазами многокомпонентных систем через поверхности контакта фаз. Переход распределяемого компонента через поверхность контакта в другую фазу определяется законами молекулярного, конвективного и турбулентного переноса. К массообменным процессам относятся: *экстракция, кристаллизация, абсорбция, адсорбция* и др.

Тепломассообменные процессы – совмещенные процессы переноса теплоты и массы в капиллярно-пористых телах. Они протекают с изменением физического состояния распределяемого компонента и сопровождаются затратой и высвобождением значительного количества теплоты фазового перехода. К тепломассообменным процессам относятся: *сушка, варка, ректификация, обжарка, выпечка, термопластическая экструзия* и др.



Один талант ничто, нужна еще громадная
трудоспособность, работа над собой,
непрерывная работа всю жизнь...
ИОФФЕ АБРАМ ФЕДОРОВИЧ (1880–1960),
физик, академик АН СССР

Глава 16

АППАРАТЫ ДЛЯ ТЕМПЕРИРОВАНИЯ, ПОВЫШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ И ЭКСТРУДИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Темперирование – процесс тепловой обработки пищевых сред с последующей выдержкой при определенной температуре и перемешиванием.

Повышение концентрации – процесс влагоудаления с целью увеличения содержания сухих веществ в пищевых средах.

Экструдирование – процесс преобразования внутренней структуры и формы биополимер с целью получения полуфабрикатов или готовых изделий при комплексном воздействии давления, температуры, влажности и напряжения сдвига.



Юность – весеннее время человека, в которое засеваются семена на будущие годы жизни.
 КНЯЖНИН ЯКОВ БОРИСОВИЧ (1742–1791),
 русский драматург и поэт

16.1 НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕМПЕРИРОВАНИЯ, ПОВЫШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ И ЭКСТРУДИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Темперирование и повышение концентраций пищевых сред осуществляется погружением в жидкую среду (вода, растительное масло и др.); воздействием пара, паровоздушной и пароводяной смесью; инфракрасным излучением и др. Среда, передающая теплоту, является теплоносителем. Передача теплоты продукту может быть прямым контактом или через теплопередающую стенку. В общем случае передача теплоты осуществляется *теплопроводностью, конвекцией и тепловым излучением*.

Основной закон *теплопроводности*, установленный Фурье, подтверждает, что количество теплоты dQ (Дж), переданное теплопроводностью, пропорционально градиенту температуры dt/dl , времени $d\tau$ и площади сечения dF , перпендикулярного направлению теплового потока,

$$dQ = -\lambda(dt/dl)dF d\tau,$$

где λ – коэффициент теплопроводности среды, Вт/(м·К).

Плотность теплового потока q (Вт/м²) по закону Фурье имеет следующее выражение:

$$q = dQ/(dF d\tau) = -\lambda(dt/dl),$$

где знак «минус» показывает, что теплота переносится в сторону уменьшения температуры, навстречу градиенту dt/dl .

Дифференциальное уравнение теплопроводности (второй закон Фурье) имеет вид

$$\partial t / \partial \tau = a(\partial^2 t / \partial x^2 + \partial^2 t / \partial y^2 + \partial^2 t / \partial z^2),$$

где a – коэффициент температуропроводности, м²/ч или м²/с ($a = \lambda/(c\rho)$); c – удельная теплоемкость продукта, Дж/(м·К); ρ – плотность продукта, кг/м³.

В неподвижных жидкостях и газах теплота переносится только за счет теплопроводности. Однако внутри жидкости или газа теплота может переноситься за счет перемешивания. Нагретые у стенки частицы, попадая в окружение холодных частиц, отдают им свою теплоту. Скорость переноса при этом тем выше, чем интенсивнее перемешивание, т. е. чем выше турбулизация потока теплоносителя.

Конвекция включает оба механизма переноса – как за счет теплопроводности, так и за счет перемешивания, а их вклад в процесс зависит от гидродинамических характеристик движения жидкости или газа.

Количество теплоты dQ (Вт), отдаваемое стенкой в жидкость, рассчитывают по закону теплоотдачи Ньютона:

$$dQ = \alpha dF(t_1 - t_2) d\tau,$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); t_1 – температура стенки, К; t_2 – температура жидкости, К.

Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена (уравнение Фурье-Кирхгофа) имеет вид

$$\partial t / \partial \tau + (\partial t / \partial x) V_x + (\partial t / \partial y) V_y + (\partial t / \partial z) V_z = \alpha \nabla^2 t,$$

где V_x, V_y, V_z – скорости перемещения частицы в направлении осей соответственно x, y, z ; $\nabla^2 t$ – оператор Лапласа.

Приравнявая основной закон теплопроводности Фурье и закон Ньютона, можно получить уравнение, характеризующее условия на границе раздела потока и стенки аппарата:

$$-\lambda(dt/dl) = \alpha(t_1 - t_2).$$

Закономерности *теплового излучения* (радиации) описываются законами Стефана – Больцмана, Кирхгофа и Ламберта. В невидимой инфракрасной области с длиной волн 0,8...40 мкм может передаваться большое количество теплоты. Интенсивность теплового излучения возрастает с повышением температуры тела, а при температурах выше 600 °С теплообмен между твердыми телами и газами осуществляется путем лучеиспускания.

Закон Стефана – Больцмана устанавливает зависимость между лучеиспускательной способностью тела E , количеством энергии Q , излучаемой телом в течение 1 ч, и площадью поверхности тела F :

$$E = Q/F.$$

При этом энергия излучения зависит от длины волны и температуры.

Связь между лучеиспускательной способностью E_0 (Вт/м²) и температурой абсолютно черного тела T (К) выражается зависимостью:

$$E_0 = K_0 T^4,$$

где K_0 – константа излучения абсолютно черного тела, Вт/(м²·К⁴).

По закону Кирхгофа, отношение лучеиспускательной способности любого тела к его лучепоглощающей способности при той же температуре является величиной постоянной, равной лучеиспускательной способности абсолютно черного тела:

$$E_0 = E_1/A_1 = E_2/A_2 = \dots = E_0/A_0,$$

где E_1, E_2, E_0 – лучеиспускательная способность первого, второго и абсолютно черного тела соответственно; A_1, A_2, A_0 – лучепоглощающая способность этих тел.

Закон Ламберта выражает изменение интенсивности излучения по различным направлениям и записывается в виде

$$dQ = (1/\pi) E d\psi \cos \varphi dF,$$

где $d\psi$ – телесный угол, под которым виден элемент dF_2 из элемента dF_1 ; φ – угол, образованный прямой, соединяющей элементы dF_1 и dF_2 , и нормалью к элементу dF_1 .

Экструдирование растительного сырья, основными компонентами которого являются крахмал (полисахариды), белки и вода, проводят в экструдерах с целью получения полуфабрикатов или готовых изделий при комплексном воздействии на обрабатываемую пищевую среду давления, температуры, влажности и напряжения сдвига. Преимущества экструзии состоят в совмещении в одном экструдере нескольких процессов: диспергирования, перемешивания, гомогенизации, термической и механиче-

ской обработки, структурообразования, выпрессовывания и сушки пищевых материалов. Экструдер заменяет ряд периодических процессов и оборудования, а сам процесс экструзии позволяет направленно изменять свойства и структуру перерабатываемого материала, обеспечивает непрерывность процесса, возможность непрерывной подачи в перерабатываемый материал ароматизаторов, красителей, пластификаторов и вкусовых добавок.

При термопластической экструзии сырье в процессе перемещения в экструдере от входа к выходу подвергают двухстадийному нагреванию. На первой стадии осуществляется нагрев сырья до температуры 60...80 °С. При такой температуре и содержании воды до 30 % биополимеры пластифицируются и переходят из стеклообразного состояния в высокоэластическое. На второй стадии температура обычно поддерживается в пределах 120...190 °С, материал переходит в вязко-текучее состояние, образуя расплав биополимеров. В этих условиях происходит денатурация нативных белков и желатинизация крахмалов. При этом кристаллические области способных к кристаллизации биополимеров, например амилозы и амилопектина в составе крахмала, плавятся, а аморфные переходят из неупорядоченного высокоэластического состояния в вязко-текучее. Начинается структурообразование расплавов, фиксируемое затем в получасмых экструдатах.

Наиболее интенсивно структурообразование расплавов биополимеров протекает под действием сил сдвига и растяжения в головке экструдера. Это обусловлено изменением реологических условий течения в этих зонах.

Форма экструдата определяется формой отверстий в матрице, которую устанавливают на выходе материала из экструдера. Экструзионные продукты питания, содержащие преимущественно крахмал, могут иметь однородную или пористую микроструктуру, а продукты, основным компонентом которых являются белки, характеризуются волокнистой или пористой анизотропной микроструктурой.

Необходимыми условиями получения экструзионных продуктов питания являются: увлажнение и пластификация сырья, получение расплава биополимеров, денатурация белков и клейстеризация крахмалов, структурирование расплава под действием сил сдвига и растяжения, его охлаждение и формование.

При термопластической экструзии в перерабатываемом материале происходят необратимые биофизические изменения, прежде всего белков, крахмала и сахара. Экструдат затем сушат или обжаривают и покрывают вкусовыми добавками. Способом термопластической экструзии получают сухие завтраки, хлебцы, сухие напитки, супы, аналоги мясо- и рыбопродуктов.

Для создания рабочих теорий процесса экструзии правомерно использование моделей изотермического, адиабатического, политропического и произвольного теплового режимов работы зоны дозирования.

Для рассмотрения традиционных математических моделей процессов экструзии, удобнее всего разделить их на три основные группы моделей: гидродинамические, геометрические и реологические.

Так, уравнение математической модели дозирующей зоны экструдера по Мак-Келви имеет вид:

$$P = F_d \left[(U_z h W) / 2 \right] - \left[(h^3 W) / (12 \mu_n) \right] (\partial P / \partial z) F_p,$$

где P – объемная производительность зоны дозирования, м³/с; U_z – компонента скорости движения корпуса относительно шнека в направлении z , м/с; h – глубина канала

шнека, м; W – ширина канала, м; μ_n – динамическая вязкость ньютоновской жидкости, Па·с; $\partial P/\partial z$ – градиент давления по оси канала z , Па/м; F_d, F_p – безразмерные коэффициенты формы, учитывающие влияние на распределение потоков соотношения h/W .

Математическая модель, предложенная В.А. Силиным, является примером иного, геометрического подхода к решению задачи моделирования процесса экструзии полимеров для этой зоны:

$$P = \left[\pi(D^2 - d_d^2) (H - e) 60n\rho/4 \right] \eta_d [1 - (P_z / P_{max})],$$

где P – производительность экструдера в зоне дозирования, кг/с; D – наружный диаметр шнека, м; d_d – диаметр сердечника червяка в зоне дозирования, м; H – шаг шнека, м; e – осевая ширина витков шнека, м; n – частота вращения шнека, с⁻¹; ρ – плотность расплава, зависящая от температуры и давления, кг/м³; η_d – коэффициент осевого перемещения расплава в канале червяка в зоне дозирования; P_z – противодавление экструзионной головки, Па; P_{max} – максимальное давление, создаваемое всеми витками червяка при закрытой головке, Па.

Наиболее точно реальную физическую картину процесса экструзии отражают реологические модели. Реальное движение расплава полимера в зоне дозирования – это трехмерное неизоэнтальпическое течение аномально вязкой жидкости.

И.Э. Груздевым получено уравнение для расчета производительности дозирующей зоны экструдера при изотермических условиях течения аномально-вязкой жидкости со сложным сдвигом:

$$P = q_x q_{max} \eta v_0 h s i,$$

где P – объемный расход продукта, м³/с; q_x, q_{max} – безразмерные расходы продукта; η – коэффициент проскальзывания; v_0 – скорость движения пластины (окружная скорость винта), м/с; h – глубина канала шнека, м; s – ширина канала, м; i – число заходов шнека.

Характерной особенностью течения степенной жидкости в условиях сложного сдвига является более слабая зависимость максимального расхода продукта от аномалии вязкости.

Все перечисленные работы рассматривают задачу течения в каналах экструзионных машин в одномерной постановке. Такой подход не позволяет учесть эффекты циркуляционного тепло- и массообмена, т.е. процессы смешения жидкости и конвективного теплопереноса.



Кто предвидит будущее? Поэтому шире дорогу
любого направления, прочь с любой догматикой...
БОЛЬЦМАН ЛЮДВИГ (1844–1906),
австрийский физик

16.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Среди большого многообразия аппаратов для темперирования и повышения концентрации пищевых сред можно выделить следующие виды (рис. 16.1): аппараты для нагривания, уваривания и варки; выпарные аппараты и установки; разварива-



Рис. 16.1 Классификация аппаратов для темперирования, повышения концентрации и экструдирования пищевых сред

тели крахмалосодержащего сырья; заторные и сушварочные аппараты; ошпариватели и бланширователи для фруктов и овощей; автоклавы, пастеризаторы и стерилизаторы, а также экструдеры.

Рассматриваемое оборудование предназначено для осуществления таких тепло-массообменных процессов, которые вызывают сложные физико-химические и структурно-механические изменения, связанные с поверхностным или объемным проникновением теплоты в продукт. Все это вызывает изменение агрегатного и структурного состояний продукта, размягчение растительных тканей, что способствует их разрушению и экстрагированию необходимых веществ, а также приводит к гибели микроорганизмов с предотвращением их развития.

Тепломассообменное оборудование по способу передачи теплоты можно разделить на аппараты смешения и поверхностные. В аппаратах смешения продукт вступает во взаимодействие с теплоносителем и нагревается. В поверхностных аппаратах теплота передается через стенку аппарата (рекуперативные теплообменники) или через насадку аппарата (регенеративные теплообменники).

В производстве пищевых продуктов из используемых теплоносителей преимущественно применен водяной насыщенный пар, что обусловлено удобством его транспортирования, легкостью регулирования количества и температуры, большой теплотой конденсации, невысокой стоимостью.

По типу основного рабочего органа экструдеры подразделяют на одношнековые и двухшнековые. В одношнековых экструдерах, вследствие того, что продукт может оставаться в витках и накапливаться, создавая разрывы потока, колебания давления бывают чаще. В результате продукт из экструдера выпускается неравномерно.

В двухшнековых самоочищающихся экструдерах обеспечиваются более быстрый пуск шнека и работа на повышенной скорости. В них реже возникают колебания давления, так как не происходит накопление продукта.

При переработке пищевых продуктов наибольшее распространение получили экструдеры со шнеками полного зацепления, вращающимися в одном направлении, когда вершины одного шнека взаимодействуют с впадинами другого.

По частоте вращения экструдеры подразделяют на нормальные и быстроходные с окружной скоростью соответственно до 0,008 и 0,12 м/с, а по конструктивному исполнению – на стационарные и с вращающимся корпусом, с горизонтальным и вертикальным расположением шнека.

Расходно-напорная характеристика (РНХ) нагнетателя – зависимость создаваемого им расхода материала Q от противодействия Δp на выходе. РНХ формующего органа (матрицы) – это функция расхода через отверстия матрицы от давления в предматричной камере.

Анализ РНХ шнекового нагнетателя и формующей головки позволяет определить производительность экструдера и развиваемого при этом давления на входе в матрицу для конкретного сечения шнек-матрицы при заданной частоте вращения шнека.



Когда природа оставляет прореху в чьем-нибудь уме, она обычно замазывает ее толстым слоем самовольства.
ЛОНГ ФЕЛЛО ГЕНРИ УОДСУОРТ (1807–1882),
 американский поэт

16.3 АППАРАТЫ ДЛЯ НАГРЕВАНИЯ, УВАРИВАНИЯ И ВАРКИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

В аппаратах для нагревания пищевые среды доводятся до определенной температуры. К ним относятся аппараты, в которых практически отсутствует процесс кипения и поддерживается постоянная температура полуфабриката (выше температуры окружающей среды). Причем в процессе нагревания физическое состояние загружаемого продукта может меняться.

Нагреванию подвергаются молоко, начинки, патока, фруктово-ягодное сырье и другие массы, а также поддерживается соответствующая температура шоколадных масс и какао тертого.

Уваривание служит для повышения концентрации пищевых сред. При кипении в процессе уваривания из них удаляется влага. Этому процессу подвергают различные сиропы, молочные и фруктово-ягодные массы и др.

Варка применяется для тепловой обработки мяса и мясопродуктов, круп, картофеля и т.п. до состояния кулинарной готовности в воде острым паром или смесью насыщенного пара и воздуха при температурах до 100 °С.

Односекционный трубчатый вакуум-подогреватель КТП-2 предназначен для подогрева различных фруктовых и овощных соков. Вакуум-подогреватель КТП-2 (рис. 16.2) состоит из теплообменника 1, вакуум-бачка 2, паровой магистрали 3, бака 4 для воды, насоса 5.

Теплообменник представляет собой цилиндрический кожух, внутри которого находятся трубки из нержавеющей стали. По трубам протекает продукт, пар подается в межтрубное пространство.

Паровая магистраль включает в себя трубопроводы, арматуру, вакуум-

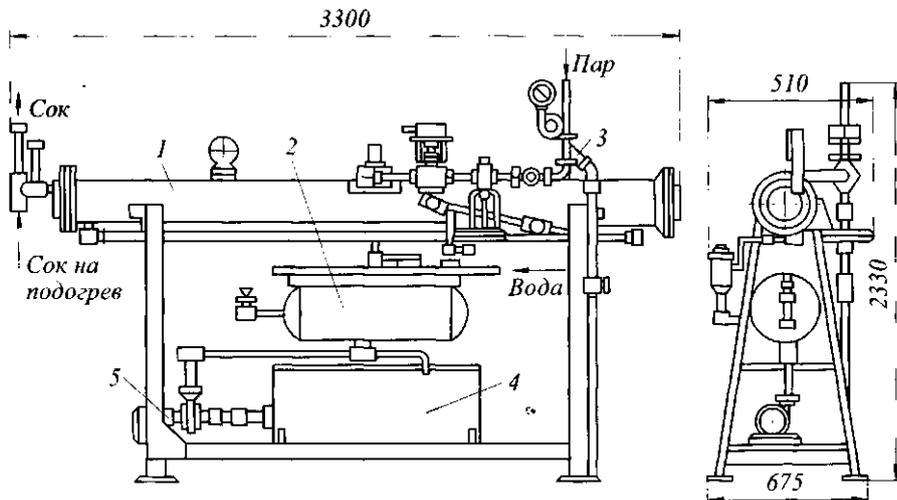


Рис. 16.2 Вакуум-подогреватель КТП-2

редукционный клапан, манометр, предохранительный клапан и регулятор температуры. Заданный тепловой режим поддерживается автоматически. Вакуум-редукционный клапан обеспечивает понижение давления пара с 0,2 МПа до 0,07...0,09 МПа для предотвращения перегрева и пригорания продукта.

Для удаления конденсата из вакуум-бачка применен водяной эжектор. Конденсат в вакуум-бачок поступает из подогревателя через конденсатоотводчик с закрытым поплавком. Вода в эжектор нагнетается насосом 5 из бака 4. Уровень разрежения контролируют с помощью вакуумметра.

Техническая характеристика аппарата КТП-2

Производительность, л/ч	1800
Площадь поверхности нагрева, м ²	4
Скорость движения продукта по трубкам, м/с	2,8...3,5
Установленная мощность электродвигателя вакуум-насоса, кВт	1,0
Продолжительность нагрева сока от 20 до 90 °С, с	115
Габаритные размеры, мм	3300×510×2330
Масса, кг	600

Темперирующие сборники бывают вертикальными, вместимостью до 3,0 т, и горизонтальными – до 10,0 т.

Техническая характеристика темперирующих сборников приведена в табл. 16.1.

Таблица 16.1 Техническая характеристика темперирующих сборников

Показатель	МТМ	МТ	СЗА-28	СЗА-29	«Хайденау»	СЗА-18
Вместимость сборника, дм ³	100	250	500	1000	2000	3000
Угловая скорость вала мешалки, рад/с	4,1	2,7	2,5	2,5	2,5	2,5
Расход пара под избыточным давлением 0,2 МПа, кг/ч		10	19	38	30	150
Расход воды, м ³ /ч		70	125	150	200	250
Мощность электродвигателя, кВт	1,7	3,5	3,5	3,5	3,5	5,5
Габаритные размеры, мм:						
длина Д	1150	1325	1600	2100	1800	2800
ширина Ш	800	1150	1200	1500	1600	2250
высота В	1010	1475	1300	1750	2500	2000
Масса, кг	460	830	1230	1150	2000	2430

Вертикальный темперирующий сборник показан на рис. 16.3. Какао тертое или шоколадная масса загружается в цилиндрический резервуар 19 с водяной рубалкой 18, покрытый изоляцией 16. Обогрев сборника термосифонный. Управление обогревом осуществляется с пульта кнопками 6. Термометр 8 регистрирует температуру воды, а термометр 5 показывает температуру массы. Контрольная лампа 9 указывает, что сборник работает. Сверху сборник закрыт крышкой 4. Крышка открывается с помощью рукоятки 11, при ее повороте кулачок 12 выключателем 13 выключает электродвигатель 1 мешалки. Он через редуктор 2 вращает планетарную мешалку 10 с частотой вращения 30 об/мин. Резервуар освещается лампой 3, установленной на крышке.

Для циркуляции массы и загрузки сборника служит насос 14 с подачей 50 дм³/мин. При помощи трехходового крана 15 можно массу от насоса направить по

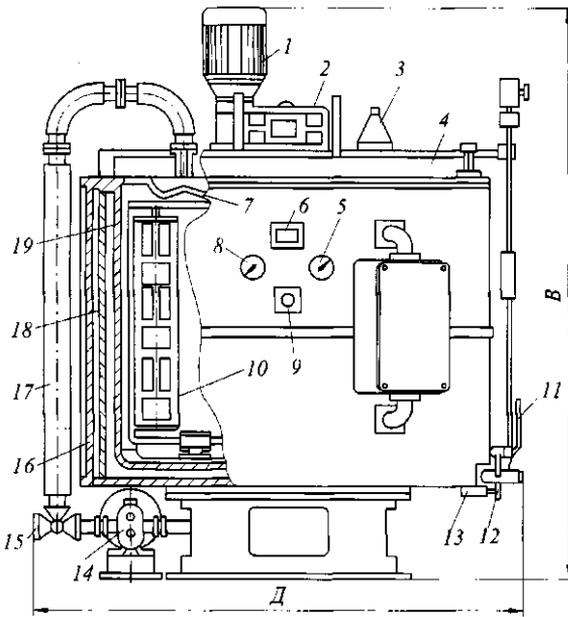


Рис. 16.3 Вертикальный temperующий сборник

Реактор типа МЗ-2С (рис. 16.4) имеет две стойки 1, две цапфы 2, паровую рубашку 3, корпус 4, мешалку 5 и электрооборудование. В нижней части паровой рубашки 3 имеется краник для спуска воздуха и конденсата. После заполнения реактора продуктом в рубашку подается пар и начинается процесс перемешивания с подогревом. Мешалка 5 представляет собой вал с лопастями. Реактор имеет два окна для осмотра внутренней полости, а также люк для периодического осмотра, очистки и ремонта.

Техническая характеристика реактора МЗ-2С

Вместимость, дм^3	1000
Рабочее давление, МПа:	
в паровой камере.....	0,25
в корпусе	0,07
Частота вращения вала мешалки, мин^{-1}	48
Установленная мощность электродвигателя, кВт.....	3
Габаритные размеры, мм.....	1315×1194×2003
Масса, кг.....	900

Варочные котлы бывают со стационарной и опрокидываемой чашей, открытые (без крышки) и закрытые. На рис. 16.5. показан закрытый варочный котел с опроки-

обогреваемому трубопроводу 17 на грибок 7 в сборник для рециркуляции или перекачать в другую емкость. В temperующем сборнике других фирм трехходовой кран располагается сверху трубы 17. Есть сборники с комбинированным обогревом – паровым и электрическим.

Варочные котлы (реакторы)

предназначены для перемешивания с подогревом вязких и жидких пищевых продуктов из нескольких компонентов. В зависимости от вместимости реакторы выпускают различных типов.

Техническая характеристика открытых варочных котлов приведена в табл. 16.2.

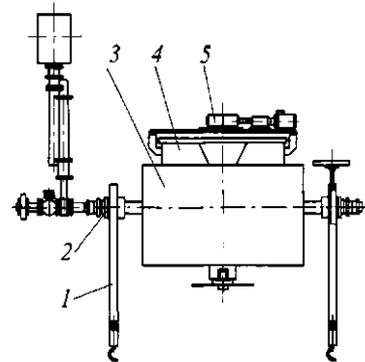


Рис. 16.4 Реактор типа МЗ-2С

дываемой чашей. Внутренняя чаша 10 изготовлена из меди или нержавеющей стали. С помощью стального кольца 17, прокладки, болтов и отбортовки она соединяется со стальной паровой рубашкой 7. Полость между чашей и рубашкой образует паровое пространство, в которое подается пар. На подводящей линии установлены манометр 3, предохранительный клапан 4 и запорный вентиль 5. Конденсат отводится из наинизшей точки парового пространства 13. При пуске и в процессе работы воздух из рубашки периодически выпускают через кран 18, расположенный в наивысшей точке парового пространства.

Таблица 16.2 Техническая характеристика открытых варочных котлов

Показатель	С опрокидываемой чашей			Со стационарной чашей		
	6А		К-1А	5-А	27-А	28-А
Вместимость, дм ³	12	32	150	60	60	150
Внутренний диаметр чаши, мм	500	500	785	590	650	800
Высота края чаши, мм	1012	991	1225	1125	1225	1225
Площадь поверхности нагрева, м ²	0,23	0,39	0,65	0,55	0,55	0,65
Давление греющего пара, МПа	0,3	0,4	0,59	0,59	0,59	0,59
Габаритные размеры, мм:						
длина Д	1400	1146	1800	1100	1275	112
ширина Ш	730	640	1000	758	830	955
высота В	1360	1360	1350	1400	1485	1610
Масса котла, кг	200	215	440	300	400	450

После загрузки котла массой закрывают люк крышкой 15, открывают воздушный кран 18, продувочный кран на конденсатоотводчике или обводной линии и пускают пар, открыв вентиль 5. Продувку парового пространства производят до тех пор, пока из кранов не пойдет сухой пар. После этого закрывают продувочные краны, включают конденсатоотводчик и увеличивают поступление пара.

В процессе нагревания наблюдают по манометру 3 за давлением греющего пара и по манометрическому термометру 2 за температурой массы.

Подогретая масса выгружается через штуцер 12, для чего рукояткой 1 поднимают клапан 11. Котлы снабжаются мешалками 9 для увеличения равномерности прогрева вязких веществ. Приводной электродвигатель 8 шарнирно соединен со станиной 19 и своим весом создает необходимое натяжение ремней с помощью устройства 6. Иногда натяжение увеличивается дополнительными грузами и пружинами. Крышка 14 котла имеет трубу 16 для отвода пара.

Варочный котел может быть и открытым, т. е. без крышки. При шарнирном соединении котла со станиной нагретую массу выгружают через борт поворотом котла вокруг горизонтальной пустотелой оси с помощью маховика. Подвод пара и отвод конденсата у таких котлов производится через пустотелые оси. В рубашке таких котлов от пустотелой оси к наинизшей точке опускается трубка, по которой паром выдавливается конденсат.

Открытые варочные котлы могут применяться и для уваривания в тех случаях, когда длительная выдержка увариваемого вещества при высокой температуре не ухудшает качества продукта.

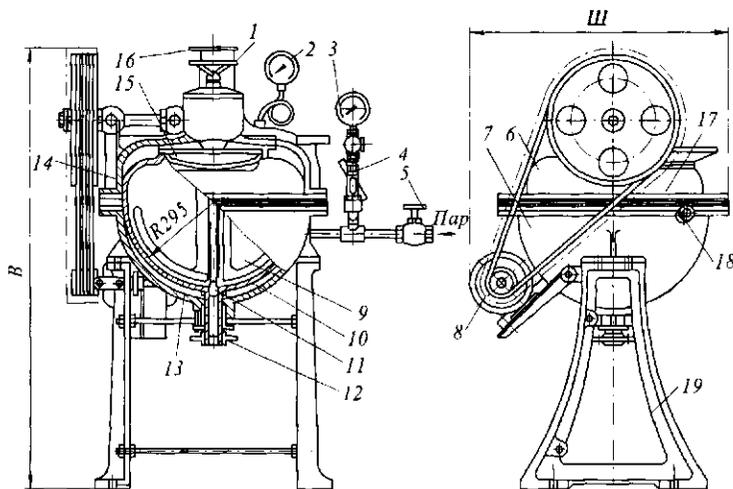


Рис. 16.5 Варочный котел

Аппарат ВА-800М предназначен для варки круп (рис. 16.6), состоит из барабана 3, бункера 6, передней 1 и задней 8 стоек, переднего 2 и заднего 4 патрубков, привода 7 и электрооборудования.

Барабан представляет собой горизонтальный цилиндрический сосуд с эллиптическими днищами. К днищам барабана крепятся передний патрубок, предназначенный для ввода в аппарат пара, и задний – для выпуска излишка пара. Полые чугунные патрубки аппарата соединены между собой трубой, расположенной на оси барабана. Концы трубы сварены в днища барабана. С внутренним пространством барабана полые патрубки сообщаются через отверстия в днищах барабана.

Отверстия закрыты решетками, предотвращающими попадание крупы в полые патрубки. Эти отверстия способствуют равномерному распределению пара внутри барабана.

На переднем патрубке аппарата установлены манометр и предохранительный клапан. Для обеспечения периодической загрузки и выгрузки крупы на боковой поверхности бункера имеется люк 5 с герметически закрывающейся съемной крышкой. В целях облегчения обслуживания люка на бункере предусмотрено устройство, в котором крышка люка закрепляется перед выгрузкой крупы из бункера.

Для лучшего перемешивания крупы в процессе варки к внутренней поверхности цилиндрической части барабана приварены спиральные лопасти. Отбор проб из барабана осуществляется через пробный кран, укрепленный на его цилиндрической части.

Горизонтальное положение барабана обеспечивается установкой его на четырех роликах посредством двух бандажей, закрепленных на полых патрубках передней и задней стоек. Каждая пара роликов крепится к передней и задней стойкам. Для удержания аппарата от осевых перемещений бандаж переднего патрубка имеет реборду. Привод аппарата включает электродвигатель, клиноременную передачу и редуктор. На выходной вал редуктора насажена шестерня, находящаяся в зацеплении с зубчатым колесом, которое прикреплено к переднему патрубку барабана. На одной плите с редуктором установлен колодочный тормоз переменного тока, предназначенный для остановки и фиксации барабана в трех положениях: для загрузки, снятия крышки люка и выгрузки продукта.

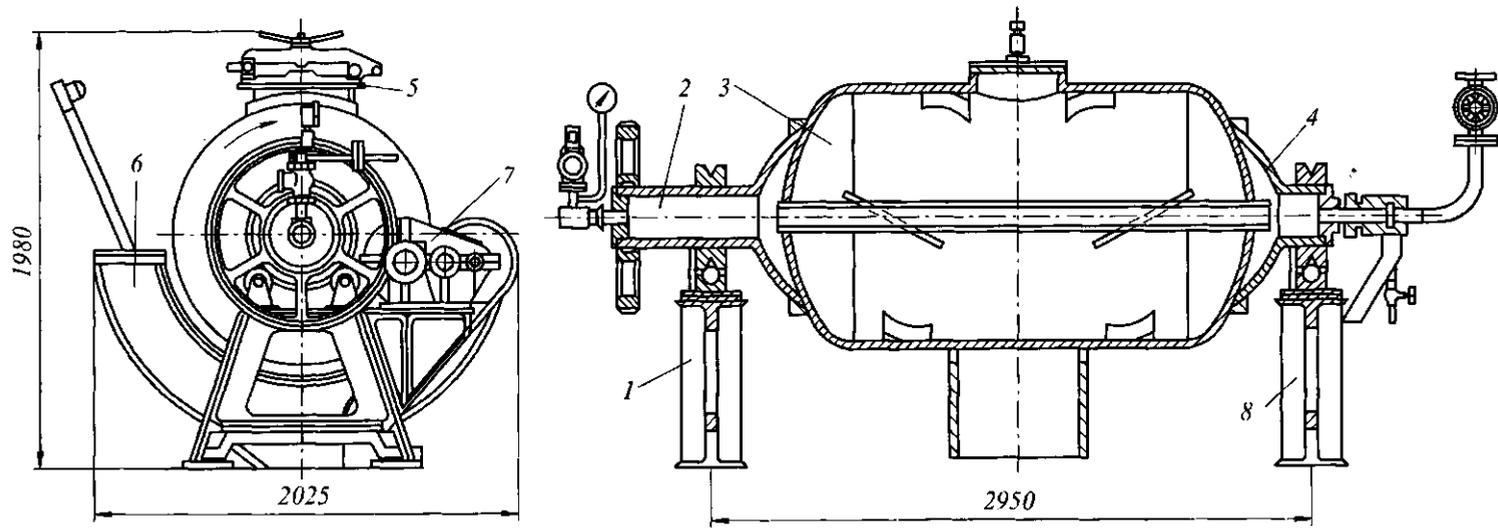


Рис. 16.6 Варочный аппарат ВА-800М

В аппарат через люк загружают крупу и подают воду. Затем люк герметически закрывают и подают пар, после чего аппарат приводят во вращение. В процессе варки крупа и вода непрерывно перемешиваются. Время окончания варки устанавливают путем периодического взятия проб через пробный краник аппарата. Температурный режим варки регулируется путем изменения расхода и давления пара. По окончании варки подвод пара прекращается, аппарат останавливается и с помощью тормоза фиксируется в наклонном положении для снятия крышки люка. Соединением пробного краника барабана с атмосферой снимают давление в аппарате. После этого открывают крышку люка, закрепляют ее в устройстве на бункере и выгружают сваренную крупу в бункер. Затем включают привод и проворачивают несколько раз аппарат с открытым люком до полной выгрузки крупы из него.

Техническая характеристика варочного аппарата ВА-800М

Вместимость, дм ³	2270
Рабочее давление пара, МПа	0,25
Частота вращения вала мешалки, мин ⁻¹	2
Электродвигатель:	
мощность, кВт	2,2
частота вращения, мин ⁻¹	930
Габаритные размеры, мм	2950×1980×2025
Масса, кг	2405

Варку мясopодуkтов в воде проводят в котлах различной конструкции с загрузкой и выгрузкой вручную или специальными устройствами с опрокидывающимся и неопрокидывающимся резервуаром.

Котел Г2-ФВА (рис. 16.7, а) с опрокидывающимся резервуаром 1 и рубашкой 7 опирается через цапфы 2 и 13, лежащие в подшипниках 3 и 12, на стойки 5 и 9. К цапфам присоединены трубы 11 для подвода пара в рубашку и отвода конденсата 4, поступающего по трубе 6. На цапфу надето червячное колесо 14, вращением которого с помощью маховика 8 и червяка 10 поворачивают резервуар 1.

Котел типа «Вулкан» (рис. 16.7, б) имеет резервуар 1 с коническим днищем 3 и рубашку 5. Сверху он закрыт крышкой 6, уравновешенной противовесом 8. Рубашка опирается на стойки 2. Пар в рубашку поступает через вентиль 10, а содержимое котла сливается через кран 4. Вода поступает в резервуар через трубу 9, конденсат отводится через конденсатную трубу 11. Для снижения давления в котле служит патрубок 7, отводящий пар. Рубашка котла имеет клапаны для продувки, а резервуар – предохранительный клапан, исключающий образование внутри вакуума.

Котел К7-ФВЗ-Е (рис. 16.7, в) предназначен для варки и бланшировки субпродуктов и варки окороков в двух корзинах 9 из нержавеющей стали. Он представляет собой бескаркасную прямоугольную металлоконструкцию (резервуар 2), под которой расположен слой теплоизоляции толщиной 50 мм. Днище 1 и крышка 3 двухстворчатой конструкции изоляции не имеют. Посередине котла на вертикальных внутренних стенках закреплена перегородка 4, разделяющая его на две части и служащая направляющей для корзин 9. Крышка 3 открывается и закрывается с помощью рычажно-винтовой системы 5, смонтированной с правой стороны котла.

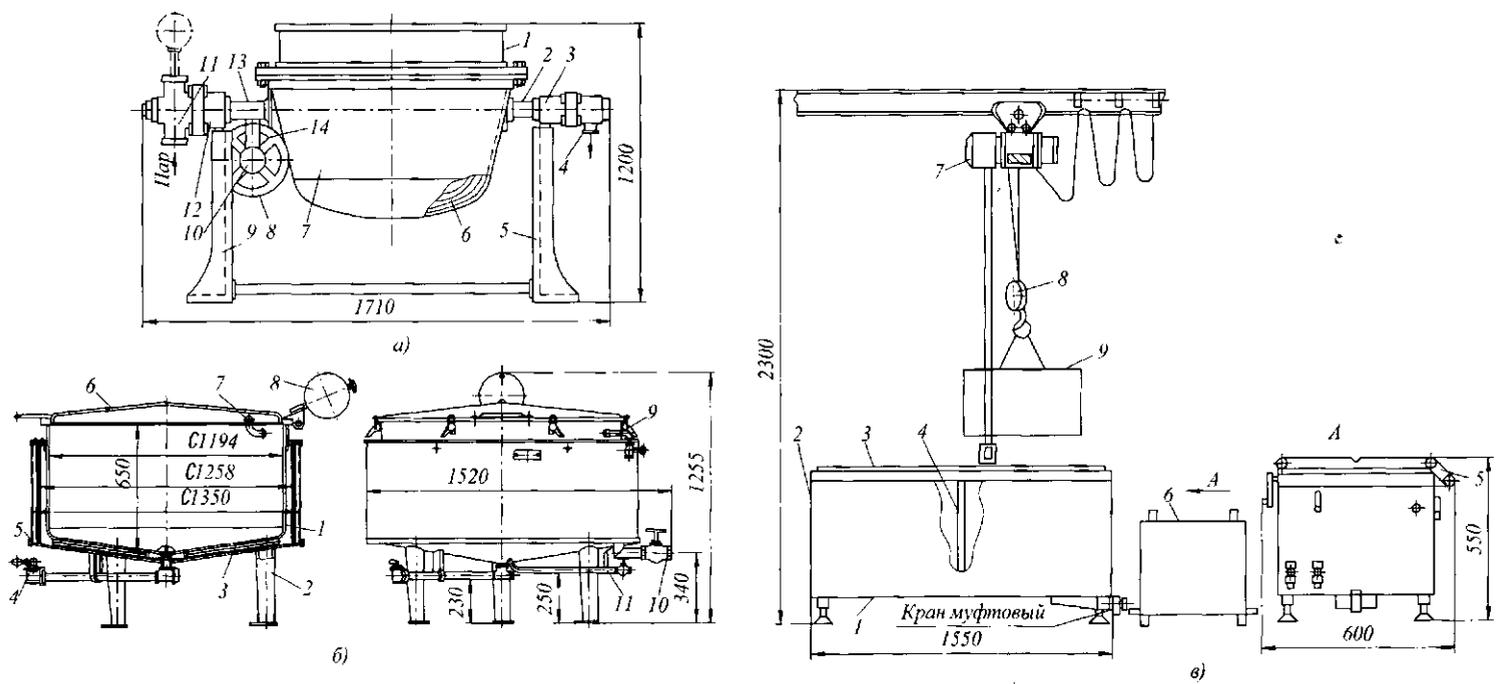


Рис. 16.7 Котлы варочные: а – котел Г2-ФВА; б - котел типа «Вулкан»; в – котел К7-ФВ3-Е

Сборник бульона 6 – цилиндрическая емкость с крышкой, выполненная из листовой нержавеющей стали. Для наполнения бульоном и его слива в корпусе сборника предусмотрены отверстия с патрубками.

В котел электроталью 7 и захватным устройством 8 устанавливают корзины 9 с субпродуктами, затем заливают воду и подают пар через барботер. При достижении заданной температуры внутри котла начинается варка. После ее окончания бульон с жиром частично сливают в сборник, открывая вентиль на сливном трубопроводе.

Котел К7-ФВ2А предназначен для тепловой обработки мясopодуKтов и субпродуктов. Устройство и принцип работы этого котла аналогичны описанным выше.

Техническая характеристика варочных котлов приведены в табл. 16.3.

Таблица 16.3 Техническая характеристика варочных котлов

Показатель	Г2-ФВА	Вулкан	К7-ФВ2А	К7-ФВ3-Е
Вместимость (общая), м ³	0,6	0,6	0,46	1,1
Давление пара в рубашке, МПа	0,05	0,05	0,07	0,3
Температура воды во время варки, °С	до 100	до 100	80...100	85...100
Занимаемая площадь, м ²	3,0	2,6	2,3	3,2
Масса, кг	490	450	240	700

На рис. 16.8 показан котел фирмы «Атлас» (Дания) вместимостью 5,2 м³ с обогреваемой мешалкой. Цилиндрический внутренний корпус 9 котла имеет одно приваренное эллиптическое дно 10 и второе плоское 4, прикрепляемое к фланцу корпуса болтами. Корпус и эллиптическое дно имеют паровую рубашку. На плоском дне монтируют люк 15 для выгрузки шквары и вентиль 19 для спуска жира. Мешалка 1 выполнена сварной из центральной трубы, к которой с двух сторон приварены цапфы, устанавливаемые в подшипниках качения 12 и герметизируемые сальниковыми уплотнениями 11. К центральной трубе приварены радиально со сдвигом на 90° трубы-рычаги, к которым приварены полые лопасти. Полость плоская, но с одной стороны к ней приварен под углом скребок, который перемещает массу при выгрузке. Всего на мешалке 8 лопастей. Зазор между лопастью и корпусом котла 5 мм.

Неразборную мешалку монтируют в корпус котла при снятой передней крышке, которую затем уплотняют с помощью резиновых прокладок. Пар в мешалку подается через полую цапфу, проходящую через плоскую крышку. Трубу подачи пара уп-

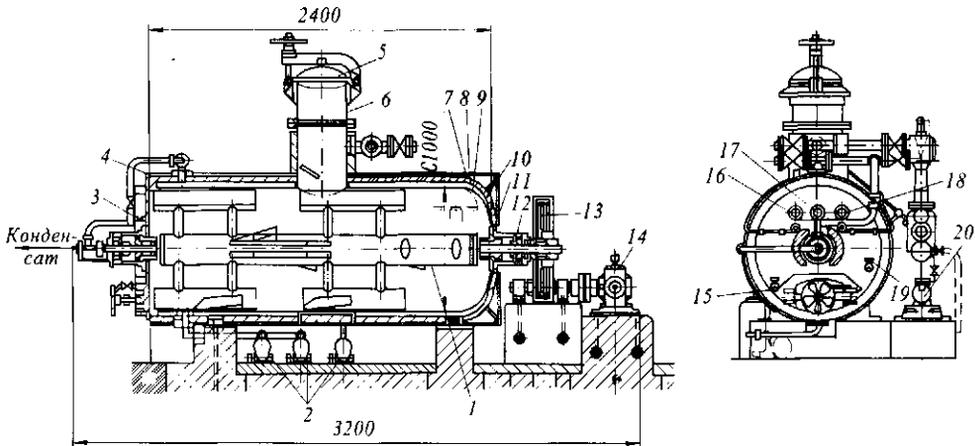


Рис. 16.8 Вакуумный горизонтальный котел с обогреваемой мешалкой фирмы «Атлас»

лотняют сальником. Через эту же трубу отводится конденсат. Конденсат из мешалки и рубашки котла отводится в конденсационные горшки 2.

Техническая характеристика вакуумного горизонтального котла фирмы «Атлас»

Производительность по сырью, кг/ч	1000
Количество на переработку 1 т сырья:	
пара, кг	600...800
воды, м ³	11,0...22,0
Мощность привода мешалки, кВт	29,5
Частота вращения, с ⁻¹	0,45
Габаритные размеры, мм	3200×1500×1850
Масса, кг	10600

Шнековый аппарат Я8-ФЛК-3 (рис. 16.9) в составе поточной линии применяют для обезжиривания измельченной кости. Он состоит из U-образных внешнего 12 и внутреннего 13 корпусов, образующих паровую рубашку. Внутри корпуса вращается полый шнек, цапфы которого установлены в подшипниковых опорах 1, прикрепленных к торцевым стенкам корпуса. Шнек приводится во вращение от электродвигателя 6 мощностью 1,5 кВт через клиноременную передачу 7 и червячный редуктор 8. Сырая кость подается в загрузочный бункер 2 через люки 4 и шнеком транспортируется в аппарате. Зазор между трубой шнека и корпусом составляет 55 мм. Обогревающий пар подается в рубашку через патрубки 3 и в шнек через полую цапфу подшипниковой опоры 1. Конденсат отводится из рубашки через патрубки 11, а из шнека – через центральный патрубок. Трубы подачи пара в шнек и отвода конденсата герметизируются сальниковыми уплотнениями.

Корпус аппарата устанавливают наклонно к горизонту под углом 12°. При прохождении через аппарат из кости выделяются жир и влага в виде пара и бульона. Пар отводится через патрубок, укрепленный на крышке корпуса, в конденсатор, а жир и бульон стекают по корпусу на две решетки 17 с отверстиями диаметром 6 мм.

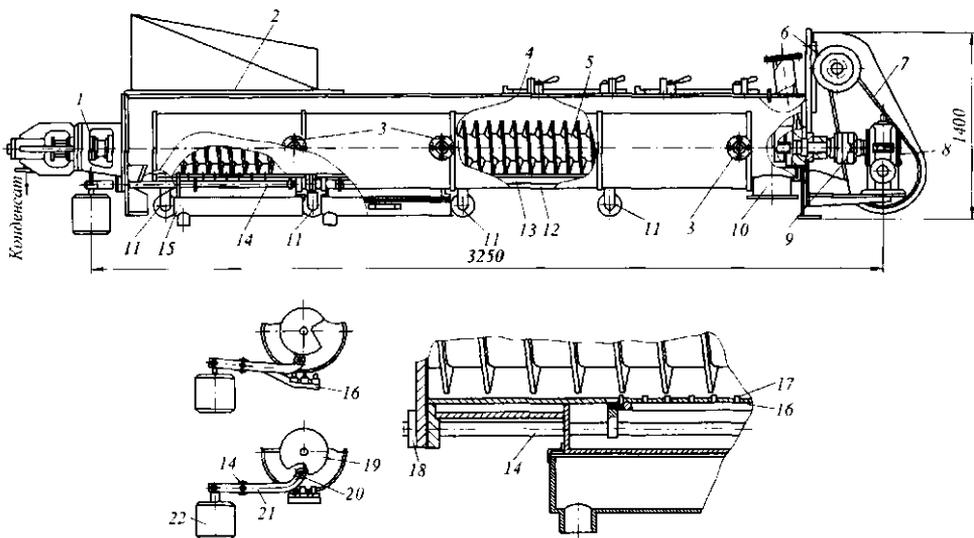


Рис. 16.9 Шнековый аппарат Я8-ФЛК/3 для обезжиривания кости

Из решетки бульон и жир подают в сборник 15 и подаются на разделение. Для очистки решеток служат штыри гребенок 16, которые прикрепляют с помощью рычага к валу 14. На этом же валу прикреплен двуплечий рычаг 21, на одном конце которого установлен противовес 22, а на другом ролик 20, перекатывающийся по кулачку 19. Кулачок закреплен на валу шнека и вращается вместе с ним. При попадании ролика в углубление на кулачке штыри входят в отверстия решетки и прочищают ее.

Техническая характеристика шнекового аппарата Я8-ФЛК-3

Производительность по сырой кости, кг/ч	250
Наибольший размер кусков, мм	50
Наружный диаметр шнека, мм	350
Шаг витков шнека, мм	75
Частота вращения шнека, с^{-1}	0,06
Давление пара в рубашке и шнеке, МПа	0,3...0,4
Продолжительность обработки, мин.	11
Температура нагрева сырья, $^{\circ}\text{C}$	85...95

Измельчитель-плавитель линии «Титан» (Дания), который называют *экспульсором* (рис. 16.10), осуществляет измельчение жирсырья и двухступенчатую вытопку жира. Агрегат (рис. 16.10, а) состоит из измельчителя-плавителя 4 и вертикального автоклава 2, установленных на общей раме 7. Сырье поступает в бункер 5 (рис. 16.10, б), откуда по трубе 4 одновременно подается 0,2 м³/ч горячей воды температурой 80 $^{\circ}\text{C}$. Далее лопастным питателем 6 смесь направляется на шнек 7 измельчителя 8, состоящего из двух решеток с отверстиями диаметром 8...12 и 5 мм и двух четырехлезвельных ножей. Частота вращения шнека и ножей измельчителя 3,1 с^{-1} . Для регулирования режущего механизма служит винтовой упор 9. Измельченная и предварительно нагретая смесь жирсырья с водой по соединительному патрубку 10 попадает в плавитель 11, имеющий цилиндрический корпус и полый шнековый барабан 12, который распределяет массу тонким слоем по поверхности корпуса и транспортирует ее. Измельчитель и плавитель нагреваются глухим паром. Частота вращения барабана 3,1 с^{-1} . Все механизмы агрегата приводятся во вращение от электродвигателя 1 мощностью 20 кВт через муфту 2 и цилиндрический редуктор 3.

Техническая характеристика измельчителя-плавителя (экспульсора)

Производительность по жировому сырью, кг/ч	1500
Удельный расход электроэнергии, (кВт·ч)/т	15
Потребное масса пара, кг/т	260
Потребный объем воды, м ³ /т	4,4
Габаритные размеры, мм	3500×1500×2600
Масса, кг	3500

Расплавленная жировая масса температурой от 75 до 80 $^{\circ}\text{C}$ поступает в отводящий патрубок 13 и далее шестеренным насосом 6 перекачивается в нижнюю часть автоклава 2, имеющего цилиндрический корпус, коническое дно и плоскую крышку. Объем автоклава 0,065 м³. В автоклаве поддерживается давление от 0,2 до 0,25 МПа, путем подачи острого пара через коническое днище, что обеспечивает интенсивное перемешивание массы, дополнительное разрушение жировых клеток и окончательное плавление жира в перегретой до 120...125 $^{\circ}\text{C}$ воде. Автоклав оснащен маномет-

ром, предохранительным клапаном и дистанционным термометром. Из автоклава через дросселирующий пружинный вентиль жировая масса подается в циклон, имеющий атмосферное давление. При этом перегретая вода вскипает, пар поступает в конденсатор, а жир в смеси со шкварой идет на разделение.

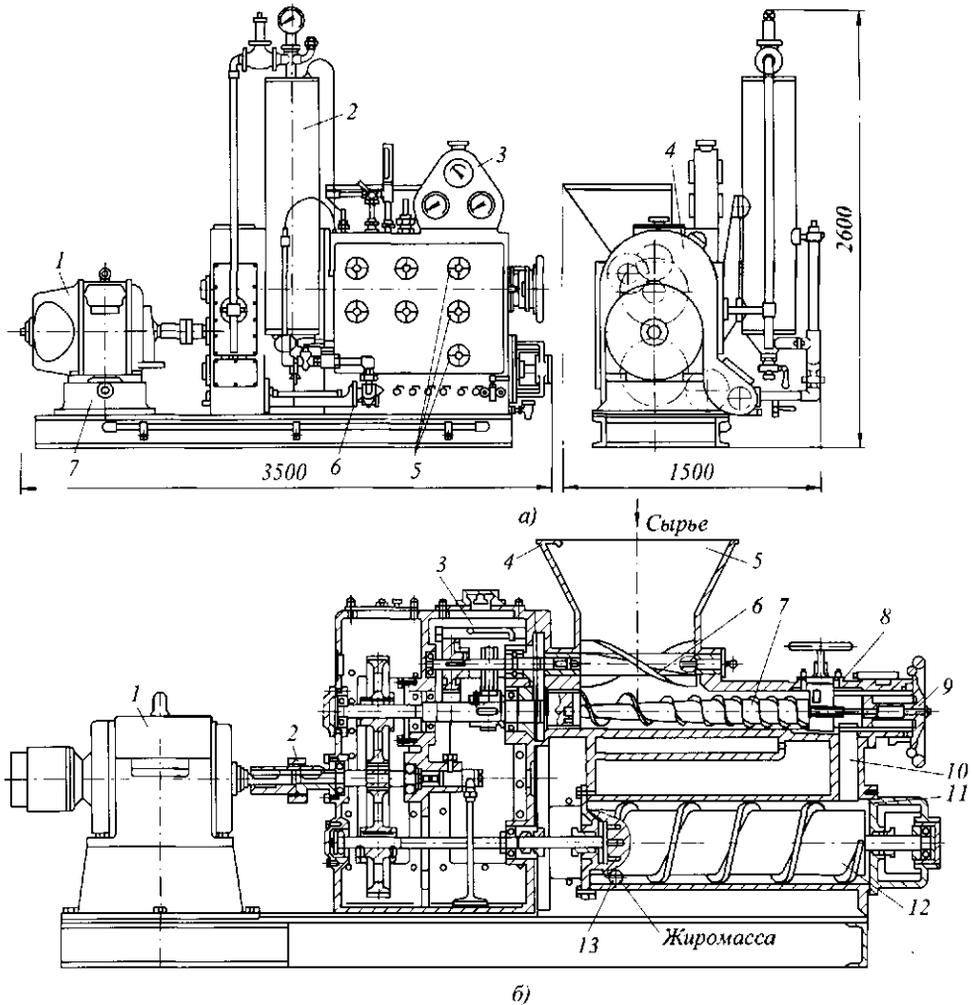


Рис. 16.10 Измельчитель-плавитель линии «Титан»
 а – общий вид установки; б – измельчитель-плавитель

Инженерные расчеты. Расход пара E (кг/с) непрерывнодействующего подогревателя определяют из уравнения теплового баланса

$$\Phi_1 + \Phi_2 = E(i - i_k) \quad \text{или} \quad E = (\Phi_1 + \Phi_2) / (i - i_k),$$

где Φ_1 – расход теплоты на нагревание продукта, кДж/с; Φ_2 – потери теплоты в окружающую среду, кДж/с; i, i_k – соответственно удельная энтальпия греющего пара и конденсата, кДж/кг.

Расход теплоты на нагревание продукта Φ_1 (кДж/с) находится из уравнения теплопередачи

$$\Phi_1 = Fk\Delta T,$$

где F – площадь поверхности нагрева, м^2 ; k – коэффициент теплопередачи, $\text{кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; ΔT – разность температур, К .

Производительность непрерывнодействующего подогревателя Π (кг/с):

$$\Pi = (Fk\Delta T) / c(T_2 - T_1),$$

где c – теплоемкость продукта, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; T_1 и T_2 – соответственно начальная и конечная температура продукта, К .

Мощность электродвигателя насоса N (кВт), перекачивающего продукт через трубчатый подогреватель:

$$N = (V\Delta p) / 10^3 \eta_n$$

где V – объемный расход перекачиваемого продукта, $\text{м}^3/\text{с}$; η_n – КПД насоса; Δp – давление, создаваемое насосом для преодоления суммарного гидравлического сопротивления, Па ,

$$\Delta p = \left[1 + (f_{mp} z l) / d + \Sigma \xi \left[(\rho v^2) / 2 \right] \right] + \rho g H_{под} + \Delta p_{дон},$$

где f_{mp} – коэффициент сопротивления трению; z – число ходов; l – длина трубки, м ; d – диаметр трубок подогревателя, м ; ξ – коэффициент местных сопротивлений; ρ – плотность продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$; v – скорость движения продукта, $\text{м}/\text{с}$; g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$; $H_{под}$ – высота подъема продукта, м ; $\Delta p_{дон}$ – дополнительное давление, создаваемое при входе продукта в другой аппарат, Па .

Потребная масса пара D (кг) подогревателей периодического действия определяют из уравнения теплового баланса:

$$D = Q_{общ} / (i - i_k),$$

где $Q_{общ}$ – общее количество теплоты, кДж ;

$$Q_{общ} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4,$$

где Q_1 – количество теплоты на нагревание продукта, кДж ; Q_2 – потери количества теплоты в окружающую среду, кДж ; Q_3 – количество теплоты на испарение с поверхности зеркала продукта, кДж ; Q_4 – количество теплоты на нагревание аппарата, кДж .

Площадь поверхности нагрева F (м^2):

$$F = Q_{общ} / (k\Delta T\tau),$$

где τ – продолжительность нагревания, с .

Производительность периодически действующего подогревателя Π (кг/с) определяют по объему продукта, перерабатываемого за один цикл:

$$\Pi = V\rho / (\tau + \tau_1 + \tau_2),$$

где V – объем продукта в аппарате, м^3 ; ρ – плотность продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$; τ , τ_1 и τ_2 – соответственно продолжительность нагревания, загрузки и разгрузки аппарата, с.

Технологический расчет temperирующих аппаратов периодического действия сводится к вычислению размеров аппарата по единовременной загрузке G_1 . Если вместо единовременной загрузки дана производительность Π ($\text{кг}/\text{ч}$), то единовременная загрузка G_1 (кг):

$$G_1 = \Pi(\tau_n + \tau_o),$$

где τ_n, τ_o – продолжительность нагревания (хранения) и загрузки (разгрузки), ч.

Полезная вместимость аппарата V (м^3):

$$V = G_1 / \rho,$$

где ρ – плотность загруженного продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Полная вместимость аппарата V_n (м^3):

$$V_n = V / \eta_v,$$

где η_v – коэффициент использования объема, ($\eta_v = 0,75 \dots 0,8$).

От полной вместимости переходят к конструктивным размерам аппарата, задавшись его формой.

Для аппаратов периодического нагрева потребная масса пара D (кг) равна:

$$D = (\Delta Q + \Delta Q_a + Q_n) / (i'' - i'),$$

где ΔQ и ΔQ_a – изменение количества теплоты загруженных продуктов и аппарата, кДж ; Q_n – потери количества теплоты в окружающую среду, кДж ; i' и i'' – удельные энтальпии греющего пара и конденсата, $\text{кДж}/\text{кг}$.



Не ошибается тот, кто ничего не делает,
хотя это и есть его основная ошибка.
ТОЛСТОЙ АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ (1883–1945),
русский писатель, общественный деятель

16.4 ВЫПАРНЫЕ АППАРАТЫ И УСТАНОВКИ

Выпаривание – концентрирование растворов при кипении за счет превращения в пар части растворителя. Образующийся при этом вторичный пар может быть использован как горячий теплоноситель в других аппаратах. В пищевой промышленности обычно выпаривают водные растворы: свекловичный сок, барду, молоко и др.

Выпарные аппараты предназначены для повышения концентрации вещества, находящегося в растворе, или частичного выделения его в твердом виде из пересыщенного раствора выпариванием растворителя.

Многокорпусные выпарные установки позволяют более экономично использовать теплоту благодаря многократному использованию пара и снижать количество выпаренной воды в последнем корпусе.

Сок сгущают в выпарных установках, которые являются потребителями отработавшего пара и одновременно генераторами пара для технологических нужд. В них пар более высокого потенциала преобразуется в пар с пониженным давлением и

температурой, который затем используется для нагревания различных промежуточных продуктов.

Выпарные установки классифицируют: по давлению вторичного пара в последнем корпусе (работающие при избыточном давлении и под разрежением) и по числу корпусов (трех-, четырех- и пятикорпусные). При этом выпарные установки состоят из вертикальных выпарных аппаратов с естественной циркуляцией сока, имеющих номинальную площадь поверхности теплообмена: 500, 600, 800, 1000, 1180, 1500, 1800, 2120, 2360, 3000 и 4500 м².

Выпарной аппарат типа ВАГ (рис. 16.11) представляет собой цилиндрический корпус 3 сварной конструкции, внутри которого установлены греющая камера 4 и сепаратор 1 для улавливания капель выпариваемого продукта. Внизу корпус имеет съемное днище 6, на котором размещены люк 15 и патрубок для спуска 16.

В циркуляционной трубе 9 паровой камеры смонтированы направляющая воронка 10 и труба 8 с воронкой для отвода сгущенного сока из аппарата.

Пар в греющую камеру 4 подводится через восемь штуцеров 5, расположенных в два яруса. Для лучшего распределения пара в межтрубном пространстве греющей камеры устроены проходы. Нсконденсировавшиеся газы отводятся из верхней части греющей камеры с помощью разветвленной системы труб 11.

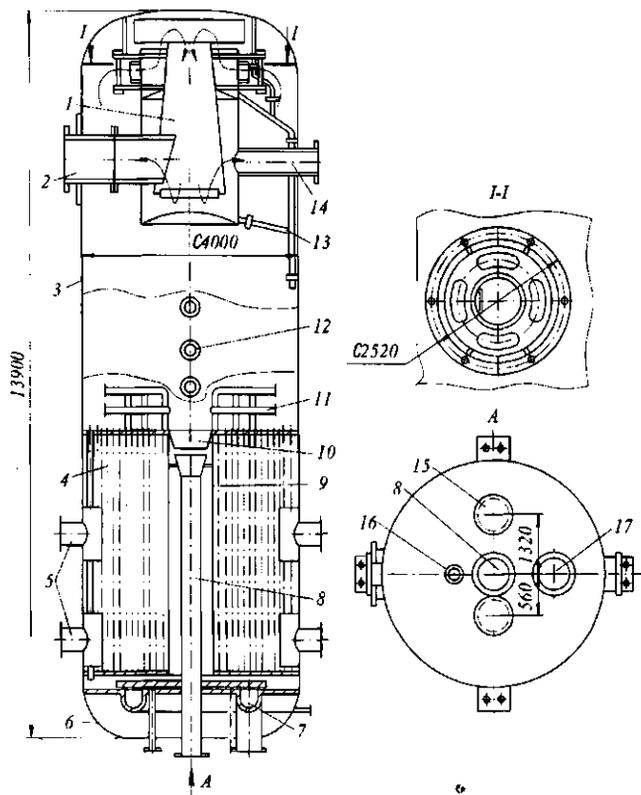


Рис. 16.11 Выпарной аппарат типа ВАГ

Сок, поступивший в аппарат через патрубок 17, направляется кольцевым распределителем 7 в кипяtilьные трубки. Выходящий из кипяtilьных трубок на верхнюю трубную решетку сок стекает по направляющей воронке 10 в сокоотводящую трубу 8.

Так как последняя вследствие гидравлического сопротивления или соответствующего регулирования потока не может пропустить все количество сока, часть сока стекает по циркуляционной трубе 9 и вновь поднимается по кипяtilьным трубкам.

Аппарат снабжен сепаратором 1 инерционного типа. Пар из сепаратора удаляется через патрубки 2 и 14, а отделенные капли продукта – через систему труб 13. Для наблюдения за уровнем сока в аппарате имеются смотровые стекла 12.

Аппараты данной конструкции изготавливаются с площадью поверхности нагрева 1500, 1800, 2120 и 3000 м².

Техническая характеристика аппарата типа ВАГ

Площадь поверхности нагрева, м ²	3000
Максимальное давление при гидравлическом испытании, МПа:	
в греющей камере	0,6
в корпусе аппарата.....	0,25
Число трубок, шт.	7024
Длина трубок, мм.....	4395
Диаметр трубок, мм.....	31/33
Масса аппарата, кг.....	73 000
Масса аппарата с продуктом, кг.....	183 400

Выпарной аппарат ВЦ-1500 (рис. 16.12, а) состоит из тех же узлов, что и аппарат ВАГ. В верхней части аппарата установлен фланец 1, а в средней – опора 12. Трубные решетки 6 и 9 паровой камеры плоские, двускатные с наклоном 1 : 20 к наружным стенкам корпуса аппарата 5. Наклон нижней трубной решетки обеспечивает полный отвод конденсата из греющей камеры 8, верхней решетки – быстрый сток циркулирующего сока в циркуляционные трубы 7. За уровнем сока наблюдают через смотровое стекло 4. Аппарат снабжен сепаратором 2, пар из которого удаляется через вентиль 3.

Циркуляционные трубы 7 установлены вне корпуса аппарата, что позволяет в аппарате того же диаметра разместить большую поверхность нагрева. Аппараты с площадью поверхности нагрева 1500 и 1800 м² имеют по две циркуляционные трубы, 2120 и 2360 м² – по четыре.

Сок поступает в нижнюю часть аппарата к днищу 11. Сироп отводится из аппарата через штуцера 10, расположенные в нижней части циркуляционных труб.

Подвод пара в греющую камеру 8 осуществляется через несколько патрубков, расположенных по высоте камеры с двух сторон. Аммиачные газы удаляются через оттяжки, расположенные над верхней трубной решеткой в наивысшей точке.

Для увеличения площади поверхности нагрева в аппарате трубная решетка максимально заполнена трубками. Оставлен только один центральный канал для ввода и распределения пара. Шаг трубной решетки принят равным 43...45 мм.

Выпарной аппарат ВЦ-2120 (рис.16.12, б) имеет общий цилиндрический корпус 3, в нижней части которого расположена греющая камера 6 с центральной циркуляционной трубой 4. Трубные решетки 10 и 12 греющей камеры расположены горизонтально.

В верхней части аппарата размещена ловушка 1 и установлены смотровые окна 2. В средней части находится опора 5, а в нижней (ближе к днищу 8) – штуцера 7 для отвода конденсата, штуцер 9 для подвода сока и штуцер 11 для подвода пара.

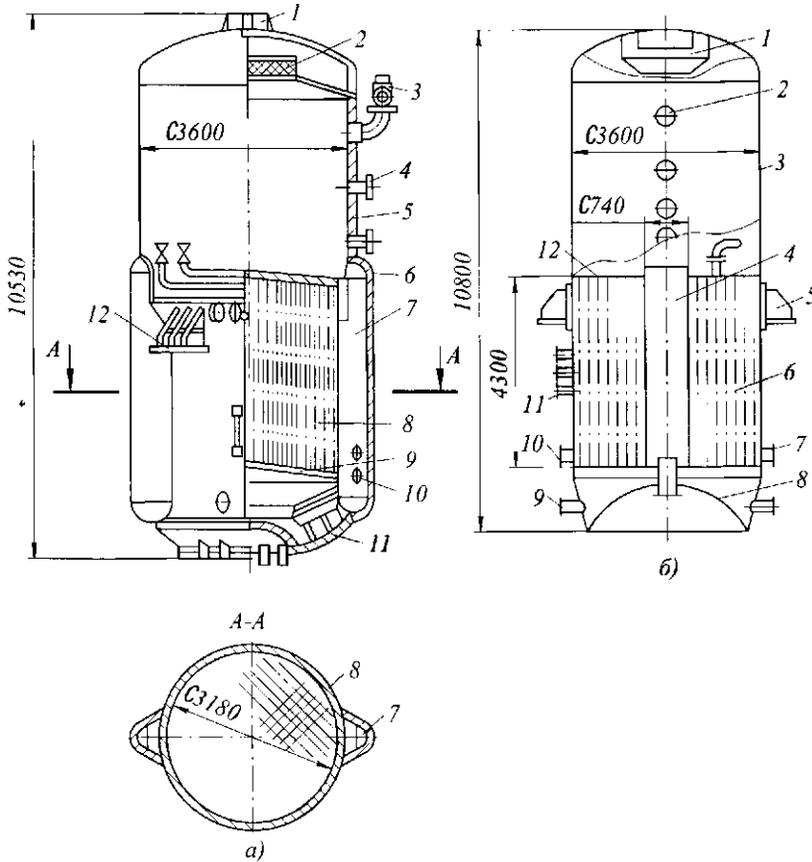


Рис. 16.12 Выпарной аппарат типа ВЦ:

a – с выносными циркуляционными трубами; *б* – с внутренней циркуляционной трубой

Техническая характеристика выпарных аппаратов типа ВЦ

Показатель	ВЦ-1500	ВЦ-2120
Площадь поверхности теплообмена, м ²	1500	2120
Внутренний диаметр корпуса, мм.....	3600	3600
Число кипяtilьных трубок, шт.....	4154	4992
Длина кипяtilьных трубок, мм.....	4300	4300
Диаметр кипяtilьных трубок, мм.....	31/33	31/33
Рабочее давление, МПа:		
в паровой камере.....	0,3	0,3
в корпусе аппарата.....	0,3	0,3
Масса, кг.....	35800	44460

Выпарные аппараты типа ВЦ выпускаются с площадью поверхности теплообмена 1500, 1800, 2120 и 2360 м².

Пленочный прямоточный выпарной аппарат ВАПП-1250 показан на рис. 16.13, *a*. Сок, подогретый до температуры кипения, поступает в приемную камеру 7, затем в трубки 6, где закипает, и вместе с образовавшимся паром движется

вверх по греющей камере 4. Пройдя сепарирующее устройство 2 и надставку 3, где от сока отделяется пар, сок далее через распределительное устройство 13 поступает в кипяtilьные трубки 5 пленочной части аппарата и в виде тонкой пленки стскает по внутренней поверхности. Образовавшийся пар вместе со сгущенным соком поступает в нижний сепаратор 9. Вторичный пар по системе труб 12 из сепараторов 1 и 9 отводится через сливной патрубк 8 в следующий корпус. Аппарат отвечает технологическим и теплотехническим требованиям, предъявляемым к выпарным аппаратам, и имеет лучшие показатели, чем достигаемые в типовых аппаратах с естественной циркуляцией. Время пребывания сока в тонкопленочном аппарате значительно меньше, чем в типовых. Аппарат может эффективно работать при малой полезной разности температур. Отсутствуют потери полезной разности температур от гидростатического давления вследствие свободного стекания пленки выпариваемого раствора.

На рис. 16.13, б представлены схемы оросительных устройств с кольцевым водосливом различной конструкции: с кольцевым водосливом 1, с распределительными дисками 2, с цилиндрическими вставками 3 и с трубными решетками 4.

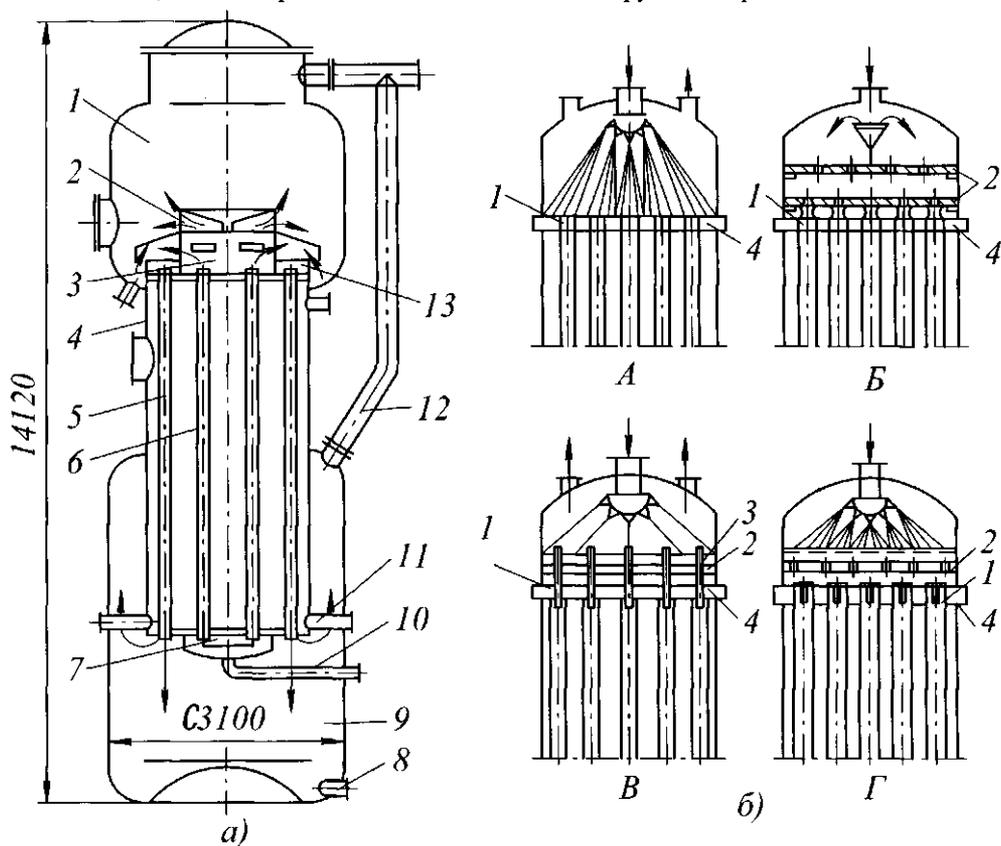


Рис. 16.13 Выпарной аппарат ВАПП-1250:

а - схема аппарата; б - схемы оросительных устройств выпарных аппаратов: А - орошение по принципу кольцевого водослива; Б - кольцевой водослив с распределительными дисками; В - кольцевой водослив с распределительными дисками и цилиндрическими вставками; Г - орошение при наличии столба жидкости на распределительном диске и трубной решетке

Техническая характеристика пленочного прямоточного выпарного аппарата ВАПП-1250

Площадь поверхности нагрева, м ²	1250
Полная длина трубок поверхности нагрева, мм.....	7000
Диаметр выпарной трубки, мм.....	30/33
Рабочее давление в паровой камере, МПа.....	0,3
Рабочее давление в соковом пространстве, МПа.....	до 0,3
Габаритные размеры, мм:	
высота.....	14 120
диаметр корпуса.....	3100

Аппарат двустенный выпарной МЗС-320 используется в качестве вакуум-выпарного аппарата при приготовлении томатного пюре и пасты, различных соусов для овощных и рыбных консервов, повидла, варенья, рассолов для приготовления маринадов, а также овощных и фруктовых соков.

Аппарат (рис. 16.14) состоит из корпуса 4 с паровой рубашкой, крышки 1, привода мешалки 3 и ловушки 2.

Корпус 4 представляет собой емкость, которая вместе с приваренной к ней паровой рубашкой образует паровую камеру.

На сферической крышке смонтирован привод, который состоит из электродвигателя 5 и редуктора 6.

Перемешивание продукта осуществляется мешалкой, которая представляет собой вертикальный вал с укрепленными на нем лопастями.

К сферической крышке аппарата крепится ловушка наиболее крупных частиц продукта, уносимых вторичным паром из аппарата.

Нагрев продукта в аппарате осуществляется через паровую камеру, которая оборудуется предохранительным клапаном и манометром. В нижней части днища аппарата находится патрубок для отвода конденсата.

Аппарат снабжен тремя окнами для осмотра внутренней полости и наблюдения за рабочим процессом и краном для взятия проб. Разгрузка аппарата осуществляется через спускной патрубок с пробковым краном.

Техническая характеристика выпарного аппарата типа МЗС-320

Вместимость, дм ³	1000
Разрежение, МПа.....	0,072...0,077
Площадь поверхности нагрева, м ²	3,66
Рабочее давление пара, МПа.....	0,4
Частота вращения вала мешалки, мин ⁻¹	57
Установленная мощность электродвигателя, кВт.....	2,7
Габаритные размеры, мм:	
МЗС-320.....	1310×1310×3180
МЗС-320М (с вакуум-насосом).....	3250×3720×3180
Масса, кг:	
МЗС-320.....	1700
МЗС-320 М.....	2600

Горизонтальный вакуум-аппарат Ж4-ФПА предназначен для варки мяса в линиях производства сушеного мяса.

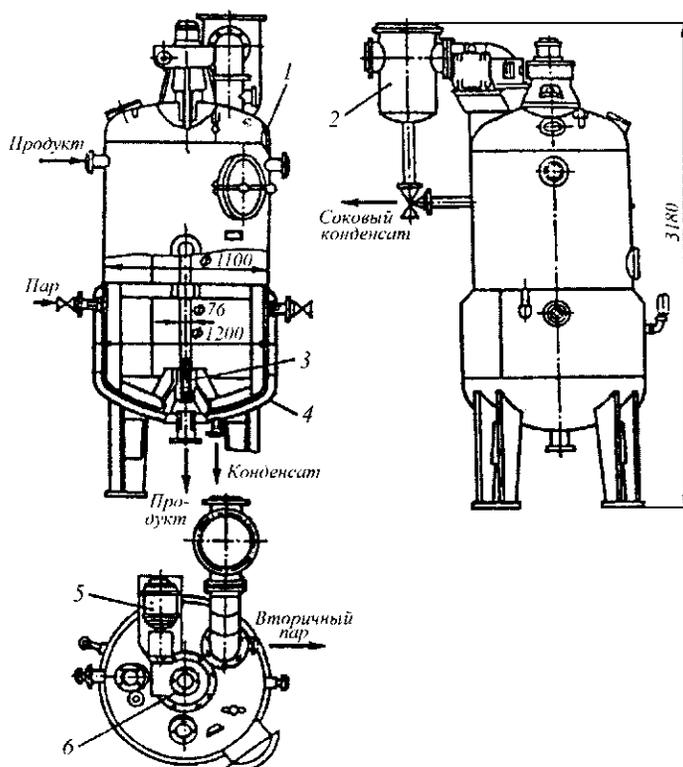


Рис. 16.14 Двухстенный выпарной аппарат МЗС-320

Аппарат (рис. 16.15) состоит из рамы 1, корпуса с мешалкой 2, привода мешалки 3, загрузочного 4 и разгрузочного 5 отверстий.

Корпус аппарата и привод мешалки крепятся на сварной раме. Корпус представляет собой горизонтальный цилиндрический сосуд с эллиптическими днищами и паровой рубашкой. Днища корпуса имеют бобышки, на которых крепятся кронштейны, являющиеся опорой вала мешалки.

Мешалка представляет собой шестигранный вал с литыми стальными лопастями, закрепленными хомутами. Лопасти конструктивно выполнены так, что при вращении мешалки влево масса, находящаяся в котле, только перемешивается, а при вращении вправо – перемещается в сторону разгрузочного отверстия. В верхней части корпуса находится загрузочное отверстие с крышкой. В крышке имеется пробный кран для проверки давления в котле до открытия крышки.

Разгрузочное устройство выполнено в виде цилиндрического наклонного патрубку с крышкой и врезано в торцовую часть корпуса. При выгрузке сырья крышка удерживается цепочкой.

Аппарат комплектуется вакуум-насосом ВВН-3 и необходимыми коммуникациями. Через загрузочное отверстие в котел с помощью ленточного транспортера загружают 1500...1600 кг охлажденного мяса или 1200...1250 кг мороженого в блоках. После загрузки котла крышку люка закрывают, оставляя открытым пробный кран, через который в атмосферу выводят вторичный пар, образующийся при варке и подсушивании мяса. Вторичный пар из аппарата можно также отводить вакуум-

насосом, поддерживая в котле небольшое разрежение (остаточное давление 0,08...0,09 МПа).

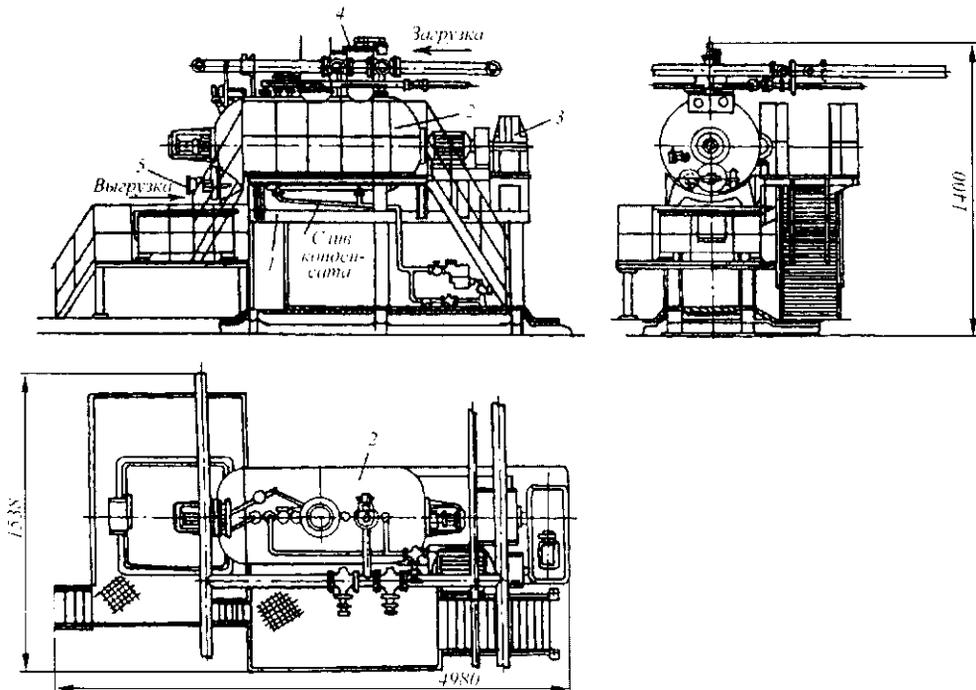


Рис. 16.15 Горизонтальный вакуум-аппарат Ж4-ФПА

Закрыв крышку, включают перемешивающее устройство (мешалка должна вращаться влево, если смотреть со стороны привода) и открывают два вентиля для подачи пара в паровую рубашку. Давление пара в паровой рубашке аппарата поддерживается в пределах 0,2...0,3 МПа. По окончании варки, которая в зависимости от давления пара длится 80...90 мин при постоянной работе мешалки, подачу пара в рубашку котла прекращают, мешалку останавливают и открывают разгрузочный люк, включая мешалку в обратную сторону (вращается вправо, если смотреть со стороны привода). Перед включением мешалки открывают разгрузочный люк, берут пробу и визуально определяют готовность мяса. Сваренное мясо должно иметь влажность 50 %.

При выгрузке мяса внутренняя полость аппарата полностью очищается от продукта перемешивающими лопастями, поэтому перед следующей варкой очищать внутренние стенки аппарата не требуется. При варке мясо режут на куски массой 8...10 кг.

Техническая характеристика горизонтального вакуум-аппарата Ж4-ФПА

Вместимость котла, м ³	2,8
Площадь поверхности нагрева, м ²	11,9
Установленная мощность, кВт	30,0
Габаритные размеры, мм	4980×1538×1400
Масса, кг	7680

Змеевиковые аппараты непрерывного действия используются для уваривания сиропов и рецептурных смесей. Аппараты различаются между собой количеством змеевиков, сборниками для готового продукта и взаимным расположением греющей части, вакуум-камеры и пароотделителя.

Унифицированный змеевиковый вакуум-аппарат 33-2А (рис. 16.16, а) состоит из цилиндрического сварного котла 1 со съемной крышкой 8. Через штуцер 2, расположенный в верхней части обечайки, поступает греющий пар под избыточным давлением 0,7...0,8 МПа. Через штуцер 10 отводится конденсат, а через кран 12 выпускается продукт. В паровом пространстве греющий пар омывает медный змеевик 3. Нижний конец змеевика присоединяется фланцем 11 к сиропному насосу. Верхний его конец при помощи фланца 4 привернут к соединительной трубе 5. Второй конец ее соединен с вакуум-камерой 18.

В змеевик поступает сироп или рецептурная смесь. Сироп поднимается по внутренним спиральям вверх, а затем проходит по соединительной трубке в нижнюю спираль наружного змеевика и далее вверх по спиральям наружного змеевика. Из верхней спирали наружного змеевика увариваемый полуфабрикат (сироп, рецептурная смесь) поднимается по соединительной трубе 5, и из ее верхнего конца уваренная карамельная масса вытекает в вакуум-камеру 18. Масса собирается в медном конусе 16, который имеет внизу клапан 22. Верхняя кромка конуса зажата болтами 17 между фланцами вакуум-камеры и обечайки 15. Чтобы масса не застыла, конус обогревается паром, поступающим в змеевик 21. Он находится внутри обечайки 15 с крышкой 14.

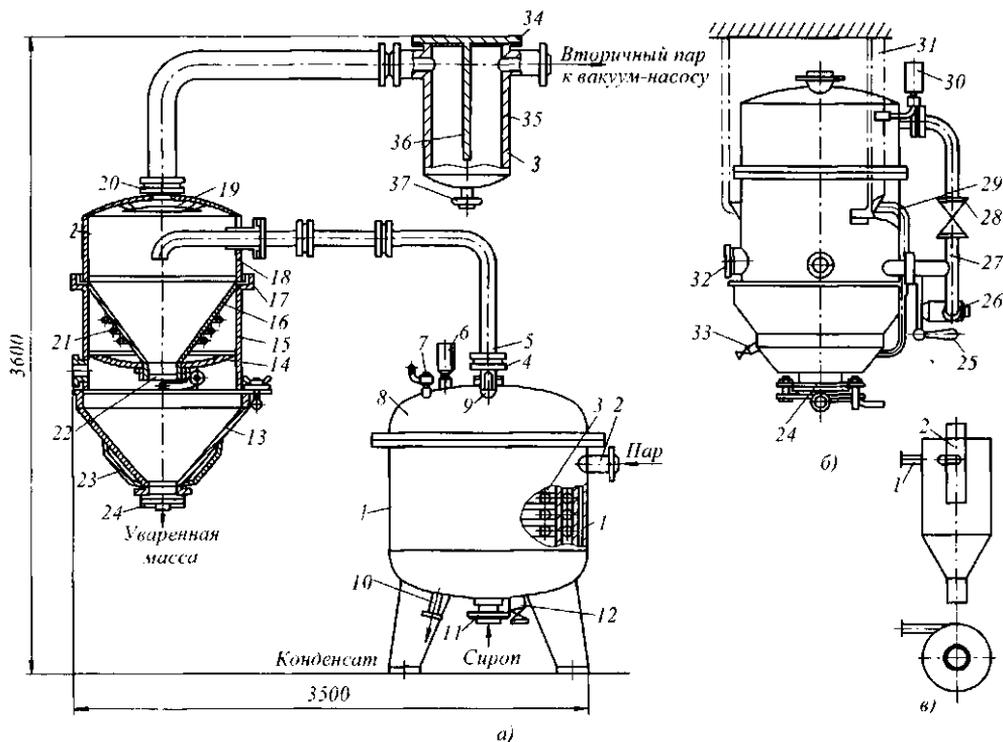


Рис. 16.16 Унифицированный змеевиковый вакуум-аппарат 33-2А:
а — общий вид; б — вакуум-камера; в — центробежный пароотделитель

Вместе с карамельной массой из соединительной трубы в вакуум-камеру выходят также вторичный пар и воздух, выделяющиеся из сиропа при его уваривании. Они удаляются в конденсатор по патрубку 20. Отбойник 19 препятствует уносу карамельной массы.

Обычно уваренная масса накапливается в приемнике 13 при открытом клапане 22 и закрытом клапане 24. В этом случае объем вакуум-камеры получается на 80 дм³ больше. Кроме сливного отверстия вакуум-камера сообщается с приемником через кран 28 и трубопровод 27. Приемник снабжен рубашкой 23 для обогрева. В змеевик 21 и паровую рубашку 23 греющий пар подается по трубе 29. Рубашка 23 имеет продувочный кран 33. Когда в приемнике скопится достаточное количество (16...18 кг) массы, закрывают рукояткой 25 клапан 22 сливного отверстия, а при помощи крана 28 разобщают приемник с вакуум-камерой. После этого, открыв кран 26, в приемник выпускают воздух и, поворачивая рукоятку клапана 24, открывают выпускное отверстие. Масса сливается из аппарата. По окончании слива закрывают отверстие клапаном 24, сообщают с помощью крана 28 приемник с вакуум-камерой. Когда в приемнике установится такое же разрежение, как в вакуум-камере, открывают выпускное отверстие, поворачивая клапан 22.

Окно 32 служит для наблюдения за спуском карамельной массы из конуса в приемник. Разрежение в вакуум-камере регистрируется вакуумметром 30. Давление греющего пара измеряется манометром 6. Через воздушный кран 7 периодически выпускают воздух из парового пространства. Предохранительный клапан 9 служит для предотвращения разрыва аппарата в случае увеличения давления греющего пара.

Вакуум-камера с приемником подвешивается при помощи тяг 31 к потолку или кронштейну, прикрепленному к стене. Это удобно при ремонтах и эксплуатации.

Ловушка 35 с крышкой 34 и перегородкой 36 монтируется на трубопроводе между вакуум-камерой и конденсатором. Уловленная масса выпускается периодически через кран 37.

В подобном аппарате можно уваривать начинки, мармеладные массы и т.п. В аппаратах, предназначенных для уваривания начинки, вакуум-камеры имеют объем, увеличенный в 7 раз. При меньшем объеме вакуум-камеры начинка выбрасывается вторичным паром в конденсатор. Аппараты меньшей производительности имеют медный змеевик из одной спирали трубки внутренним диаметром 40 мм.

Техническая характеристика унифицированного змеевикового вакуум-аппарата

Показатель	33-2А-10	33-2А-5
Производительность, кг/ч	1000	500
Диаметр змеевика, мм	55	55
Число змеевиков	2	2
Площадь поверхности нагрева, м ²	7,5	4,2
Разрежение в вакуум-камере, МПа	0,09	0,09
Давление греющего пара, МПа	0,6	0,6
Объем верхней вакуум-камеры, дм ³	140	140
Объем парового пространства, дм ³	570	330
Влажность поступающего сиропа, %	16...17	16...17
Влажность готовой продукции, %	1...3,5	1...3,5
Масса, кг	784	668

Греющая часть змеевиковых аппаратов используется также для уваривания рецептурных смесей и сиропов под атмосферным давлением. В этом случае конец змеевика соединяется с центробежным пароотделителем, который показан на рис. 16.16, в. Пар и уваренная масса выходят из трубки 1 в центробежный пароотделитель. Масса стекает вниз и непрерывно выходит из аппарата, а вторичный пар по центральной трубе 2 поступает в вытяжные вентиляционные трубы.

Отложения сахара на внутренней поверхности трубки змеевика смывают горячей водой два раза в смену. Раз в неделю трубку протравливают горячим 2 %-ным раствором гидроксида натрия в течение 24 ч.

Пленочный центробежный вакуум-выпарной аппарат «Центритерм» фирмы «Альфа-Лаваль» (Швеция) показан на рис. 16.17. Такие аппараты используют для концентрирования экстрактов из эндокринно-ферментного сырья. Он состоит из герметичного корпуса 6, ротора 9, конических тарелок 5, системы подачи и отвода жидкой фазы, вторичного и обогревающего пара, а также конденсата. Цилиндрический ротор 2 закреплен на полом валу 1, который вращается в подшипниках качения. Конические полые тарелки 5, имеющие две обечайки, соединенные по периферии цилиндрическим кольцом, установлены во внутренней полости ротора. В кольце предусмотрены отверстия для входа греющего пара и отвода конденсата и каналы 7 (вертикальные пазы) для отвода сконцентрированной жидкости и вторичного пара. Пакет тарелок зажат накладной гайкой. Греющий пар подают через полый вал 1 в пространство под тарелками, через отверстия в кольцах он поступает во внутренние полости тарелок и, конденсируясь, отдает теплоту выпариваемой жидкости. Конденсат через те же отверстия выбрасывается в корпус, собирается в его нижней части и центробежными силами выдавливается наружу через трубку 10. Исходная жидкость, поступающая по питающей трубке 4, разбрызгивается форсунками и, попадая на нижние поверхности конусных тарелок, под действием центробежных сил распределяется на них тонким слоем, стекает к периферии, нагревается и закипает. Сгущенная жидкость по вертикальным каналам поднимается в полость ротора, откуда выдавливается через напорную трубку 3. Вторичный пар уходит через центральные отверстия в тарелках и выводится из аппарата через патрубков 8.

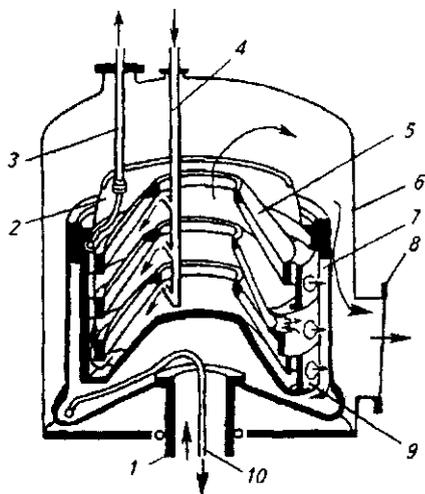


Рис. 16.17 Технологическая схема процесса в пленочном центробежном вакуум-выпарном аппарате

Греющий пар подают через полый вал 1 в пространство под тарелками, через отверстия в кольцах он поступает во внутренние полости тарелок и, конденсируясь, отдает теплоту выпариваемой жидкости. Конденсат через те же отверстия выбрасывается в корпус, собирается в его нижней части и центробежными силами выдавливается наружу через трубку 10. Исходная жидкость, поступающая по питающей трубке 4, разбрызгивается форсунками и, попадая на нижние поверхности конусных тарелок, под действием центробежных сил распределяется на них тонким слоем, стекает к периферии, нагревается и закипает. Сгущенная жидкость по вертикальным каналам поднимается в полость ротора, откуда выдавливается через напорную трубку 3. Вторичный пар уходит через центральные отверстия в тарелках и выводится из аппарата через патрубков 8.

Аппараты с вращающимися конусными испарительными поверхностями имеют высокие показатели по удельной испаренной влаге. Например, при температуре кипения воды 50 °С удельная производительность достигает 330...340 кг/(м²·ч). Такая эффективность объясняется тем, что создается тонкая пленка жидкости, перемещающаяся с большой скоростью по поверхности нагрева, что обеспечивает высокий коэффициент теплоотдачи. Кроме того, пространство между тарелками не создает сопротивления для выхода вторичного пара. При конденсации греющего пара из-за

центробежных сил не образуется сплошной пленки конденсата, что, в свою очередь, способствует эффективному теплообмену.

Испарители изготавливают с шестью и девятью конусными тарелками, имеющими площадь поверхности теплообмена соответственно 2,4 и 7,1 м² и производительность 800 и 2400 кг/ч. Степень сгущения в аппарате от 1 : 3 до 1 : 8.

Выпарные установки отечественных свеклосахарных заводов – четырехкорпусные, у которых первые три корпуса работают под давлением, а последний, четвертый, и концентратор – под разрежением.

На рис. 16.18 представлена схема четырехкорпусной выпарной установки с концентратором, работающая под уменьшенным разрежением.

Сульфитированный очищенный сок перед сгущением нагревают под давлением в многоходовых теплообменниках 27 и 28 до температуры кипения (126 °С) и направляют в I корпус (2) выпарной установки, где из него выпаривается часть воды. Из I корпуса сок последовательно переходит во II (3), III (4), IV (5) корпуса и концентратор 6, где он сгущается до плотности сиропа 63...65 % СВ. Сироп смешивают с клеровкой сахара II и III кристаллизаций, сульфитируют, нагревают до 85...90 °С, фильтруют и подают на уваривание утфеля I кристаллизации.

Для обогрева I корпуса и теплообменников сока последней группы перед выпарной установкой используют отработавший пар паровых турбин и редуцирующий пар паровых котлов, смесь которых отбирают из паросборника 1. Перегрев технологического пара ликвидируют, распыляя воду в потоке перегретого пара.

Отработавший пар поступает только в паровую камеру I корпуса, а следующие корпуса обогреваются вторичным паром предшествующих корпусов, который предварительно освобождается в сепараторах от капель сока. В концентраторе 6 происходит самоиспарение воды за счет перепада давления. Избыток вторичного пара из IV корпуса поступает в паровую камеру концентратора. Часть вторичного пара из корпуса I можно вернуть с помощью пароструйного насоса 25 в паросборник 1 и использовать в качестве греющего пара в I корпусе. Конденсат технологического пара собирается в гидроколонках 18, 20, 22, 24 и 26, а затем насосами 17, 19, 21, 23 и 25 направляется в ТЭЦ для питания паровых котлов.

Многokратное использование теплоты пара выпарной установки возможно лишь при условии, что температура кипения сока, а, следовательно, и давления в корпусах будут понижаться от первого к последнему. Для создания разности давлений I корпус обогревают отработавшим в турбине паром с избыточным давлением 0,3...0,35 МПа и температурой 132 °С. В результате конденсации вторичного пара в вакуум-конденсационной установке создается остаточное давление 0,017...0,021 МПа, что обеспечивает кипение сока в последнем корпусе выпарной установки при температуре около 90 °С, а в I – при 126 °С.

Рекомендуемый температурный режим в четырехкорпусной установке с концентратором приведен в табл. 16.4.

Разрежение в последнем корпусе и концентраторе, а также удаление неконденсирующихся газов из системы осуществляют с помощью вакуум-конденсационной установки, которая состоит из конденсатора 9, каплеуловки 10, сборника барометрической воды 14, вакуум-насоса 13, уравнилельного бачка 8 и сборника холодной воды 7. Полочный конденсатор смешения 9 представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат с горизонтальными полками. Снизу в него поступает вторичный пар, а сверху – холодная вода.

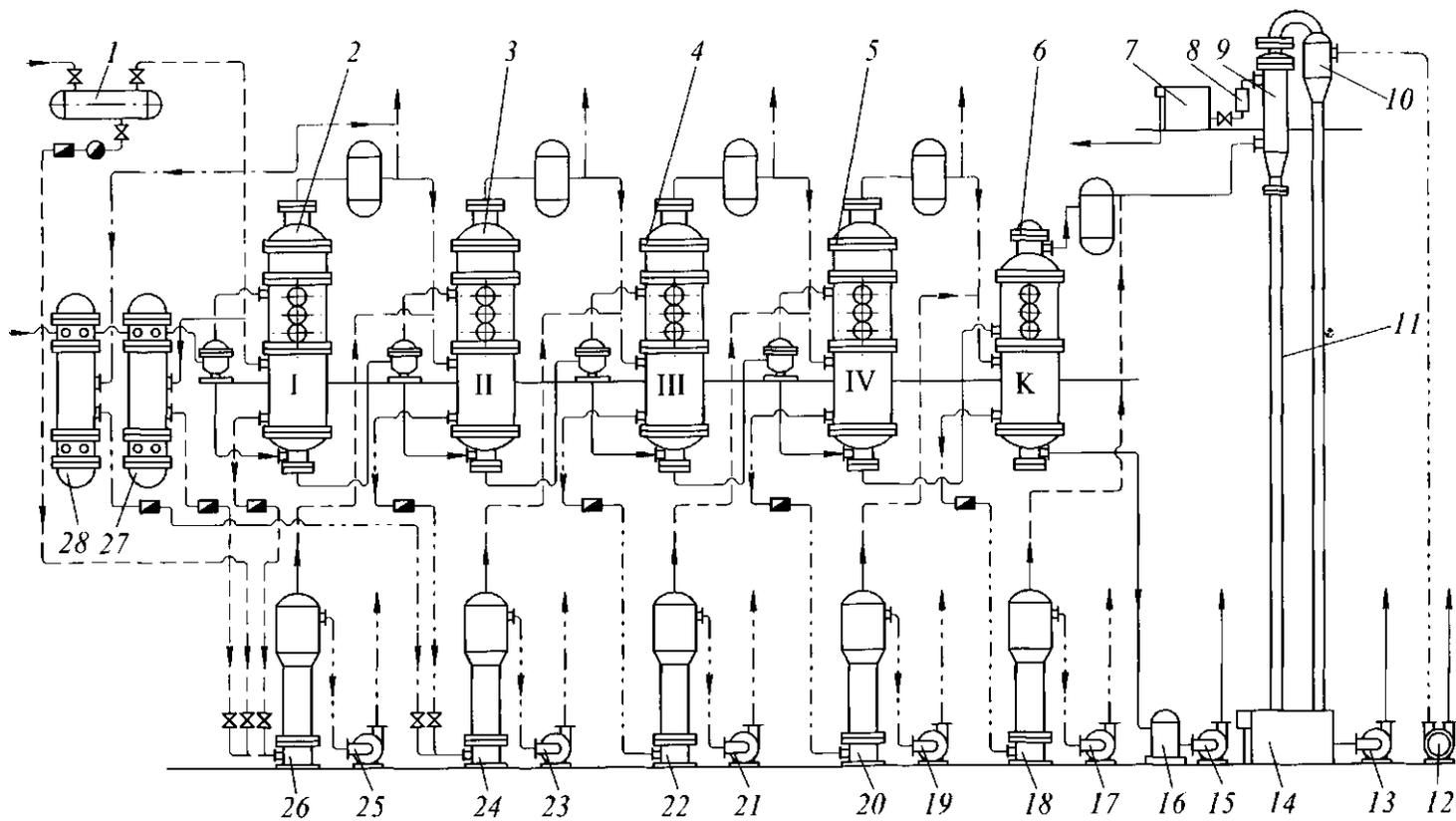


Рис. 16:18 Принципиальная схема четырехкорпусной выпарной установки с концентратом

При контакте с водой пар конденсируется, создавая в аппарате сильное разрежение. Неконденсирующиеся газы освобождаются в каплеуловителях 10 и 16 от капель жидкости и непрерывно отсасываются вакуум-насосами 12 и 15. Смесь конденсата и охлаждающей воды (барометрическая вода) по вертикальной трубе стекает в сборник 14.

Таблица 16.4. Температурный режим четырехкорпусной выпарной установки с концентратором

Параметры пара и сока	Корпуса				Концентратор
	I	II	III	IV	
Температура, °С:					
греющего пара	132	124,5	115	101	84
кипячения сока	126	117	104,5	89	68,4
вторичного пара	125,5	116	102	85	65
кондѐсата	130	122,5	113	99	82
Полезная разность температур, °С	6	7,5	10,5	12	-
Снижение температурной депрессии, °С	0,5	1	2,5	4	3,4
Давление пара, МПа					
греющего	0,292	0,233	0,172	0,107	0,057
вторичного	0,241	0,178	0,111	0,059	0,026
Снижение температуры в паропроводах, °С	1	1	1	1	

Инженерные расчеты. Расчеты выпарных установок ведутся на 100 кг перерабатываемой свеклы. Масса сиропа $S_{сир}$ (кг) после выпарки на основе материального баланса по сухим веществам S_c определяется как

$$S_{сир} = S_c (B_c / B_{сир}),$$

где S_c – масса отфильтрованного сока II сатурации, поступающего на выпаривание 100 кг свеклы, кг; B_c – массовая доля сухих веществ в соке, %; $B_{сир}$ – массовая доля сухих веществ в сиропе после выпарки, %.

Масса воды x (кг), выпарившейся в концентраторе вследствие самоиспарения, составляет

$$x = S_{сир} c_{сир} (t_4 - t_{кц}) / [(i_4'' - i') - c_{сир} (t_4 - t_{кц})],$$

где $c_{сир}$ – удельная теплоемкость сиропа с массовой долей сухих веществ 65 %, кДж/(кг·К); t_4 и $t_{кц}$ – соответственно температуры кипения сиропа в IV корпусе и концентраторе, °С; i_4'' и i' – удельные энтальпии сокового пара и воды, кипящей под давлением, равным давлению в концентраторе, кДж/кг:

$$i' = c_w t_{кц},$$

где $c_w = 4,186$ кДж/(кг·К) – удельная теплоемкость воды.

Массовая доля сиропа после IV корпуса выпарки $B_{сир}^{IV}$ (%) равна

$$B_{сир}^{IV} = S_c B_c / (S_{сир} + \alpha).$$

Масса воды, выпариваемой в четырех корпусах выпарки, W (кг)

$$W = S_c (1 - B_c / B_{сир}^{IV}).$$

Учитывая, что расчет ведется на 100 кг свеклы, можно представить, что W (кг) = W (%).

Распределение экстрапаров E (%) к массе свеклы, исходя из расхода пара по обогреваемым станциям завода, составляет

$$E_1 = 20,07 \%, \quad E_2 = 14,22\%, \quad E_3 = 18,27 \%, \quad E_4 = 2,67 \% \quad \text{и} \quad E_5 = 0,71 \%.$$

Количество пара, полученного в результате самоиспарения конденсата по корпусам выпарки e (%) к массе свеклы, равно:

$$e_1 = 0,60 \%, \quad e_2 = 1,65 \%, \quad e_3 = 1,60 \% \quad \text{и} \quad e_4 = 2,20 \%.$$

Действительный отбор экстрапаров из выпарного аппарата с учетом самоиспарения конденсата E' (%) определяется в виде

$$E'_1 = E_1 - e_1; \quad E'_2 = E_2 - e_2; \quad E'_3 = E_3 - e_3; \quad E'_4 = E_4 - e_4.$$

Определяем массу воды, выпариваемой по корпусам, % к массе свеклы:

I корпус	$W_1 = W_1;$
II корпус	$W_2 = W_1 - E'_1;$
III корпус	$W_3 = W_1 - E'_1 - E'_2;$
IV корпус	$W_4 = W_1 - E'_1 - E'_2 - E'_3;$
<hr/>	
Всего	$W = 4W_1 - 3E'_1 - 2E'_2 - E'_3$

Отсюда

$$W_1 = (W + 3E'_1 + 2E'_2 + E'_3) / 4.$$

Принимаем количество греющего пара D равным количеству испаряющейся в данном корпусе воды. Тогда $D_i = W_i$, где i – номер корпуса.

Количество теплоты на выпаривание по корпусам Q_i , кДж/кг (из расчета на 100 кг свеклы):

$$Q_i = W_i(i''_{ni} - i_{ki}),$$

где i''_{ni} – удельная энтальпия пара, греющего данный корпус, кДж/кг; i_{ki} – удельная энтальпия конденсата, уходящего из греющей камеры этого корпуса, кДж/кг,

$$i_{ki} = c_8 t_{ki},$$

где t_{ki} – температура конденсата в i -м корпусе, °С.

Массовая доля сиропа на выходе из каждого корпуса, %

$$\begin{aligned} B^I &= S_c \cdot B_c / (S_c - W_1); \\ B^{II} &= S_c \cdot B_c / (S_c - W_1 - W_2); \\ B^{III} &= S_c \cdot B_c / (S_c - W_1 - W_2 - W_3); \\ B^{IV} &= S_c \cdot B_c / (S_c - W_1 - W_2 - W_3 - W_4). \end{aligned}$$

Среднее значение массовой доли сока по корпусам, %

$$B_1 = (B_c + B^I) / 2;$$

$$B_2 = (B^I + B^{II}) / 2;$$

$$B_3 = (B^{II} + B^{III}) / 2;$$

$$B_4 = (B^{III} + B^{IV}) / 2.$$

В зависимости от длины кипяtilных трубок и массовой доли сока определяем коэффициенты теплопередачи k_i , [кВт/(м²·К)] по корпусам.

Площадь поверхностей теплопередачи F_i (м²) по корпусам

$$F_i = 0,01\Pi Q_i / (k_i \Delta t_i),$$

где Π – производительность по всем корпусам выпарной установки, кг/с.

Напряжение поверхности нагрева корпусов выпарки u_i [кг/(м²·с)]

$$u_i = 0,01 W_i \Pi / F_i.$$

Площади поверхностей нагрева корпусов F_i (м²) рассчитываются

$$F_i = 1,03 \Pi Q_i / (100 k_i \Delta t_i),$$

где Δt – полезная разность температур, °С.

Если результаты второго определения F равны или близки к первоначальным значениям F_i , то их можно считать окончательными, а если сильно отличаются, то необходимо выполнить уточненный расчет.

Надсоковое пространство должно иметь такие размеры, чтобы вторичный пар полностью отделялся от капель увариваемого сока во избежание потери сока и загрязнения конденсата последующего корпуса.

Объем парового пространства i -го корпуса выпарки V_i , (м³)

$$V_i = (W_i v) / R_v,$$

где W_i – расход воды, выпариваемой в i -м корпусе, кг/с; v – удельный объем вторичного пара при 125 °С, м³/кг; R_v – объемное напряжение парового пространства, м³/(м³·с).

Размеры греющей камеры определяются исходя из площади поверхности нагрева, диаметра и длины труб. Площадь поверхности одной трубки f_i (м²) равна

$$f_i = \pi d_{cp} l,$$

где d_{cp} – средний диаметр трубок, м; l – длина кипяtilных трубок, м.

Число трубок по корпусам n (шт) определяется как

$$n = F_i / f_i.$$



Юношеский пессимизм – настоящая
болезнь молодости.
МЕЧНИКОВ ИЛЬЯ ИЛЬИЧ (1845–1916),
русский биолог

16.5 РАЗВАРИВАТЕЛИ КРАХМАЛОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Измельченное крахмалосодержащее сырье перед развариванием смешивают с горячей водой и затем полученный замес нагревают вторичным паром. По схеме скоростного разваривания смешивание сырья с водой и нагревание массы произво-

дят отдельно: смешивание – в смесителе, нагревание – в трубчатом теплообменнике. По схеме разваривания при пониженной температуре смешивание и нагревание замеса производят в одном аппарате – в смесителе-предразварнике.

Смеситель-предразварник (рис. 16.19) представляет собой корытообразный сосуд 5 вместимостью 3 м³, который разделен перегородкой 13 на две секции. Смеситель 3 предназначен для смешивания дробленого зерна с водой при температуре 35...40 °С, предразварник 9 – для нагревания замеса.

Для перемешивания дробленого сырья на полом вала 8 внутри аппарата укреплен мешалка, в смесителе лопасти мешалки горизонтальные, а в предразварнике они сделаны по винтовой линии, что обеспечивает перемешивание вязкого замеса вдоль аппарата. Вал мешалки вращается с частотой 30 об/мин, мешалка приводится в движение от электродвигателя 1 (мощность 4 кВт, частота вращения 930 мин⁻¹) через редуктор 2 с передаточным отношением 30,7. Из смесителя замес через патрубок 6 в перегородке 13 перетекает в предразварник. Уровень массы в аппарате регулируется шиберной задвижкой 10. Вторичный пар для нагревания замеса подводится к аппарату через патрубки 12. Люки 4 и 7 служат для осмотра и ремонта аппарата, патрубки 11 и 14 предназначены для освобождения аппарата от массы во время остановки аппарата.

Вязкость замеса увеличивается при повышении температуры нагревания и зависит от длительности пребывания замеса в предразварнике. На выходе из аппарата замес должен иметь такую вязкость, при которой массу можно перекачивать насосом. При температуре 75...85 °С замес сохраняет текучесть в течение 5...6 мин.

Время пребывания замеса в смесителе-предразварнике 10...15 мин. Следует иметь в виду, что при повышении температуры замеса за счет вторичного пара значительно уменьшается расход острого пара на разваривание. Например, при повышении температуры замеса с 70 до 90 °С расход пара на разваривание снижается на 26 %.

Вертикальный цилиндрический смеситель (рис. 16.20) вместимостью 1,5 м³ снабжен пропеллерной мешалкой 1 для смешивания дробленого сырья с водой. Сырье подается в смеситель по патрубку 5, а вода – по трубе 4. Для распыления воды в стенках трубы рассверлены отверстия диаметром 2 мм. Конец трубы 4 заглушен. Такая подача воды улучшает равномерность смешивания. Подогревание замеса производится через змеевик 2. Уровень массы в смесителе контролируется электрическим сигнализатором 6, поплавков которого расположен в трубе 7.

С целью уменьшения воздействия перемешиваемой массы на поплавков сигнализатора труба 7 снизу перекрывается решеткой 8, которая стабилизирует в зоне поплавок уровень массы. Для контроля режима работы смесителя на корпусе размещены кран 3 для отбора пробы и штуцер 9 для термометра. Продолжительность смешивания при переработке зерна 15 мин, картофеля 10 мин.

Вода в смесителе должна подаваться температурой не выше 45 °С, так как в противном случае мука измельченного продукта образует комочки, которые затем не провариваются. Из смесителя замес подается в трубчатый теплообменник, где нагревается вторичным паром до 70...75 °С. Теплообменник типа «труба в трубе» изготавливается из стальных труб диаметром 180 мм (наружные трубы) и 108 мм (внутренние трубы).

Варочная колонна первой ступени (рис. 16.21) изготавливается сварной конструкции (диаметр колонны 1300 мм, высота 7915 мм). Общий объем колонны 9,6 м³, рабочее давление 0,5 МПа.

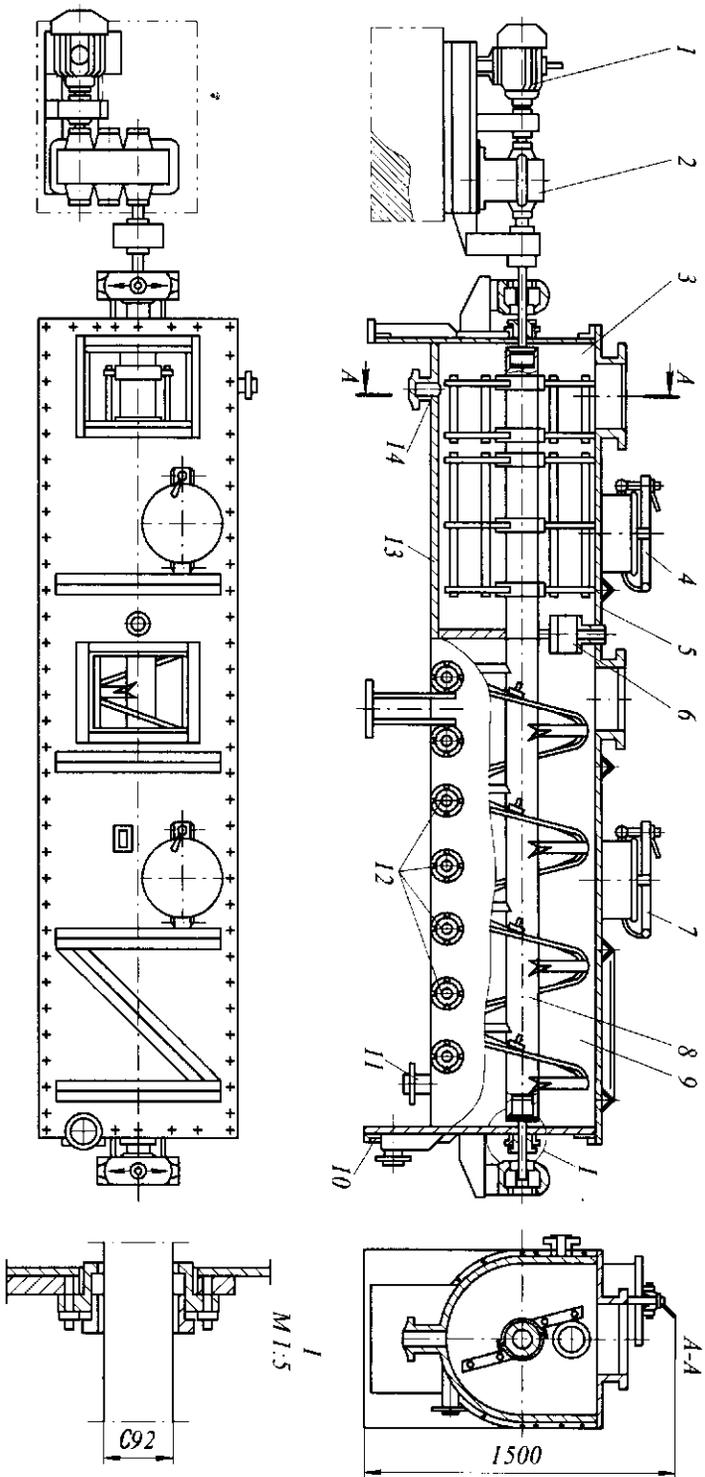


Рис. 16,19 Смеситель-предохранник

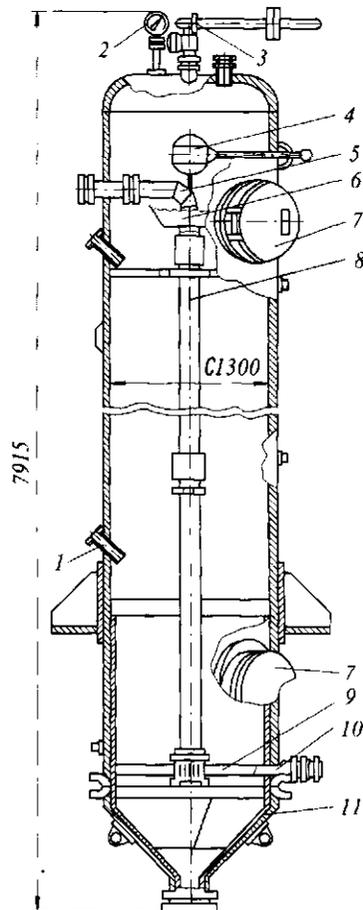
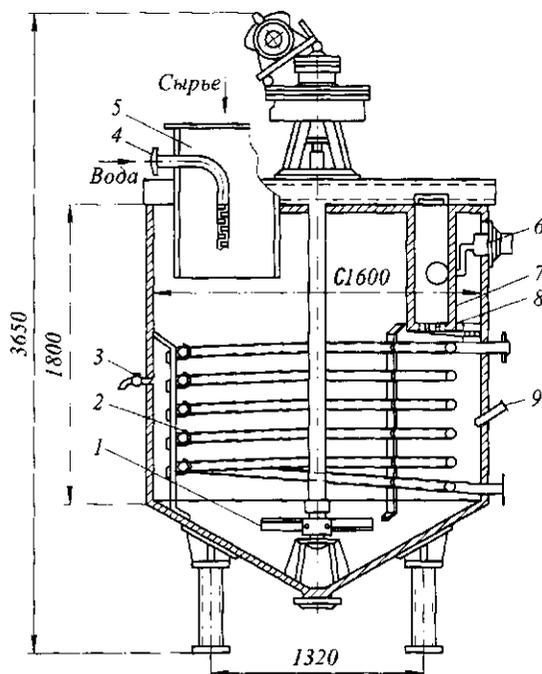


Рис. 16.20 Вертикальный цилиндрический смеситель

Рис. 16.21 Варочная колонна первой ступени

Внутри колонны крепится цилиндрическая труба 8; в верхней части которой имеется распределительная воронка 6, в которую по патрубку 5 подается подогретый замес. В нижнюю часть трубы 8 подводится пар по патрубку 10 к насадке 9. Установка в колонне трубы 8 способствует лучшему перемешиванию массы.

В колонне размещен поплавковый сигнализатор 4 уровня массы. Для обслуживания при ремонте колонна снабжена люками 7. На колонне установлены манометр 2 и предохранительный клапан 3. Внутри колонны внизу размещена заменяемая защитная вставка 11. Для установки термометров предусмотрены гильзы 1.

Варочная колонна второй ступени (рис. 16.22) представляет собой цилиндрический корпус 1 диаметром 500 мм (толщина стенки 6 мм) с отъемным коническим дном 3 и крышкой 2. В колонны второй ступени пар не подается; при этом масса перемещается последовательно из колонн первой ступени по колоннам второй ступени за счет разности уровней массы и выдерживается при температуре 138...140 °С в течение 20...25 мин. Для выравнивания давления верхние части колонн соединены между собой через патрубки. Испытательное давление для колонн 0,785 МПа.

Перед поступлением в варочную колонну первой ступени замес нагревается острым паром давлением 0,4...0,6 МПа в контактной головке (рис. 16.23.). Контактная головка представляет собой цилиндрическую паровую камеру 2, внутри которой установлена цилиндрическая вставка (форсунка) 3 с отверстиями диаметром 5 мм, расположенными в 10 рядов по высоте вставки (в каждом ряду по 10 отверстий).

Отверстия двух верхних рядов расположены под углом 45° к вертикальной оси головки. Отверстия последующих рядов просверлены под углом 45° и направлены по касательной к корпусу вставки. При таком расположении отверстий пар инжектирует массу и придает ей вращательное движение, что обеспечивает хорошее перемешивание и равномерное нагревание замеса.

Поступающая масса подается в головку через сопло 1, которое равномерно нагнетает массу при пульсирующей подаче ее плунжерным насосом. Пар в головку подводится по патрубку и через отверстия вставки пронизывает движущуюся массу, перемешивает и нагревает ее. Продолжительность пребывания массы в головке 1,5...2 с.

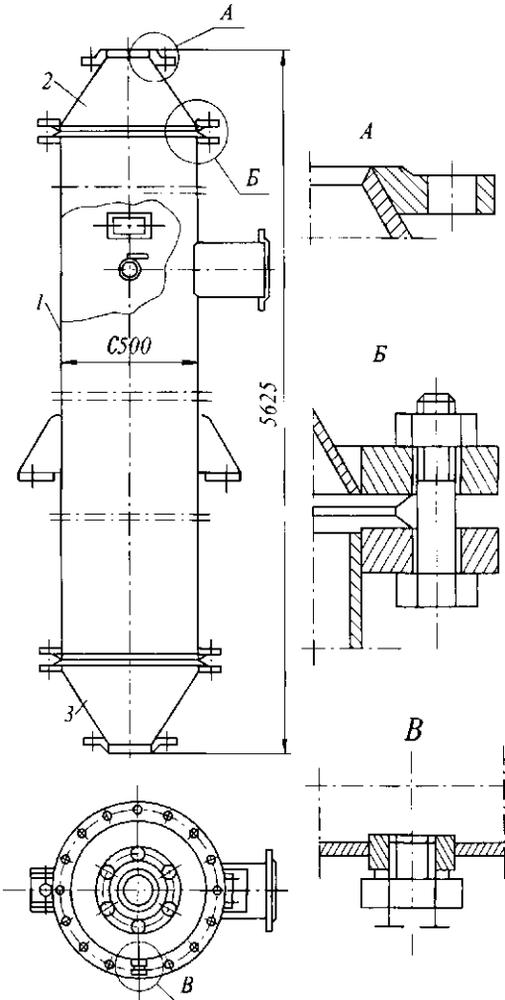


Рис. 16.22 Варочная колонна второй ступени

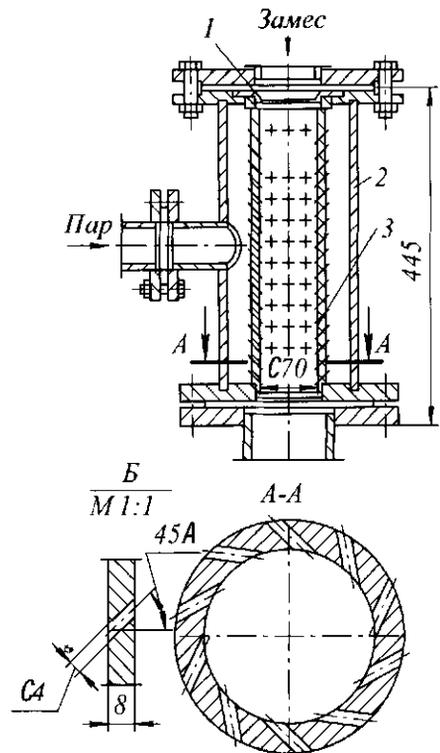


Рис. 16.23 Контактная головка

Контактная головка с двусторонним подводом пара (рис. 16.24) предназначена для спиртовых заводов производительностью 1700...2500 дал/сут. В корпусе 3 расположены трубы 4 и 5, в которых просверлены отверстия диаметром 5 мм. В каждой трубе по высоте имеется 10 рядов по 13 отверстий. Замес подается в контактную головку по патрубку 1. В головке замес течет в кольцевом зазоре. Пар, подаваемый по патрубкам 2 и 6, пронизывает слой замеса с двух сторон. Такой подвод пара обеспечивает быстрое и равномерное нагревание замеса.

Определенный уровень массы на выходе из варочного аппарата поддерживается *поплавковым регулятором* (рис. 16.25). Регулятор представляет собой цилиндрический корпус 1 вместимостью 2 м³, диаметром 1200 мм при толщине стенки 8 мм и рассчитан на рабочее давление 0,5 МПа. Внутри корпуса расположен поплавок 3, который рычагом 4 шарнирно связан с корпусом регулятора. С рычагом поплавок штоком 6 соединен клапан 7, который закрывает отверстие выходного патрубка 8. Масса в регулятор поступает снизу. Регулятор соединяется с варочными колоннами через патрубок 2 для выравнивания давления и отвода воздуха. За уровнем массы в регуляторе наблюдают по стрелке 5.

Паросепаратор (рис. 16.26) предназначен для сепарирования пара и выдержки развариваемой массы. Представляет собой цельносварной цилиндрический сосуд со съемным дном и крышкой.

Масса через патрубок 3 поступает на кольцевой распределитель массы 9, диаметр которого меньше диаметра корпуса, и сливается с него, не касаясь стенок корпуса. Днище паросепаратора защищено съемной гильзой.

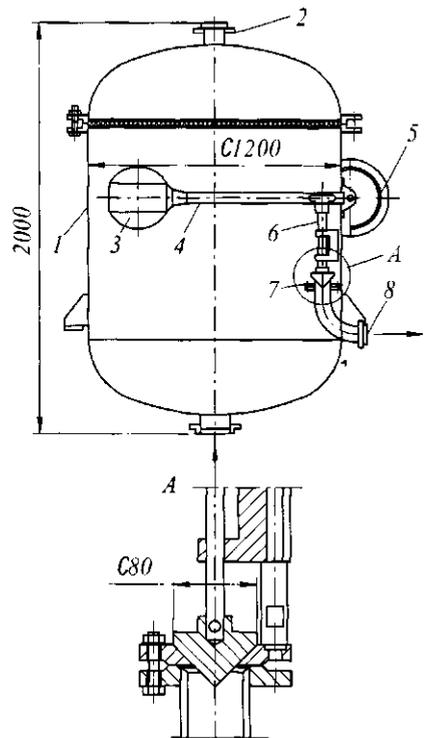
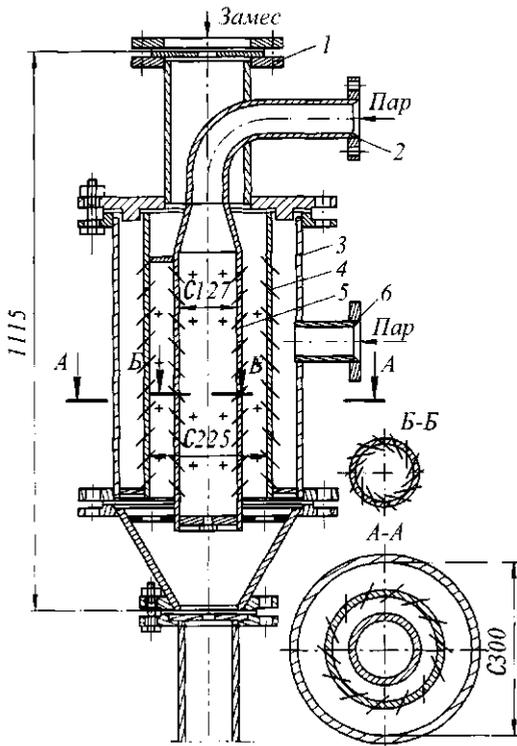


Рис. 16.24 Контактная головка с двусторонним подводом пара

Рис. 16.25 Регулятор уровня массы

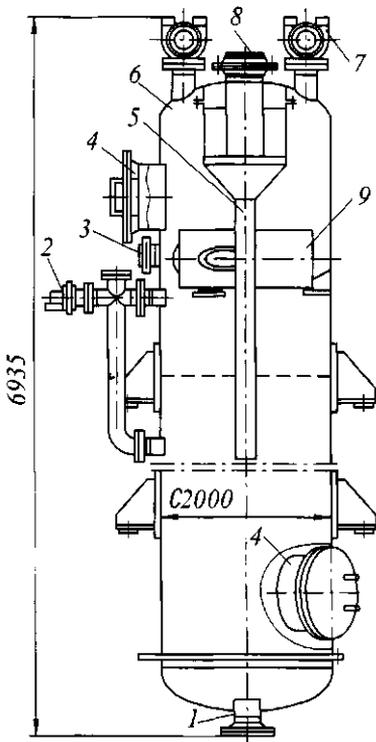


Рис. 16.26 Паросепаратор

В целях предотвращения кашлеуноса с вторичным паром в паросепараторе предусмотрен каплеуловитель 6, конструкция которого обеспечивает закручивание и изменение направления потока вторичного пара. Паросепаратор оборудован двумя предохранительными клапанами 7. Отвод массы осуществляется через нижний патрубок 1, а отвод пара – через верхний патрубок 8. Паросепаратор снабжен прибором контроля уровня массы 2, лазом 4 и возвратной трубой 5.

Техническая характеристика паросепаратора

Объем полный, м ³	8,5
Рабочее давление, МПа	до 0,7
Диаметр корпуса, мм	1300
Толщина стенки корпуса, мм	8
Габаритные размеры, мм:	
ширина	2000
высота	6935

Для скоростного разваривания применяют **трубчатый разварник** с контактной головкой (рис. 16.27). В нем замес подогревается паром давлением 0,8 МПа до 170 °С с помощью контактной головки, устройство которой аналогично устройству головки, приведенной на рис. 16.24.

Подогретый замес из контактной головки поступает в вертикальные трубы аппарата. Пар в аппарат не подводится, масса в трубах перемещается за счет перепада давлений к выходу, где давление снижается до 0,4 МПа. При продвижении по трубам из массы выделяется вторичный пар вследствие снижения давления. Смесь, состоящая из массы и пара, перемешивается и диспергируется при прохождении через диафрагмы и соединительные переходы.

Трубчатый разварник состоит из контактной головки 1 и батареи вертикальных труб 2, соединенных сверху и снизу переходами 3, которые прикреплены к вертикальным трубам-фланцами. Общая вместимость аппарата 1,5 м³.

Общая длина вертикальных труб 64 м; а их внутренний диаметр составляет 148 мм. Во фланцевых соединениях установлены 24 диафрагмы 4. По ходу продукта диафрагмы разбиты на четыре группы, в каждой группе шесть диафрагм. Диафрагмы каждой группы имеют одинаковый диаметр внутреннего отверстия (первой группы – 40 мм, второй – 45, третьей – 50, четвертой – 55 мм).

При снижении температуры за диафрагмой выделяется вторичный пар. Объем смеси в этом месте аппарата увеличивается в 3 раза, скорость смеси увеличивается до 4 м/с, что обуславливает диспергирование массы. Для уменьшения износа стенок переходов в последних устанавливают предохранительные сменные гильзы 5. Давление на выходе из аппарата регулируется клапаном.

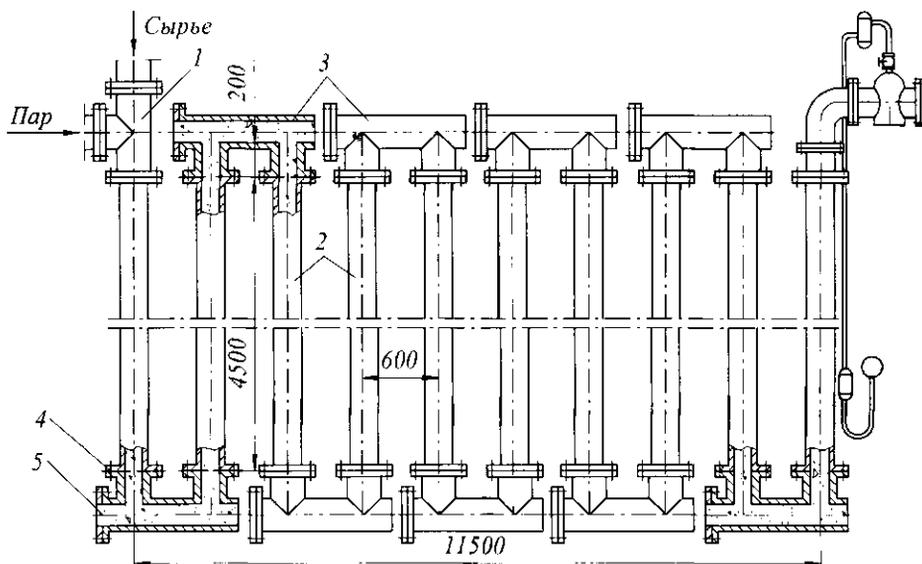


Рис. 16.27 Трубчатый разварник

Инженерные расчеты. Производительность разварника по замесу P_3 (кг/ч), определяется по формуле

$$P_3 = (P_c q \rho) / 24,$$

где P_c – условная производительность линии по спирту, дал/сут; q – удельная потребность объема замеса, м³/дал ($q = 0,133$ м³/дал); ρ – плотность замеса, кг/м³.

Необходимый объем варочного аппарата V (м³) рассчитывается как

$$V = P_3 \tau / (\rho \phi),$$

где τ – продолжительность разваривания, ч (для колонного аппарата $\tau = 0,75 \dots 0,66$, для трубчатого $\tau = 0,03 \dots 0,05$); ϕ – коэффициент заполнения (для колонного аппарата $\phi = 0,75 \dots 0,8$, для трубчатого $\phi = 0,32$).

Диаметр колонны аппарата или труб можно определить из равенства

$$V_c = (\pi d^2 / 4) v_{np},$$

где Q_c – объемный расход продукта, м³/с; d – диаметр труб, м; v_{np} – скорость движения развариваемой массы в аппарате (для трубчатого аппарата $v_{np} = 0,13$ м/с).

Длина варочного аппарата (высота колонны или длина труб) L (м) равна

$$L = 4Q_c / (\pi d^2).$$

Расход теплоты Φ (кВт), необходимой для разваривания массы определяется как

$$\Phi = P_3 c_m (t_2 - t_1) / 3600,$$

где c_m – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К); t_1 – начальная температура продукта, поступающего на разваривание, °С; t_2 – температура разваривания в аппарате (для колонного аппарата $t_2 = 140$ °С; для трубчатого $t_2 = 168 \dots 165$ °С).

Расход пара в контактной головке для подогревания замеса до температуры разваривания E (кг/с) определяется по формуле

$$E = \Phi / (i - i_k),$$

где i – удельная энтальпия пара, кДж/кг; i_k – удельная энтальпия конденсата, кДж/кг (для колонного аппарата i_k принимается при температуре 140 °С, для трубчатого – при 168 °С).

Объемный расход пара на разваривание E_0 (м³/с) равен

$$E_0 = E \rho_{cp},$$

где ρ_{cp} – средняя плотность пара, поступающего в контактную головку, м³/кг.

Скорость истечения пара из отверстий контактной головки v_n (м/с)

$$v_n = 44,7 K_c \sqrt{i_1 - i_2},$$

где K_c – коэффициент скорости ($K_c = 0,9$); i_1 – удельная энтальпия пара при входе в отверстие, кДж/кг; i_2 – удельная энтальпия пара при выходе из отверстия при температуре нагревания продукта, кДж/кг.

Суммарная площадь отверстий в контактной головке Σs (м²) равна

$$\Sigma s = E_0 / (3600 v_n).$$

Число отверстий при заданной площади одного отверстия s_0 (м²)

$$z = \Sigma s / s_0.$$

Площадь живого сечения для прохода продукта в контактной головке s_r (м²)

$$s_r = \Pi_3 / (v_{np} \rho),$$

где v_{np} – скорость продукта в головке ($v_{np} = 0,2 \dots 0,25$ м/с); ρ – плотность продукта, кг/м³.

Продолжительность пребывания продукта в контактной головке принимаем равным 1...1,5 с.

Продолжительность пребывания замеса в смесителях составляет 10...15 мин, коэффициент заполнения 0,75...0,8.

Ориентировочное значение потребной мощности мешалки, N (кВт), при работе в установившемся режиме без учета сопротивления змеевиков определяют по эмпирической формуле

$$N = K_N \rho n^3 d^5,$$

где K_N – критерий мощности, который зависит от интенсивности перемешивания, характеризующейся центробежным критерием Рейнольдса; ρ – плотность среды, кг/м³; n – частота вращения мешалки, об/мин; d – диаметр мешалки, м.

Критерий Рейнольдса равен

$$Re = (v d_s \rho) / \mu,$$

где v – скорость замеса, м/с; d_s – эффективный диаметр трубопроводов, м; ρ – плотность замеса, кг/м³; μ – динамическая вязкость замеса, Па·с.

В зависимости от найденного значения критерия Re по графику нормалей НИИхиммаша определяем коэффициент K_N .

С учетом увеличения потребляемой мощности при пуске и из-за наличия в аппарате вспомогательных устройств (змеевик, поплавков сигнализатора уровня и др.) рабочая мощность на валу мешалки N_p (кВт) определяется по формуле

$$N_p = K_1 K_2 (K + 1) N,$$

где $K_1 = H/D$ – коэффициент, учитывающий заполнение смесителя; H – высота слоя жидкости в смесителе, м; D – диаметр смесителя, м; K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение мощности при пуске; K – коэффициент, учитывающий увеличение мощности из-за наличия в аппарате вспомогательных устройств.

Установленная мощность приводного электродвигателя $N_{уст}$ (кВт) с учетом КПД редуктора η_p равна

$$N_{уст} = 1,2 N_p / \eta_p.$$



Кто ничего не знает, тому и ошибаться не в чем
МЕНАНДР (343–291 до н.э.),
древнегреческий драматург

16.6 ЗАТОРНЫЕ И СУСЛОВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ

Заторные аппараты предназначены для смешивания (затираия) дробленого солода с водой, нагревания и кипячения заторной массы. Изготавливают заторные аппараты следующих типоразмеров: ВКЗ-1 – для варочных агрегатов на 1 т солода, ВКЗ-1,5 – на 1,5 т солода, ВКЗ-3 – на 3 т солода, ВКЗ-5 – на 5,5 т солода.

Заторный аппарат типа ВКЗ (рис. 16.28) представляет собой стальной цилиндрический резервуар с двойным сферическим днищем 15 и сферической крышкой 4. Пространство между днищами является паровой рубашкой, в которую поступает греющий пар. Паровая рубашка имеет соответствующие фланцы и устройства для подвода пара, отвода воздуха и конденсата.

В нижней части сферического днища аппарата находится разгрузочное устройство 11 для спуска части затора (густой фазы) на отварку или выпуска всего затора при передаче его в фильтрационный аппарат. Управление разгрузочным устройством осуществляется поворотом одного из двух маховичков 14 и 22, один из которых установлен на оси 12 устройства, а другой – на колонке, находящейся на площадке для обслуживания. Разгрузочное устройство работает с помощью зубчатой конической передачи 13.

Над сферическим днищем внутри аппарата имеется пропеллерная мешалка 16 для размешивания заторной массы. Привод мешалки осуществляется от двигателя 9 через червячный редуктор 10, установленный на фундаменте 8 под днищем аппарата.

Внутри аппарата на шарнире 18 расположена стяжная труба 19 с поплавком 20 для отбора жидкой фазы затора. Для удобства промывки она выполнена легкосъемной. Выводная часть трубы имеет запорное устройство 17, управление которым осуществляется с помощью маховичка 21, вынесенного на колонку.

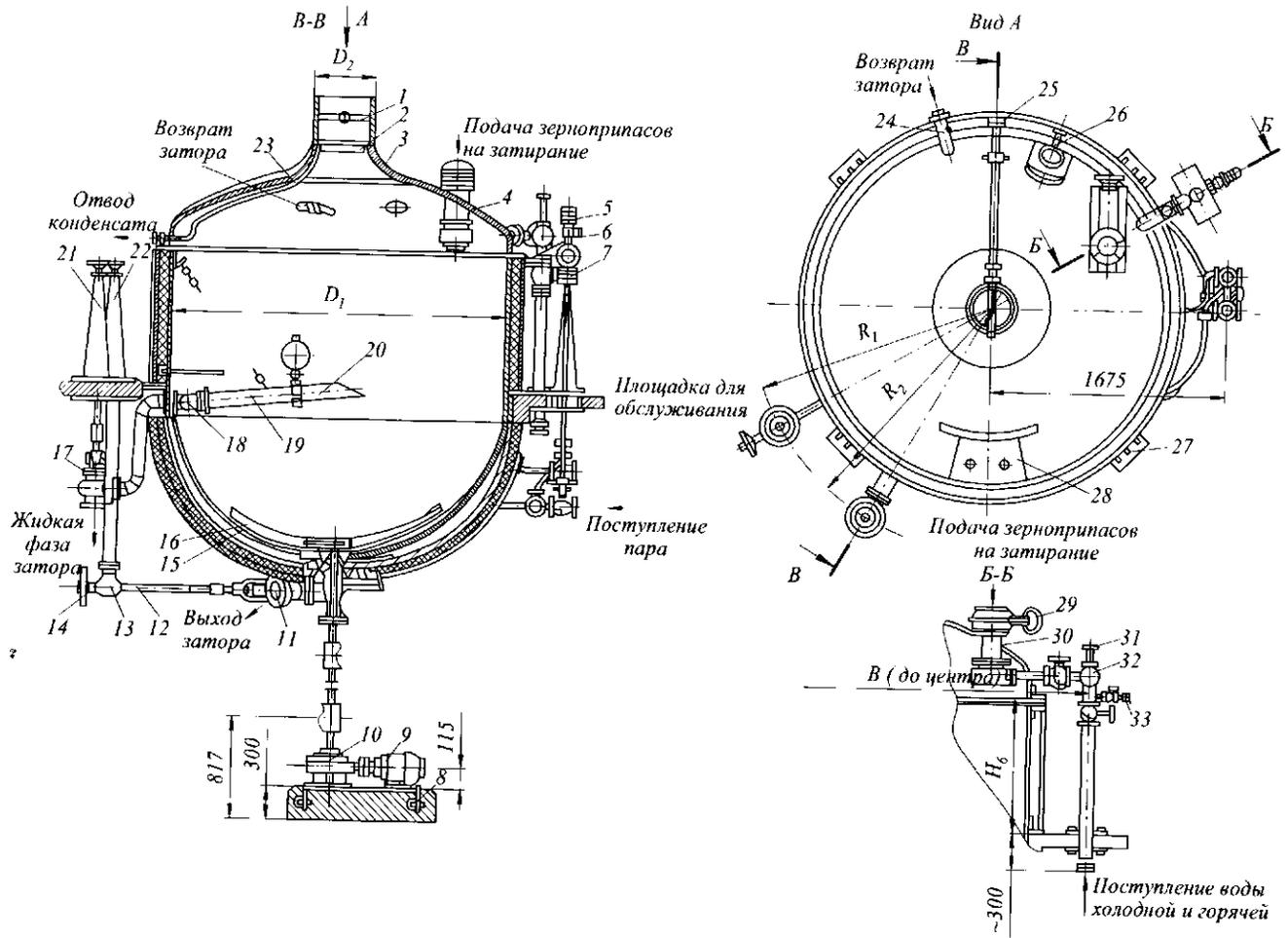


Рис. 16.28 Заторный аппарат типа ВКЗ

Сферическая крышка имеет вытяжную трубу 3 с поворотной дроссельной заслонкой 1, позволяющей регулировать тягу пара. Поворот дроссельной заслонки производится маховичком 25, установленным на краю крышки аппарата. В вытяжной трубе крышки находится кольцевой сборник 2 для удаления конденсата по трубе 23.

На крышке аппарата смонтирован предзаторник 30, предназначенный для смачивания сухих дробленых зерноприпасов при их подаче в аппарат. Предзаторник имеет шиберную задвижку 29 для регулирования количества подаваемых зерноприпасов. Рядом с предзаторником установлен смеситель 32 для холодной и горячей воды, позволяющий получить определенную температуру, требуемую для приготовления затора.

Для контроля температуры воды на смесителе имеется термометр 31. В целях использования теплой воды на другие нужды цеха смеситель имеет патрубок 33 с вентилем и штуцером для присоединения шланга.

На крышке аппарата расположен раздвижной люк 28 для обслуживания котла при промывке и наблюдения за технологическим процессом, происходящим в нем.

Поверхность продукта, находящегося в аппарате, освещается рефлектором 26 с низковольтной электролампой, который расположен на крышке котла.

На крышке находится патрубок 24 для возврата части затора, отваренного в другом аппарате. Патрубок внизу имеет наконечник, который распределяет поступающий затор веерообразно, что создает благоприятные температурные режимы его смешивания и препятствует образованию концентрированных участков с повышенной температурой. Рукоятка управления от вентилей подачи пара в рубашку и отвода воздуха оформлена в виде маховичка 7, смонтированного на колонке 6, установленной на площадке для обслуживания. На колонке расположен манометр 5 для контроля давления пара.

Аппарат имеет по окружности опорное кольцо из углового железа, к которому приварены четыре башмака 27 для установки его на площадке.

Дробленый солод (зерноприпасы) поступает в предзаторник, где смачивается теплой водой из смесителя, затем в виде кашицы сливается в аппарат. После отварок заторная масса нагнетается насосом обратно в аппарат для кипячения, а оттуда подается в фильтрационный аппарат.

Техническая характеристика заторных аппаратов приведена в табл. 16.5.

Сусловарочные аппараты предназначены для варки пивного сусла с хмелем и выпаривания части воды для получения сусла определенной плотности. По конструкции эти аппараты аналогичны заторным и представляют собой сварной цилиндрический резервуар с паровой рубашкой, сферическим днищем и крышкой, обеспечивающей интенсивную круговую циркуляцию кипящего сусла.

В сусловарочных аппаратах открытого типа ВСЦ-1А и ВКС-5 (на 1 и 5 т затора) интенсивность испарения составляет 5...6 % в час при длительности кипячения сусла 1,5...2,0 ч. При кипячении сусла под давлением 0,03...0,05 МПа в аппаратах ВСЦ-1,5 и ВКС-3 (на 1,5 и 3 т затора) достигается более полная коагуляция белков, повышаются биологическая стойкость пива и коэффициент теплоотдачи.

Сусловарочный аппарат ВСЦ-1,5 (рис. 16.29) представляет собой сварной стальной цилиндрический резервуар 4 с двойным сферическим днищем 7 и сферической крышкой 1. Пространство между сферами днищ является паровой рубашкой, в которую подается греющий пар. Паровая рубашка имеет соответствующие фланцы и устройства для подвода пара, отвода воздуха и конденсата.

Таблица 16.5 Техническая характеристика заторных аппаратов типа ВКЗ

Показатель	ВКЗ-1	ВКЗ-1,5	ВКЗ-3	ВКЗ-5
Масса одновременно затираемого сухого солода, кг	1000	1500	3000	5500
Полная вместимость, м ³	8	9	18	33
Площадь поверхности нагрева сферического днища, м ²	7,3	7,3	12,5	20,8
Рабочее давление пара, МПа	0,245	0,245	0,245	0,245
Диаметр, мм:				
котла:				
внутренний	2500	2500	3700	4800
с теплоизоляцией	2700	2700	3920	5020
паропровода	32	32	80	80
водопровода	50	50	50	100
Расход:				
воды, м ³ /ч	4...5,5	6...7,5	12...16	22...30
пара, кг/ч	700	1000	2140	3690
Частота вращения мешалки, об/мин	41,5	41,5	31	31
Редуктор червячный				
тип	ВСЦ-0,5.06.000		M7-ВКС-3.06.030	
передаточное отношение	36	36	48	48
Электродвигатель:				
тип	АОЛ2-32-4		4А132S4У3	
исполнение	M101			
мощность, кВт	3,0	3,0	7,5	7,5
частота вращения, об/мин	1500	1500	1500	1500
Габаритные размеры, мм:				
длина	3500	3500	4200	5300
ширина	2800	2800	3900	5300
высота (без установки привода)	3710	3710	4880	4890
Масса, кг:				
без продукта	3870	3965	5500	19 500
с продуктом	11 070	14 765	23 500	42 000

В нижней части сферического днища аппарата смонтировано разгрузочное устройство 14 для выпуска суслу из котла. Управление разгрузочным устройством осуществляется с помощью зубчатой конической передачи 9 поворотом любого из двух маховичков.

Маховичок 8 закреплен на поворотной оси устройства, а маховичок 3 – на стойке, находящейся на площадке 6 для обслуживания. Над сферическим днищем внутри аппарата размещена пропеллерная мешалка 15 для размешивания суслу в целях лучшей его циркуляции в процессе кипячения.

Внутри аппарата по его периметру закреплен трубчатый ороситель 22 для гашения водой волнообразования, возникающего на поверхности кипящего суслу. Там же расположен трап для обслуживающего персонала. Через крышку установлена труба 23, в которой помещается мерная линейка 17 для определения уровня суслу в аппарате. Труба опущена ниже уровня суслу, что создает в зоне, ограниченной стенками трубы, ровную поверхность суслу во время кипячения и позволяет правильно определить его уровень. Для контроля за температурой в аппарате устанавливается термометр сопротивления 2 с термопарой, укрепленной в корпусе аппарата.

Крышка имеет вытяжной штуцер 29, в котором расположен конический клапан 28, позволяющий герметически закрывать аппарат в процессе выпаривания суслу. С помощью клапана также регулируется тяга в случае использования аппарата для выпаривания суслу без давления.

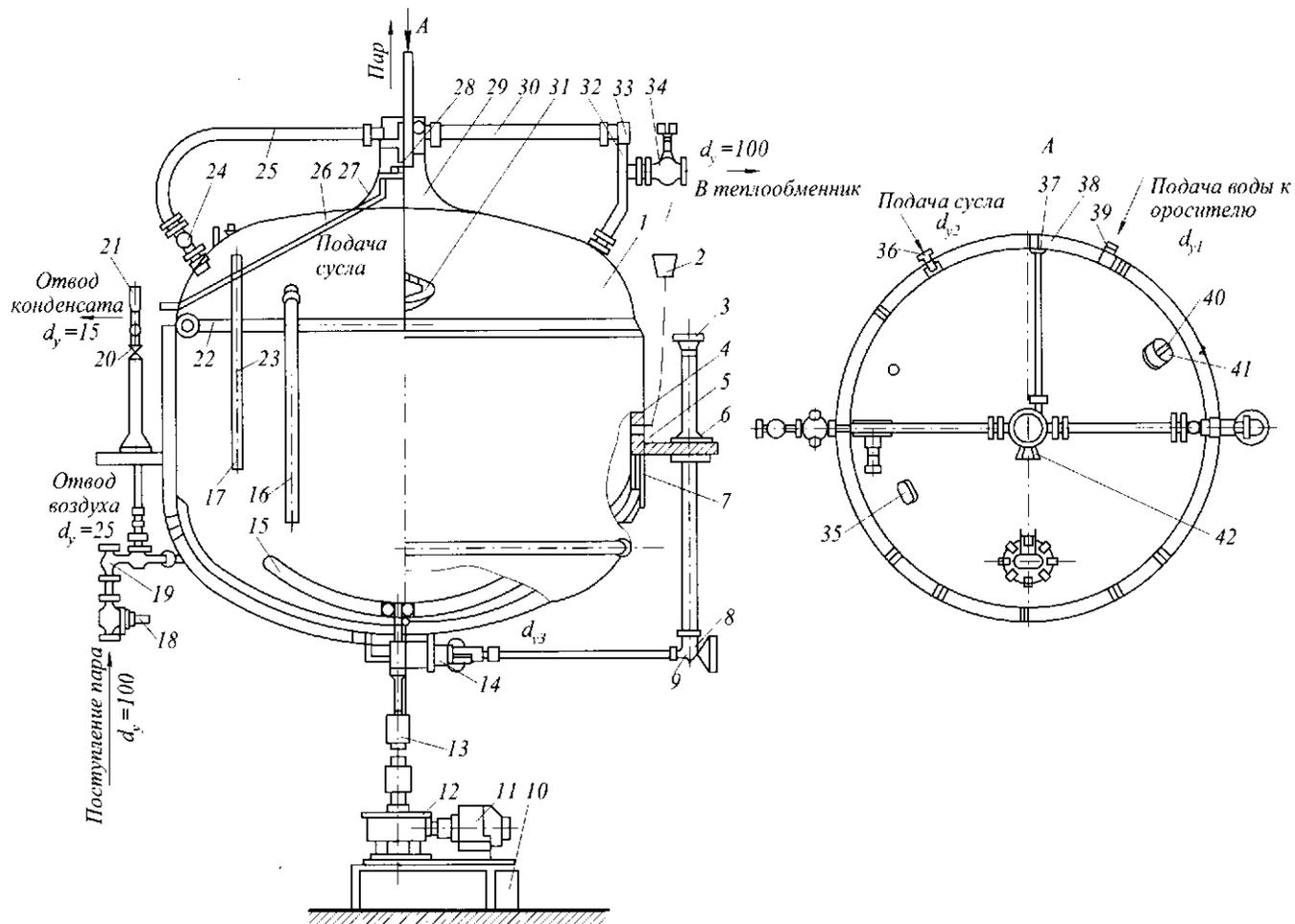


Рис. 16.29 Сусловарочный аппарат ВСП-1.5 (ВКС-3)

Управление клапаном производится маховичком 37, установленным на краю крышки. Храповое устройство 38 позволяет фиксировать клапан в любом промежуточном положении. В вытяжном штуцере имеется конденсатосборник 27 для сбора образующегося конденсата, удаляемого по трубе 26, которая выведена наружу и при монтаже аппарата присоединяется к канализационной сети.

На крышке аппарата смонтирована система трубопроводов. На трубе 30, по которой поступает вторичный пар из аппарата в теплообменник, установлены предохранительный клапан 33 с перепуском пара в трубу 32 и вентиль 34. Труба 25 и вентиль 24 предназначены для снятия давления в аппарате в случае необходимости. На крышке также расположен люк 31 с противовесом 42 для обслуживания аппарата. В целях освещения поверхности продукта, находящегося в аппарате, на крышке имеются два смотровых окна 35, на одном из которых смонтирован рефлектор 41 с лампочкой 40.

Сусло поступает в аппарат из фильтрационного чана по патрубку 36 и трубе 16, которая опущена в нижнюю часть аппарата, что обеспечивает правильную циркуляцию сусла. Вода к оросителю подается через патрубок 39.

Управление вентилями подачи пара в рубашку и отвода воздуха производится маховичком 20, который вынесен на вертикальную стойку, установленную на площадке для обслуживания. На стойке находится манометр 21 для контроля за давлением пара.

На паропроводе перед аппаратом расположены предохранительный 18 и редукционный 19 клапаны, отрегулированные на рабочее давление. Аппарат имеет опорное кольцо 5 с опорами для установки на площадке. Привод мешалки осуществляется от электродвигателя 11 через червячный редуктор 12, которые смонтированы на фундаменте 10. Приводной вал мешалки сборный и соединяется с помощью муфт 13.

После набора сусла и подачи хмеля аппарат герметизируют и в паровую рубашку подают греющий пар. Когда сусло начинает закипать и давление в аппарате повышается до 0,03 МПа, перекрывают паровой вентиль, оставляя в нем небольшую

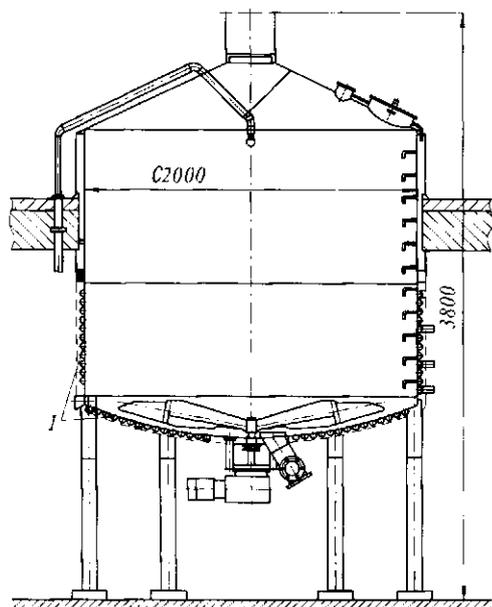


Рис. 16.30 Заторный аппарат

щель для поддержания в сусле постоянной температуры кипения – примерно 105 °С. При этой температуре сусло выдерживают около 1 ч, после чего прекращают подачу пара и постепенно открывают конический клапан вытяжного штуцера аппарата. Давление в аппарате начинает падать, а пивное сусло интенсивно кипеть.

Кипячение сусла под давлением наряду с сокращением продолжительности варки и экономией расхода пара способствует более полному выпадению белков, что, в свою очередь, улучшает осветление готового сусла и ускоряет его фильтрацию, при этом полнее используются экстрактивные и ароматические вещества хмеля.

Технические характеристики суслорочных аппаратов приведены в табл. 16.6.

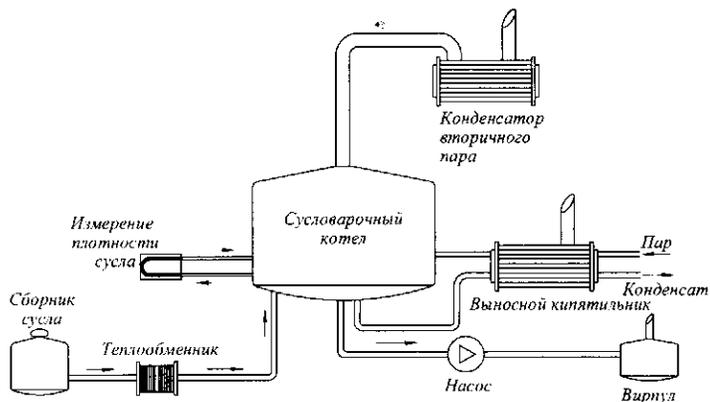


Рис. 16.31 Принципиальная схема сушеварочного котла с выносным наружным кипятильником

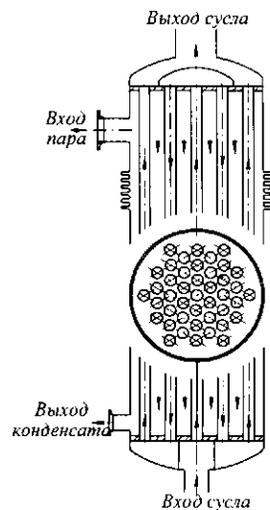


Рис. 16.32 Принципиальная схема выносного кипятильника

В настоящее время поверхность обогрева заторных котлов выполняется в виде полутруб 1, приваренных на днище аппарата к цилиндрической обечайке (рис. 16.30). Остальные элементы конструкции аппарата аналогичны ранее рассмотренным заторным котлам.

Таблица 16.6 Техническая характеристика сушеварочных аппаратов

Показатель	ВСЦ-1,5	ВКС-3
Вместимость, м ³ :		
полная	11,65	23,16
полезная	9,75	19,3
Диаметр внутренний, мм	2900	4200
Высота цилиндрической части, мм	1200	980
Площадь поверхности нагрева, м ²	8,75	21,9
Объем пара в рубашке, м ³	0,35	—
Расход:		
пара, кг/ч	1032	2140
воды, м ³ /ч	7...8	21...24
Рабочее давление пара в рубашке, МПа	0,294	0,245
Частота вращения мешалки, мин ⁻¹	41,5	31
Редуктор червячный:		
тип	ВСЦ-05.06.000	М7-ВКС-3.06.030
передаточное отношение	36	48
Электродвигатель:		
тип	АОЛ2-32-4	4А132S4У3
исполнение	М101	—
мощность, кВт	3,0	7,5
частота вращения, об/мин	1500	1500
Габаритные размеры, мм:		
длина	3800	5300
ширина	3100	4700
высота	4425	4500
Масса, кг:		
без продукта	5280	6200
с продуктом	15 000	31 000

На пивоваренных заводах находят применение сушловарочные котлы с высокой поверхностью нагрева (рис. 16.31).

В качестве выносного кипяtilьника применяется чаще всего кожухотрубный теплообменник (рис. 16.32), реже пластинчатый теплообменник.

Если скорость движения суслу в трубах слишком мала, появляется опасность пригорания или как минимум карамелизации суслу, а значит сильно повышенная его цветности. Кроме того, следует опасаться, что из-за высокой температуры коагулируемый белок оседет в трубах. Чтобы этого избежать в настоящее время считают, что скорость течения суслу в трубах кипяtilьника должна составлять как минимум 2,6...3,0 м/с.

Инженерные расчеты. Объем заторного аппарата V (м³) определяют, исходя из его необходимой производительности, по формуле

$$V = P\tau_{\text{ц}} / (\rho\xi),$$

где P – необходимая производительность заторного аппарата, кг/ч; $\tau_{\text{ц}}$ – продолжительность полного рабочего цикла аппарата, ч; ρ – плотность заторной массы, кг/м³; $\xi = 0,9$ – коэффициент заполнения заторного аппарата.

Объем заторного аппарата можно также определить по количеству затираемого солода, принимая, что на 1000 кг сухого солода требуется 5...7 м³ полного объема заторного аппарата.

Полный объем аппарата V (м³) складывается из объема цилиндрической части и объема сферического (полушарового) днища:

$$V = 0,785D_1^2 H + 1,047h^2(3R - h),$$

где D_1 – диаметр корпуса аппарата, м; H – высота цилиндрической части, м; h – высота выпуклой части наружной поверхности днища, м; R – радиус кривизны в вершине днища, м.

При проектировании выпуклых днищ руководствуются следующими конструктивными требованиями

$$H = 0,5D_1; h = 0,25D_1 \text{ и } R = D_1.$$

По нормам расчета элементов сосудов на прочность толщина стенки днища δ (м)

$$\delta = (PD_1 / 4[\sigma] k\varphi_m) + c,$$

где P – наружное избыточное давление, МПа; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение при сжатии, МПа; $k = 1 - (d_c/D_1)$ – коэффициент формы днища; d_c – диаметр неукрепленного отверстия в днище, м; $\varphi_m = 1$ – коэффициент прочности сварного шва; $c = 0,002$ м – прибавка к расчетной толщине.

Эта формула справедлива, если выдержано условие

$$(\delta - c) / D_1 \leq 0,1.$$

Объем сушловарочного аппарата рассчитывают в зависимости от количества одновременно затираемого солода. При этом количество выпариваемой воды W (кг) зависит от того, до какой концентрации сухих веществ необходимо довести сусло:

$$W = m[1 - (B_n / B_k)],$$

где m – начальная масса сушла, кг; B_n и B_k – начальная и конечная концентрация сухих веществ в сусле, %.

Коэффициент теплоотдачи α_1 [Вт/(м²·К)] от греющего пара в вертикальной стенке суслоторочного аппарата

$$\alpha_1 = c_n \sqrt[4]{\lambda^3 \rho^2 g r / [\mu H (t_n - t_{cm})]},$$

где c_n – коэффициент пропорциональности; λ – коэффициент теплопроводности конденсата, Вт/(м·К); ρ – плотность конденсата, кг/м³; r – скрытая теплота парообразования, Дж/кг; μ – динамическая вязкость конденсата, Па·с; H – высота стенки, м; t_n и t_{cm} соответственно температура пара и стенки, °С.



Умейте всегда перенестись на точку зрения противоположного мнения – это и есть то, что есть истинная мудрость.
МЕНДЕЛЕЕВ ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ (1834–1907).
русский химик

16.7 ОШПАРИВАТЕЛИ И БЛАНШИРОВАТЕЛИ ДЛЯ ФРУКТОВ И ОВОЩЕЙ

Предварительная тепловая обработка пищевого сырья производится в горячей воде, водяных растворах поваренной соли, щелочи, кислоты, а также в среде водяного пара путем соприкосновения с поверхностью нагретого.

Ошпаривание – предварительная обработка паром с целью размягчения тканей плодов и овощей перед протиранием при изготовлении пюре, повидла и продуктов детского питания.

Бланширование – кратковременная тепловая обработка паром, горячей водой, горячим раствором соли или кислоты овощей, картофеля и фруктов до температуры нагрева 85...96 °С с немедленным последующим охлаждением холодной водой.

Для предварительной тепловой обработки фруктов и овощей предназначены ошпариватели и бланширователи различных конструкций.

Закрытый ошпариватель (дигестер), изображенный на рис. 16.33, в своей конусной части 7 имеет ситчатое днище 6. Пар давлением 0,2 МПа подводится через два штуцера 5 в пространство между корпусом аппарата и ложным днищем. Пройдя через отверстия в днище, пар попадает в рабочую часть аппарата. На вертикальном валу 4 укреплены лопастная мешалка 3 и шнек 2, перемешивающие обрабатываемый продукт.

Во время работы шпарителя через бункер 1 загружают до 2000 кг сырья. Движку плотно закрывают и через штуцер 5 подают пар при одновременном выпуске воздуха через кран до появления струи пара. После этого кран закрывают и доводят давление пара до 0,2 МПа. Когда в шпарителе достигнута нужная температура (105...110 °С), пускают в движение мешалку 3.

Собственно шпарка продолжается 15...25 мин в зависимости от вида сырья, его зрелости и размеров, а также от вида изготавливаемых консервов. По окончании шпарки закрывают вентили, через которые поступает пар, открывают задвижку 8 и выгружают массу в протирочную машину.

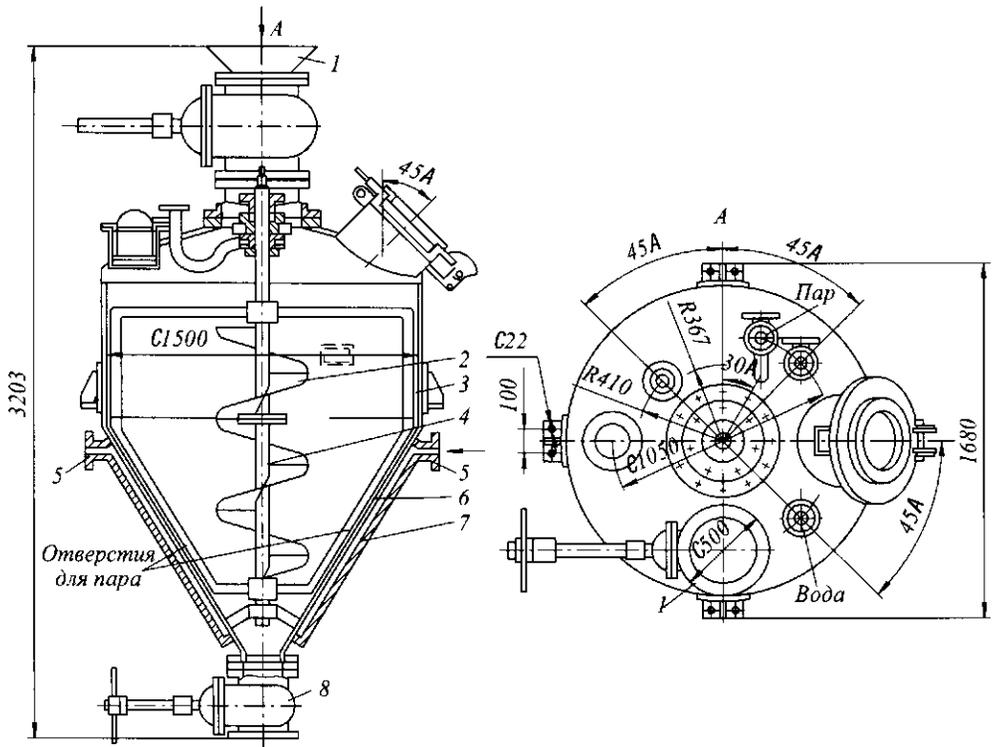


Рис. 16.33 Закрытый ошпариватель

Шнековый ошпариватель (рис. 16.34) применяется для разваривания косточковых (вишня, абрикосы) и семечковых (яблоки) плодов. Достоинством ошпаривателя является непрерывность процесса, поэтому за сравнительно короткий отрезок времени (4...5 мин) плоды хорошо размягчаются. Однако при этом весь конденсат в аппарате смешивается с продуктом и разжижает его.

Шнековый ошпариватель состоит из одного или двух металлических желобов, расположенных один над другим и закрытых сверху герметическими крышками. В каждый желоб помещен шнек с полым валом, в котором имеются отверстия диаметром 5 мм. Продукт, подлежащий шпарке, загружают в бункер 1. Далее вращающийся шнек 2 перемещает его к противоположному концу желоба, откуда он по соединительному рукаву 3 попадает в нижний желоб и перемещается к выгрузочному лотку 4. Пар в полые валы подается по паропроводу 5.

Техническая характеристика шнекового ошпаривателя

Производительность, кг/с	0,28
Диаметр шнека, мм	385
Шаг шнека, мм	335
Частота вращения шнека, мин ⁻¹	1,44
Мощность электродвигателя, кВт	3
Габаритные размеры, мм	2500×485×1630
Масса, кг	750

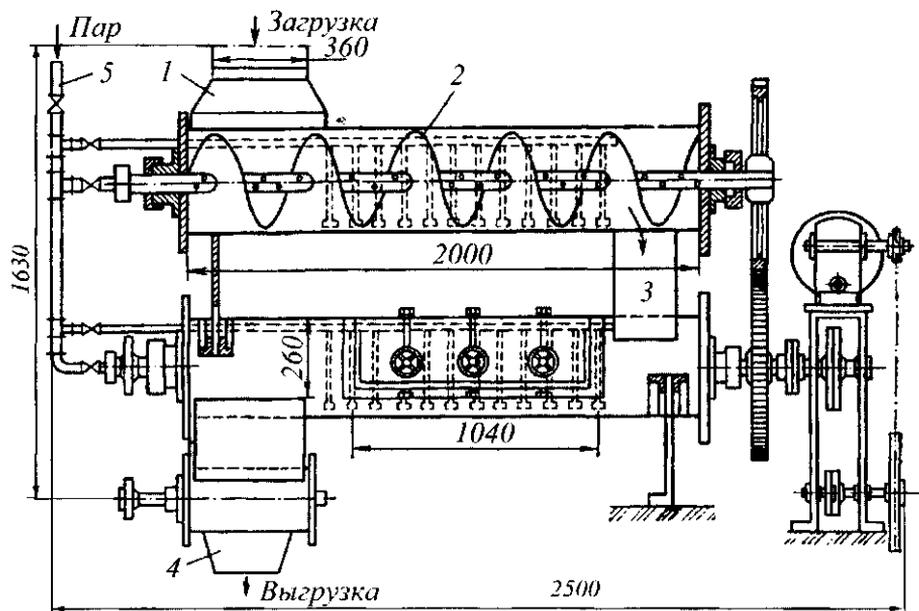


Рис. 16.34 Шнековый ошпариватель

Ленточный ошпариватель БКП-200 (рис. 16.35) предназначен для тепловой обработки паром нарезанных овощей.

Наклонно установленная лента 1 из проволочной сетки движется внутри металлического корпуса 3. Над лентой, в начале ее и в конце, установлены душевые устройства 2 и 5: первое – для ополаскивания продукта, второе – для охлаждения продукта после пропаривания. Между рабочей и холостой частями ленты расположены трубы 4, барботирующие пар. В барботеры поступает пар давлением до 0,3 МПа. Шнек 6 подает продукт на ленту ошпаривателя, который, перемещаясь вместе с ней, вначале ополаскивается, затем шпарится и после охлаждения выгружается.

Техническая характеристика ленточного ошпаривателя БКП-200

Производительность, кг/ч	200
Ширина и толщина слоя, мм	1250×30
Мощность электродвигателя, кВт	1
Габаритные размеры, мм	2950×1500×820
Масса, кг	655

Ковшовые ленточные бланширователи типа БК (рис. 16.36) применяются для бланширования в паре и воде зеленого горошка, капусты, шпината, моркови, картофеля. При этом плоды полностью сохраняют свою целостность. Бланширователь состоит из ванны 1 и ленточного конвейера, образованного из двух цепей, к которым шарнирно прикреплены ковши 2. Для подвода пара над лентой и под ней установлены барботеры 3.

Бланшировочный туннель состоит из отдельных скрепленных между собой секций коробчатого сечения. Вдоль боковых стенок внутри туннеля имеются направляющие, по которым катятся ролики ковшового транспортера. Нижняя часть туннеля представляет собой ванну, которая заполняется водой при водяном бланшировании.

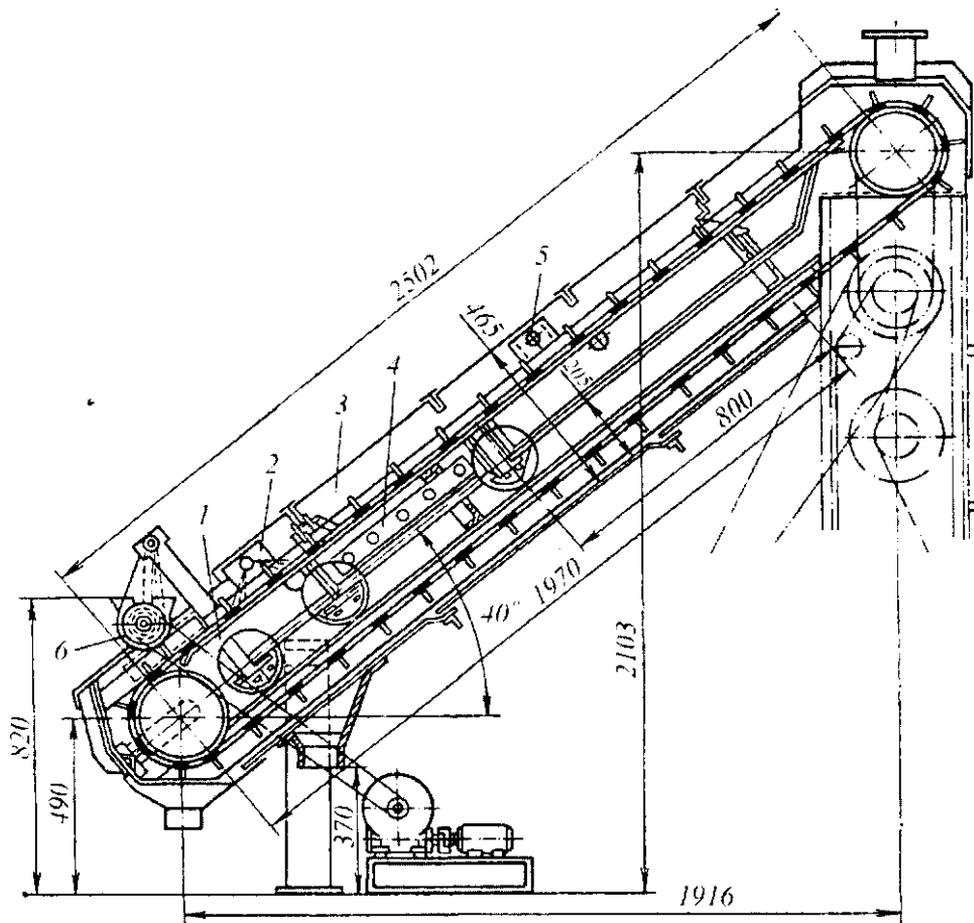


Рис. 16.35 Ленточный ошпариватель

Ковшовый конвейер состоит из ковшей, соединенных между собой осями, приводной и натяжной станций. Ковши изготовлены из перфорированной нержавеющей стали. Боковые стенки ковшей с приваренными бобышками являются несущими элементами цепей.

Паропровод представляет собой систему труб, через которые в бланшировочный туннель поступает пар. Поступление пара в бланшировочный туннель регулируется автоматическим клапаном.

Водопровод представляет собой систему труб, предназначенных для наполнения и ополаскивания бланшировочного туннеля, охлаждения пробланшированного продукта, ополаскивания ковшей и создания водяных завес, отделяющих паровое пространство бланшировочного туннеля от внешней среды.

Вода проводится в водяной коллектор, установленный в средней части машины, и по отдельным трубам разводится в различные места машины.

Перед началом работы машина настраивается на нужный технологический режим. Бланшировочный туннель наполняется водой до уровня переливных бортов, после чего подается пар для нагрева воды и парового пространства. При достижении заданной температуры в бланшировочном туннеле включают конвейер, подают в

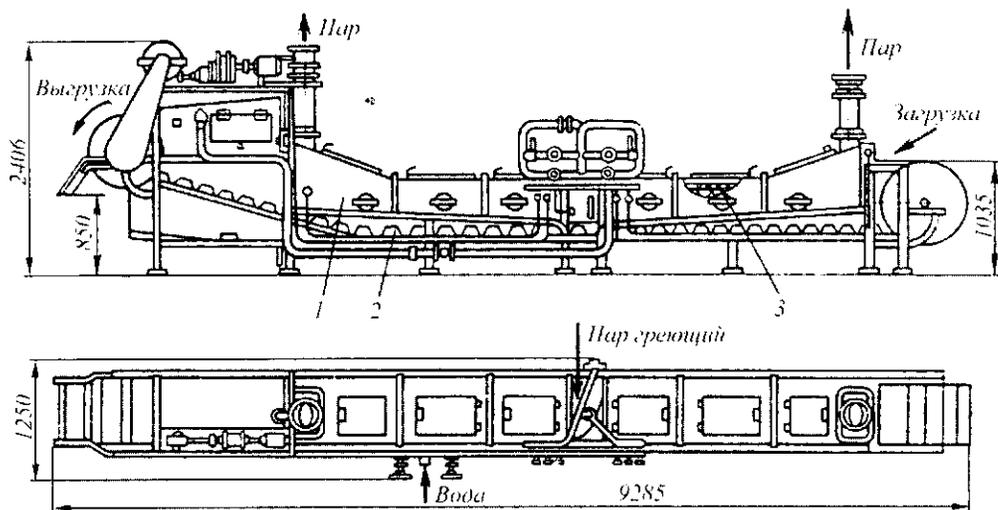


Рис. 16.36 Бланширователь ковшовый БК

ковши продукт, открывают краны душевых устройств и краны подачи воды к охлаждающему устройству. При бланшировании пар подается через барботеры в камеру с продуктом, при этом продукт непосредственно соприкасается с паром.

Техническая характеристика бланширователя БК

Производительность, кг/ч	500...800
Температура бланширования, °С	95...100
Расход воды, кг/ч	200
Расход пара при давлении 0,2...0,3 МПа, кг/ч	290
Мощность электродвигателя, кВт	2,2
Габаритные размеры, мм	9285×1250×2406
Масса, кг	2375

Баранные бланширователи (рис. 16.37) содержат установленный на корпусе 7 вращающийся барабан 3, который опирается на ролики 6 стальными кольцами 2. Барабан 3 изготовлен из листовой стали с отверстиями по поверхности (диаметр отверстий 3...4 мм).

При вращении барабана продукт с помощью спирали 4 перемещается в горячей воде от места загрузки в загрузочный бункер 1 к месту выгрузки. Продолжительность бланширования регулируется частотой вращения барабана. В месте выгрузки продукта спираль заканчивается лопастями, захватывающими продукт и выбрасывающими его в разгрузочный желоб 5.

При частоте вращения барабана $3,5 \text{ мин}^{-1}$, производительность бланширователя, например по зеленому горошку, составляет $0,7...0,84 \text{ кг/с}$ при потребной мощности 1,5 кВт.

Недостатками бланширователя являются: отсутствие устройств, автоматически регулирующих и поддерживающих требуемую температуру воды; неудобство очистки отверстий в барабане; механические повреждения продукта при выгрузке из барабана, увеличивающие потери, особенно когда толщина слоя продукта в барабане увеличивается.

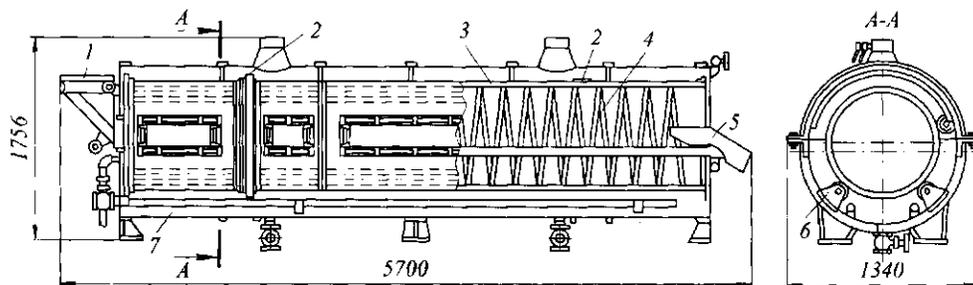


Рис. 16.37 Барабанный бланширователь

Барабанный бланширователь имеет разъемный барабан, укрепленный на горизонтальном валу. Верхний кожух аппарата при необходимости чистки барабана поднимается с помощью исполнительного механизма. Бланширователь снабжен терморегулятором, поддерживающим заданную температуру воды. Вариатор частоты вращения барабана позволяет менять время бланширования с 1,5 до 12 мин (90...720 с).

Инженерные расчеты. Тепловой расчет ошпаривателей и бланширователей сводится к определению расхода пара, расхода охлаждающей воды и площади поверхности нагрева.

Расход пара E (кг/с) определяется зависимостью

$$E = \Phi_{\text{общ}} / (i - i_k),$$

где $\Phi_{\text{общ}}$ – общий расход теплоты, кВт; i и i_k – удельная энтальпия греющего пара и конденсата, кДж/кг.

Общий расход теплоты $\Phi_{\text{общ}}$ (кВт) при водяной тепловой обработке за счет нагрева воды барботированием пара

$$\Phi_{\text{общ}} = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5,$$

где Φ_1 – расход теплоты на нагрев продукта, кВт; Φ_2 – расход теплоты на испарение влаги с поверхности зеркала воды, кВт (в закрытых бланширователях этот расход теплоты не учитывается); Φ_3 – расход теплоты на подогрев доливаемой в ванну бланширователя воды, кВт; Φ_4 – расход теплоты на нагревание транспортирующего органа, кВт; Φ_5 – потери теплоты в окружающую среду, кВт.

Расход теплоты Φ_1 (кВт) на нагревание продукта

$$\Phi_1 = Pc(T_2 - T_1),$$

где P – производительность бланширователя, кг/с; c – теплоемкость продукта, кДж/(кг·К); T_1 и T_2 – средняя начальная и конечная температура продукта, К.

Расход теплоты Φ_2 (кВт) на испарение влаги с поверхности зеркала воды

$$\Phi_2 = F_u k_u (P_1 - \varphi P_2) r,$$

где F_u – площадь поверхности испарения воды, м²; k_u – коэффициент испарения, кг/(м²·с·Па), $k_u = 1,55 \cdot 10^{-7} (v \cdot \rho_a)^{0,8}$ (v – скорость воздуха, м/с; ρ_a – плотность воздуха, кг/м³); φ – относительная влажность воздуха; P_1 и P_2 – упругость паров воды при

температуре испарения и температуре воздуха, Па; r – теплота испарения, соответствующая температуре бланширования или шпарки, кДж/кг.

Расход теплоты Φ_3 (кВт) на подогрев доливаемой в ванну воды

$$\Phi_3 = m_w c_w (T_4 - T_3),$$

где m_w – масса доливаемой воды, кг/с; c_w – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К); T_3 и T_4 – начальная и конечная температура доливаемой воды, К.

Расход теплоты Φ_4 (кВт) на нагрев транспортирующего органа

$$\Phi_4 = m_l c_l (T_6 - T_5),$$

где m_l – масса ленты конвейера, кг; $m_l = m_0 v$ (m_0 – масса погонного метра ленты, кг; v – линейная скорость ленты, м/с); c_l – теплоемкость материала ленты, кДж/(кг·К); T_6 и T_5 – конечная и начальная средняя температура ленты, К.

Потери теплоты в окружающую среду Φ_5 (кВт)

$$\Phi_5 = F \alpha_0 (T_{cm} - T_e),$$

где F – площадь поверхности ванны, соприкасающейся с воздухом, м²; α_0 – суммарный коэффициент теплоотдачи конвекцией и излучением, кВт/(м²·К); T_{cm} – средняя температура стенки камеры, К; T_e – температура воздуха, К.

Общий расход теплоты $\Phi_{общ}$ (кВт) при ошпаривании и бланшировании в среде пара

$$\Phi_{общ} = \Phi_1' + \Phi_2' + \Phi_3' + \Phi_4',$$

где Φ_1' – расход теплоты на подогрев продукта, кВт; Φ_2' – расход теплоты на нагревание транспортирующего органа, кВт; Φ_3' – расход теплоты на компенсацию потерь от стенок аппарата, кВт; Φ_4' – потери теплоты в связи с утечкой пара из-за негерметичности аппарата, кВт. При наличии вытяжной трубы они составляют 50...100 % суммы первых трех статей затрат теплоты, без вытяжной трубы – 10...20 %.

Площадь поверхности нагрева F (м²) рассчитывается по формуле

$$F = \Phi_{общ} / (k \Delta T),$$

где k – коэффициент теплопередачи, кВт/(м²·К); ΔT – разность между температурой пара и греющей среды, К.

Расход охлаждающей воды Q_w (кг/с) равен

$$Q_w = Pc(T_2 - T_1) / [c_w(T_k - T_n)],$$

где c – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К); T_2 – температура продукта до охлаждения, К; T_1 – температура продукта после охлаждения, К; T_n , T_k – начальная и конечная температура охлаждающей воды, К.

Производительность периодически действующего закрытого ошпаривателя Π (кг/с)

$$\Pi = (V \varphi \rho) / \tau,$$

где V – полный объем аппарата, м^3 ; φ – коэффициент заполнения аппарата ($\varphi = 0,8$); ρ – насыпная плотность продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$; τ – продолжительность цикла работы аппарата, с (τ равна сумме продолжительностей загрузки, подогрева, шпарки, выгрузки и мойки).

Производительность шнекового ошпаривателя Π ($\text{кг}/\text{с}$) определяется зависимостью

$$\Pi = (\pi D^2 / 4) s \omega \varphi \rho (1 / 2\pi) = (D^2 / 8) s \omega \varphi \rho,$$

где D и s – диаметр и шаг шнека, м; ω – угловая скорость шнека, $\text{рад}/\text{с}$; φ – коэффициент заполнения желоба ($\varphi = 0,3 \dots 0,4$); ρ – плотность продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Продолжительность шпарки τ (с) равна

$$\tau = l / (s n \eta),$$

где l – длина шнека, м; n – частота вращения шнека, с^{-1} ; η – коэффициент, учитывающий скольжение и торможение продукта при движении ($\eta = 0,9$).

Производительность бланширователя в зависимости от условий работы может быть $0,14 \dots 2,24$ $\text{кг}/\text{с}$, в частности по шпинату $0,33$ $\text{кг}/\text{с}$, гороху $0,56$, моркови $0,32$ $\text{кг}/\text{с}$.

Производительность ковшевого бланширователя Π ($\text{кг}/\text{с}$)

$$\Pi = (v / a) g,$$

где v – скорость движения ковша, $\text{м}/\text{с}$; a – расстояние между центрами ковшей, м; g – масса продукта в одном ковше, кг.

Производительность барабанного бланширователя Π ($\text{кг}/\text{ч}$) по зеленому горошку рассчитывается по формуле

$$\Pi = 60 h \sqrt{R^2 - (R - h)^2} S n \rho \varphi,$$

где h – ширина полосы спирали, м; R – наружный радиус барабана, м; S – шаг спирали, м; n – частота вращения барабана, мин^{-1} ; ρ – плотность продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$; φ – коэффициент, учитывающий отклонения ($\varphi = 0,95$).



...противник, вскрывающий ваши ошибки,
полезнее для вас, чем друг, желающий их скрыть.
ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ (1452-1519).
итальянский живописец, скульптор, архитектор,
ученый и инженер

16.8 АВТОКЛАВЫ, ПАСТЕРИЗАТОРЫ И СТЕРИЛИЗАТОРЫ

Для обеспечения длительного хранения продуктов в герметичной потребительской таре необходимо осуществить пастеризацию или стерилизацию, в результате чего прекращается жизнедеятельность микроорганизмов.

Тепловая обработка продукции при температуре до 100 $^{\circ}\text{C}$ называется *пастеризацией* и осуществляется при атмосферном давлении. Тепловая обработка при температуре свыше 100 $^{\circ}\text{C}$ называется *стерилизацией*. Для того чтобы не было разгерметизации банок под действием развивающегося внутреннего давления, этот процесс проводится при избыточном давлении, которое создается водой, паром или паровоздушной смесью.

Температуру и продолжительность тепловой обработки устанавливают в зависимости от вида микроорганизмов и их спор, кислотности продукта, химического состава консервов, условий проникновения тепла и размера банки.

Уровень стерилизации U (мин/с) в аппаратах периодического действия условно выражается формулой

$$U = (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3) / t,$$

где τ_1 – продолжительность нагрева, мин; τ_2 – продолжительность стерилизации, мин; τ_3 – продолжительность охлаждения, мин; t – температура стерилизации, °С.

При прогреве консервов в течение времени A внутри банки увеличивается давление. Необходимое противодействие, которое следует создать, чтобы предупредить разрушающую деформацию, должно быть равно или больше давления в банке p_2 , уменьшенного на допустимую разницу давлений Δp_2 . Для жестяных банок допустимая разность давлений установлена экспериментально и не должна превышать: для банок диаметром 72,8 мм – 0,14 МПа; 83,4 мм – 0,11 МПа; 99 мм – 0,09 МПа и 153,1 мм – 0,04 МПа.

Давление внутри банки p_2 (кПа) определяется в виде

$$p_2 = p_n'' + (p_1 - p_n')(V_1 / V_2)(t_2 / t_1),$$

где p_n' и p_n'' – парциальное давление водяного пара при температуре укуповоривания и стерилизации, кПа; p_1 и p_2 – давление в банке во время ее укуповоривания и во время стерилизации, кПа; V_1 и V_2 – объем пространства в банке, не заполненного продуктом (объем воздуха), до и во время стерилизации, м³; t_1 и t_2 – температура продукта и воздуха (паров) в банке во время укуповоривания и стерилизации, °С.

Стерилизаторы периодического действия обычно называют автоклавами. Они бывают вертикальными и горизонтальными. Широкое применение на консервных заводах в нашей стране получили вертикальные автоклавы с неподвижной корзиной. Для интенсификации процесса прогрева и обеспечения равномерного проникновения теплоты к центру банки на отдельных заводах применяют горизонтальные автоклавы с вращающимися корзинами.

Автоклавы Б6-КАВ-2 и Б6-КАВ-4 (табл. 16.7) предназначены для стерилизации герметически укуповоренных банок с продуктом при температуре свыше 100 °С.

Автоклав Б6-КАВ-2 (рис. 16.38) состоит из корпуса 3, крышки 4, корзин 10, штуцера 9 для подключения регулятора, арматуры для соединения с магистралями пара, воды, воздуха и для спуска конденсата.

Сварной корпус автоклава состоит из цилиндрических обечаек толщиной 6 мм и днища толщиной 8 мм. На корпусе установлены манометр 8, термометр 7 и датчики регулятора. Внизу корпуса расположены паровой барботер 11 и сливной патрубок со стаканом.

Фланцы крышки и корпуса прижимаются один к другому с помощью быстродействующего зажима 2, состоящего из пятнадцати секторных захватов, укрепленных на кольце из пружинной полосовой стали, и рычажной системы для стягивания и разведения поясного зажима. На крышке имеются штуцера для предохранительного клапана 5 и пробно-спускного крана 6.

Крышка имеет уравновешивающее устройство 1, облегчающее открывание и закрывание ее.

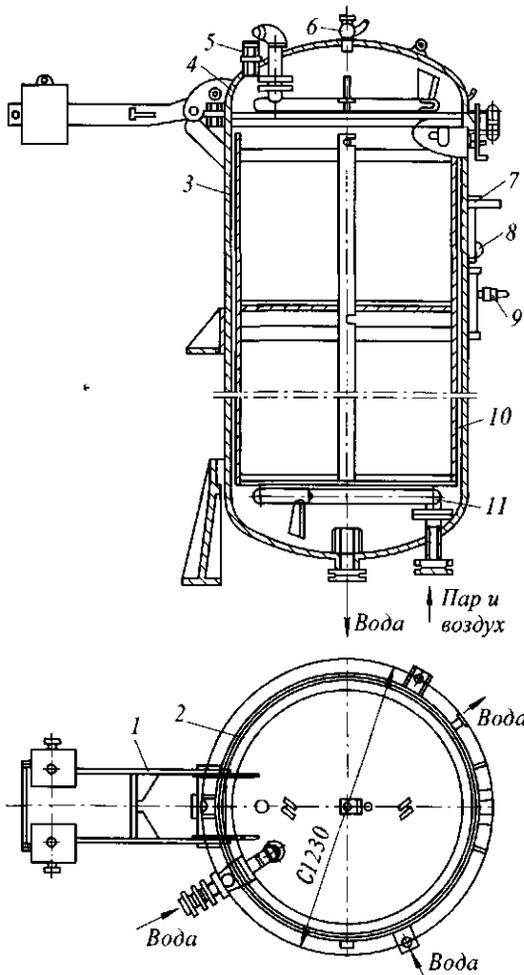


Рис. 16.38 Автоклав Б6-КАВ-2

Наполненные банками корзины устанавливаются в автоклаве одна на другую, после чего крышка закрывается. Сосуд заполняется водой, а через барботер подается пар. Воздушным компрессором создается и поддерживается в системе постоянное давление. По истечении времени, необходимого для стерилизации, пар и горячая вода постепенно вытесняются из аппарата поступающей холодной водой. После охлаждения корзины с банками выгружаются из аппарата.

В табл. 16.7 показана техническая характеристика автоклавов, предназначенных для стерилизации герметически упакованных банок с продуктом при температуре свыше $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Автоклав для вытопки свиного жира из мездры и жира из кости (рис. 16.39) имеет внутренний цилиндрический корпус 8 с эллиптическим днищем 13. К верхней кромке корпуса приварен плоский фланец. Корпус закрывается эллиптической крышкой 5, которая установлена на оси и уравновешена противовесом 2. Автоклав герметизируют резиновой прокладкой, уложенной в пазу фланца крышки, которая прижимается откидными болтами 7. Паровую рубашку образует наружный корпус 9 с эллиптическим днищем 14. Пар в рубашку подается через трубу, имеющую вентиль 16, предохранительный клапан 1 и манометр. Конденсат сливается через трубу 12.

Пар в рубашку подается через трубу, имеющую вентиль 16, предохранительный клапан 1 и манометр. Конденсат сливается через трубу 12.

Таблица 16.7. Техническая характеристика автоклавов

Показатель	Б6-КАВ-2	Б6-КАВ-4
Объем автоклава, л	1570	2750
Внутренний диаметр, мм	1000	1000
Рабочее избыточное давление в автоклаве, МПа	0,35	0,35
Число погружаемых корзин	2	4
Габариты, мм:		
ширина	1350	1350
длина	2200	2200
высота:		
с закрытой крышкой	2750	4200
с открытой крышкой	3350	5000
Масса, кг	2370	3534

Для отвода паров, образовавшихся при тепловой обработке продукта, а также для снятия давления внутри автоклава по окончании процесса служит патрубок с вентилем 4. Патрубок соединен с конденсатором смешения 3. Кость в котел загружают с помощью выемной корзины 6 вместимостью 0,4 м³. Жир сливается через шарнирно закрепленную трубу и патрубок 10, а шквара удаляется через центральную трубу 11 в днище.

Техническая характеристика автоклавов для вытопки жира показаны в табл. 16.8.

Пастеризаторы. Для пастеризации отдельных видов консервов используют ленточные или конвейерные аппараты, у которых транспортирующий механизм перемещает продукцию в банках или бутылках через тоннель, разделенный на три зоны: подогрева, пастеризации и охлаждения.

Пастеризация жидких продуктов (соков, пюре и т. п.) может осуществляться в специальных проточных пластинчатых или трубчатых установках, в которых продукт последовательно прокачивается через три секции: подогрева, пастеризации или стерилизации и охлаждения. Для пастеризации молока и молочных продуктов применяют емкостное оборудование периодического действия, установки на базе пластинчатых и трубчатых аппаратов и комбинированное оборудование. В емкостном оборудовании в качестве теплоносителя служат пар и горячая вода. В зависимости от конструкции оборудование бывает с электрическим нагревом теплоносителя и без него.

Пастеризационная установка А2-КПО (рис. 16.40) предназначена для непрерывной пастеризации и охлаждения с тепловым эксгаустированием томатного сока в трехлитровых банках в непрерывном потоке.

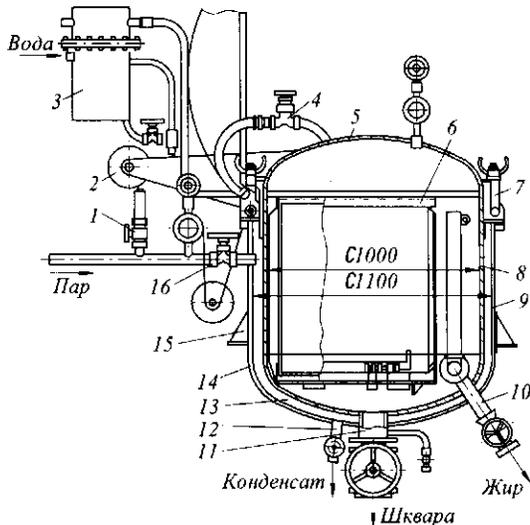


Рис. 16.39 Автоклав для вытопки жира

Таблица 16.8 Техническая характеристика автоклавов для вытопки жира

Показатель	К7-ФВ-2В	К7-ФА2-Ж
Производительность, кг/ч	300...400	100
Вместимость геометрическая, м ³	2,5	0,75
Число корзин	3	1
Давление рабочее в аппарате, МПа	0,5	0,3
Расход, кг/ч:		
воды	560	350
пара	100	40...50
Открытие (закрывание) крышки	Механическое	
Габаритные размеры, мм:		
котла	3260×2990×2785	—
автоклава	—	1803×1250×2255
Масса, кг:		
котла	1445	—
автоклава	—	703

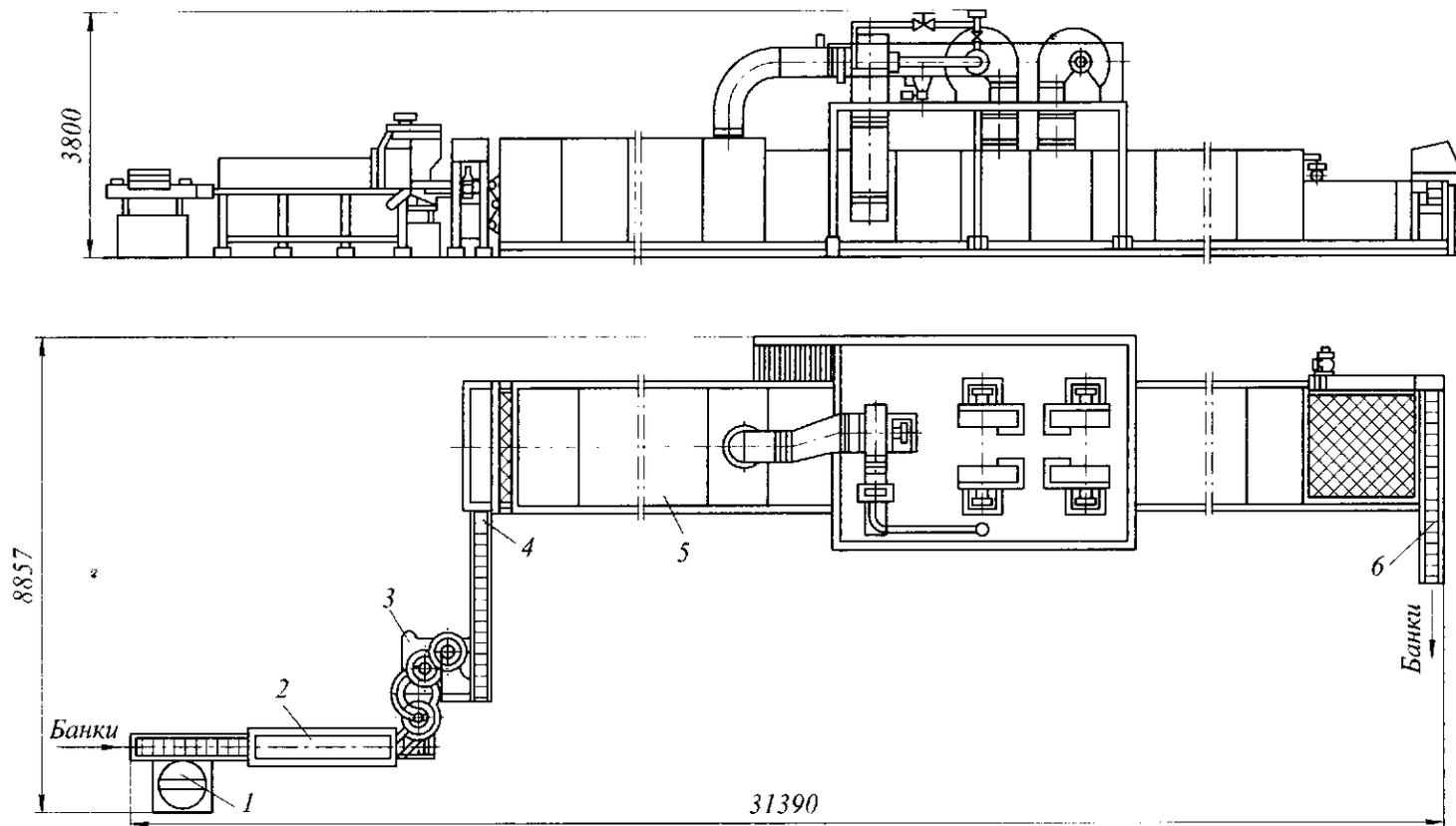


Рис. 16.40 Пастеризационная установка А2-КПО

Установка состоит из наполнителя 1 для трехлитровых банок, эксгаустера 2 (АГ-КПО/3), закаточной машины 3, подающего конвейера 4 (А2-КПО/2), пастеризатора-охладителя 5 (А2-КПО/1), выгрузочного конвейера 6.

Эксгаустер 2 предназначен для теплового эксгаустирования (прогрев паровоздушной смеси в незаполненном пространстве банки) сока с целью снижения давления в банке и ликвидации брака от срывания крышек. Он представляет собой камеру нагрева с пластинчатым конвейером, с каждой стороны которого находится по шесть ламп инфракрасного излучения типа КГ 220-1000-6У4. Подающий конвейер передает банки с соком от закаточной машины на транспортную сетку пастеризатора-охладителя. Над конвейером имеется толкатель, который перемещает ряд из 10 банок на транспортную ленту.

В камере пастеризации банки обдуваются снизу горячим воздухом.

Камера комбинированного охлаждения состоит из двух участков: охлаждение банок воздухом и охлаждение банок водой (душирование) при температуре 20...25 °С. Охлажденные банки переходят на выгрузочный транспортер, которым направляются на дальнейшую обработку.

Техническая характеристика установки А2-КПО

Производительность, л/ч (банок/мин).....	4500 (25)
Давление пара, МПа	0,3...0,5
Расход пара, кг/ч	178
Расход воздуха, м ³ /мин:	
в зоне нагрева.....	10 000
в зоне охлаждения	40 000
Расход воды, м ³ /ч.....	3
Продолжительность обдувания банок, мин:	
горячим воздухом.....	30
цеховым воздухом	20
Продолжительность эксгаустирования, мин	0,3
Установленная мощность, кВт:	
электродвигателей.....	36,5
ламп	10
Габаритные размеры, мм.....	26 150×6110×3806
Масса, кг.....	24 500

Трубчатая пастеризационная установка Т1-ОУН (рис. 16.41, а) предназначена для нагревания молока. В установке трубные панели изготовлены из нержавеющей стали. Они имеют выфрезерованные каналы, соединяющие торцы труб попарно. Входная и выходная трубы выведены из цилиндров наружу в виде патрубков со штуцерами. В торцах цилиндров установлены плотно привертнутые крышки с резиновыми уплотнениями, создающими герметичность и изолирующими каналы один от другого. Нагнетаемая насосом жидкость попадает в первую трубу 3, затем через угольник 4 в канал, перемешивается, переходит в следующую трубу, снова в канал и т.д., пока последовательно не пройдет по всем трубам 12, 14, 15 и 19. В паровых рубашках цилиндров на входе установлены перфорированные пластины-отражатели пара. Цилиндры смонтированы на подставке из труб. Для регулирования по высоте в нижней части подставки предусмотрены регулирующие винты. Регулирование

температуры пастеризации и ее автоматическое поддержание в заданных пределах осуществляются регулятором прямого действия 13 типа РТ. Для того чтобы не пропустить непастеризованный продукт на последующую обработку, на выходе из верхнего цилиндра пастеризатора предусмотрен перепускной клапан 11. Команда на автоматический перепуск подается с пульта управления 26 от манометрического термометра. На паропроводе перед входом пара в рубашки цилиндров пастеризатора установлены манометры 21 и 25, предохранительные клапаны 20 и паровые вентили 18. В паропроводе верхнего цилиндра смонтирован регулятор температуры. Вывод конденсата осуществляется конденсатоотводчиками 2 из каждого цилиндра в отделимости через трубы 5 и 6.

Молоко нагнетается из накопительной емкости с помощью двух электронасосов 1, последовательно соединенных молокопроводом 7...10 и 24 с цилиндрами пастеризатора 17, в нижний цилиндр пастеризатора. Там оно подогревается до 50...60 °С, переходит в верхний цилиндр, где пастеризуется при температуре 80...90 °С. Цилиндры 17 обогрываются паром. При нарушении технологического режима чувствительный элемент дистанционного манометрического термометра, который погружен в поток горячего молока, выходящего из пастеризатора, подает сигналы через пульт на пропускной клапан. Он срабатывает и направляет молоко на вторичную пастеризацию. В процессе пастеризации давление в молокопроводе контролируется манометром с мембранным разделителем. Давление пара на входе в паровые рубашки обоих цилиндров измеряется манометрами для пара, установленными с помощью патрубков 16, фланца 22 и тройника 23. Температура пастеризованного молока на выходе из аппарата регистрируется манометрическим термометром ТКП-160 Сг. Подача пара в зависимости от изменения температуры молока автоматически регулируется прибором РТ.

Инжекционный стерилизатор применяют для асептического консервирования, при котором продукт подвергается кратковременной стерилизации при высоких (до 140 °С) температурах. Затем он быстро охлаждается и фасуется в асептических условиях.

Стерилизацию проводят в пластинчатых или трубчатых теплообменниках, а также в пароконтактных стерилизаторах. В этих аппаратах продукт смешивается с инжектируемым паром высокого давления и затем его охлаждают в вакуум-камере. Преимуществами таких стерилизаторов являются отсутствие пригорания продукта, значительное сокращение продолжительности нагрева по сравнению с пластинчатыми теплообменниками. Охлаждение продукта в вакуум-камере происходит почти мгновенно.

Принципиальная схема инжекционного стерилизатора показана на рис. 16.41, б. Продукт насосом 1 нагнетается в инжекционную головку 2, в которой он смешивается с острым паром, проходящим через отверстие 3. Благодаря интенсивному перемешиванию мешалкой, установленной на валу 4, продукт равномерно нагревается до температуры, соответствующей давлению пара. При этой температуре продукт находится в трубке 5 необходимое для стерилизации время.

После вторичного перемешивания мешалкой 6 продукт поступает в вакуум-камеру 9 через обратный клапан 7. За счет резкого сброса давления происходит самоиспарение воды из продукта и охлаждение его до 35...37 °С. Образовавшиеся в вакуум-камере 9 вторичные пары по трубе 8 направляются в конденсатор, соединенный с вакуум-насосом.

Продукт по барометрической трубке 10 перемещается к продуктовому насосу 11 и нагнетается им в наполнитель или асептическую емкость.

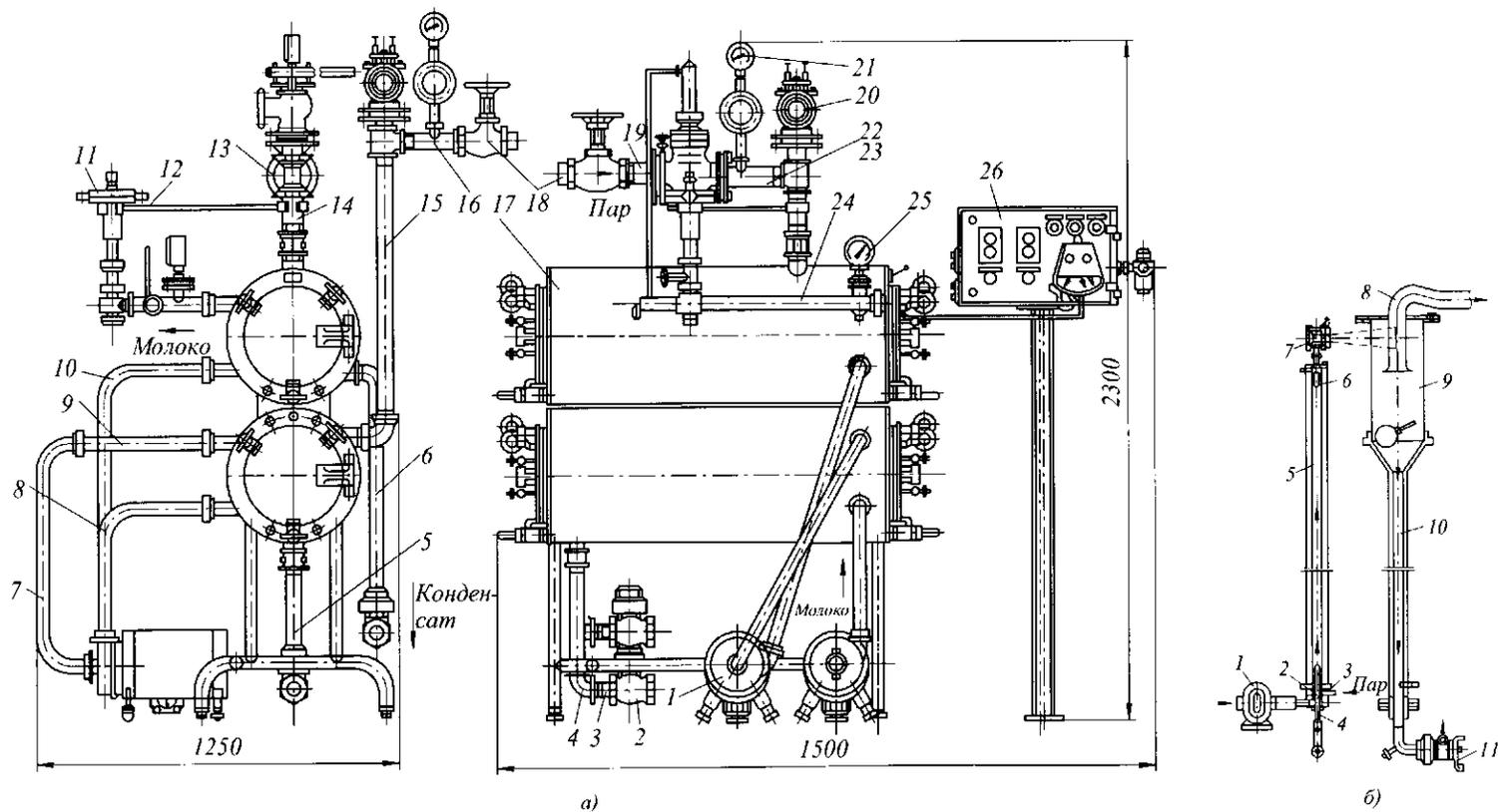


Рис. 16.43 Трубчатая пастеризационная установка Т1-ОУН

Таблица 16.9 Техническая характеристика трубчатых пастеризаторов

Показатель	T1-ОУН	A1-ОТЛ	T1-ОУТ	A1-ОТЛ-10
Производительность, л/ч	5 000	5 000	10 000	10 500
Температура, °С:				
молока начальная	10	10	10	10
пастеризации	80...90	80...90	80...90	80...90
Давление пара перед приборами регулирования, МПа	0,3...0,4	0,3...0,4	0,3...0,4	0,3...0,4
Расход пара, кг/ч	700	640	1500	1300
Поверхность теплопередачи, м ²	4,5	4,4	9	9
Максимально допустимый напор молока на входе из трубчатого аппарата при номинальной производительности, м вод. ст.	12...14	14	8	8
Установленная мощность, кВт	3	1,5	4	1,5
Габаритные размеры, мм	1500×1300× ×2150	1500×1400× ×2150	1500×1250× ×2300	1500×1400× ×2300
Масса, кг	400	450	670	640

Температура стерилизации регулируется давлением и количеством острого пара, подаваемого в инъекционную головку.

Техническая характеристика трубчатых пастеризаторов представлена в табл. 16.9.

Установка А1-ОТЛ-5 отличается от вышеописанных тем, что на теплопередающих трубах создает шероховатость (накатку). Это снижает гидравлическое сопротивление, увеличивает теплопередачу, уменьшает образование молочного камня и пригара белка. Кроме того, для удобства обслуживания и повышения надежности работы системы автоматизации установка А1-ОТЛ-5 комплектуется уравнильным приемным баком с поплавковым регулятором уровня.

Особенностью конструкции установки А1-ОТЛ-10 является наличие регенератора, выполненного по типу теплообменника «труба в трубе». Он служит для частичного подогрева исходного молока и вывода конденсата. Нагреваемый продукт подается по внутренней трубке, конденсат течет противотоком в кольцевом зазоре теплообменника. Кроме того, трубчатый теплообменный аппарат представляет собой три рабочих цилиндра, смонтированные на подставке с уклоном относительно уровня пола.

Емкость универсальная Т2-ОТ2-А (рис. 16.42, а) предназначена для тепловой обработки молока и сливок при выработке топленого молока, ряженки, сметаны, кефира, смеси мороженого и других молочных продуктов. Она представляет собой трехстенный цилиндрический вертикальный сосуд на опорах и состоит из внутренней нержавеющей ванны 1, заключенной в корпус 2 и наружную обшивку 3. Под внутренней ванной размещена парораспределительная головка 4, к которой через трубопровод подводится пар. Патрубок для слива воды из межстенного пространства выведен вниз. К нему присоединены вентиль и трубопровод подачи холодной воды. Переливная труба служит для поддержания постоянного уровня воды в межстенном пространстве. Она присоединена к канализации с помощью воронки.

Через кран диаметром 50 мм готовый продукт сливают. Термометр служит для контроля температуры продукта. Крышка емкости состоит из двух половин, одну из которых можно поднимать и опускать вручную. Вторая половина крышки прикреплена к корпусу ванны тремя болтами. Емкость установлена на трех расположенных по окружности опорах и крепится фундаментными болтами.

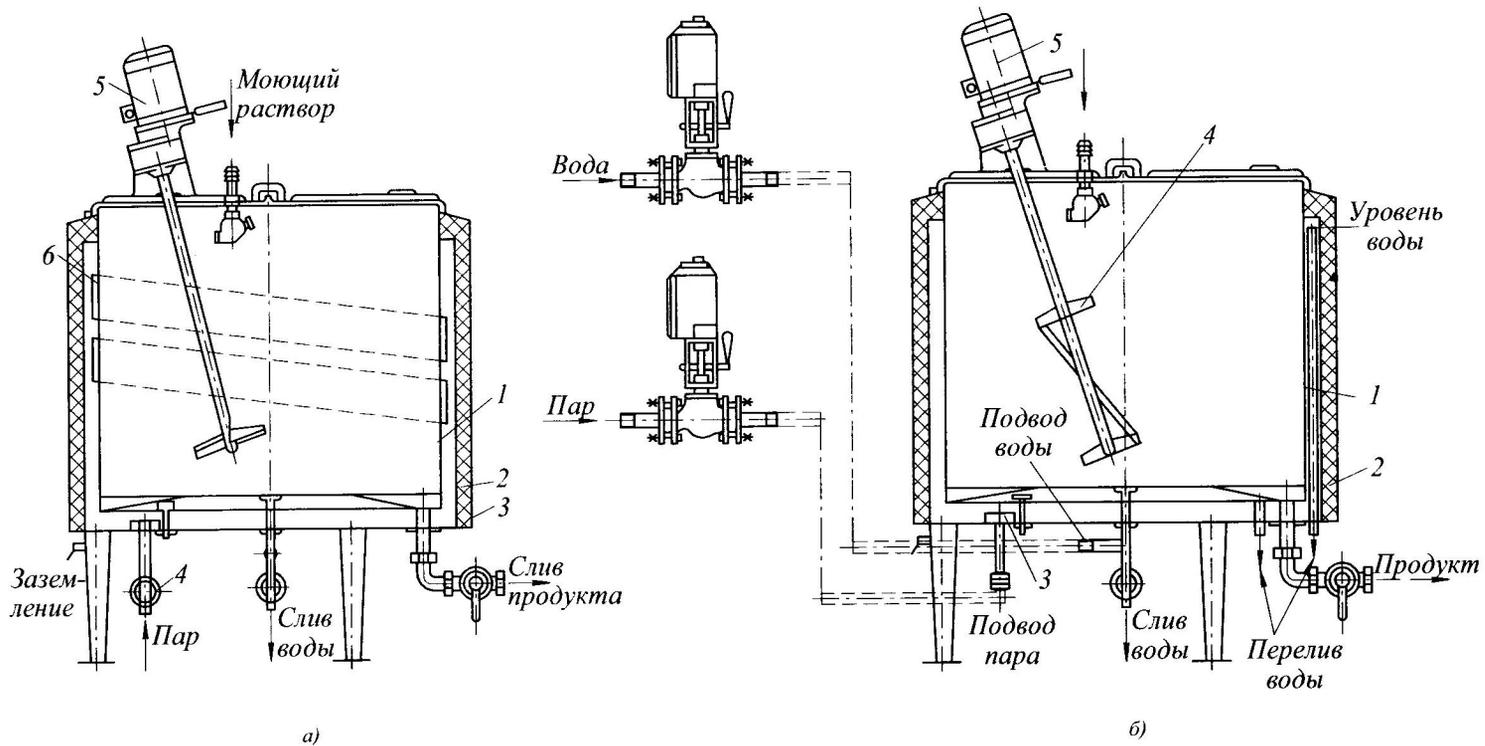


Рис. 16.42 Емкостное оборудование для тепловой обработки

Продукт нагревается пароводяной смесью. Для улучшения теплообмена продукт перемешивается мешалкой 5, вращающейся от привода. Для охлаждения продукта межстенное пространство заполняют ледяной водой.

Кроме того, в верхней части внутренней ванны приварен по спирали змеевик 6, служащий для охлаждения продукта рассолом температурой от -6 до -10 °С при давлении не более 0,1 МПа.

Пастеризационная ванна Г6-ОПА-600 (Г6-ОПБ-1000) состоит из внутренней ванны 1, двух электромагнитных вентиляй и шкафа управления (рис. 16.42, б).

Под внутренней нержавеющей ванной, заключенной в двустенный наружный корпус 2, размещена парораспределительная головка 3, к которой через трубопровод поступает пар. Для слива воды из межстенного пространства в наружном днище предусмотрен патрубок с вентилем. Переливные трубы служат для поддержания уровня воды в межстенном пространстве. Крышка ванны состоит из двух половин, одну из которых легко поднимать и опускать вручную. При подъеме половины крышки через конечный выключатель отключается привод мешалки. Вторая половина крышки прикреплена к корпусу ванны тремя болтами. Ванна установлена на трех опорах под углом 120° и прикреплена к фундаменту с помощью анкерных болтов.

Ванна заполняется продуктом до уровня сигнализатора. Продукт перемешивается мешалкой 4, вращающейся от привода 5. Готовый продукт сливают через молочный кран. Температура продукта и воды в межстенном пространстве контролируется термометрами.

Нагрев продукта достигается за счет нагрева холодной воды в межстенном пространстве с помощью пара. Для улучшения теплообмена продукт перемешивается мешалкой. Для охлаждения продукта межстенное пространство ванны заполняют охлажденной водой. Поддержание постоянной температуры пастеризации и охлаждения, включение в работу мешалки выполняются автоматически или вручную. Аналогичные конструкции и принцип действия имеет пастеризационная ванна ВПУ-500.

В пастеризационных ваннах с электрическим нагревом встроены ТЭНы, управляемые терморегуляторами. Продолжительность нагрева контролирует реле времени. В остальном эти ванны практически не отличаются от описанных выше. Их техническая характеристика приведена в табл. 16.10.

Таблица 16.10 Техническая характеристика емкостного пастеризационного оборудования

Показатель	ВДП-300	В1-ВД2-П	Г2-ОГ2-А	Г6-ОПА-600
Рабочая вместимость, м ³	0,3	0,35	1	0,6
Частота вращения мешалки, с ⁻¹	2,6...2,7	3	3	3
Поверхность теплообмена, м ²	2	2,3	5	3,5
Установленная мощность, кВт	0,6	0,75	0,75	0,75
Габаритные размеры, мм	1288×925×	1300×1030×	1569×1520×	1520×1440×
Масса, кг	×1370 165	×1900 187	×2045 520	×1690 485

Продолжение таблицы 16.10

Показатель	Г6-ОПА-1000	ВПУ-500	ВПЭ-300
Рабочая вместимость, м ³	1	0,5	0,3
Частота вращения мешалки, с ⁻¹	3	0,25	3
Поверхность теплообмена, м ²	5,1	2,5	2
Установленная мощность, кВт	0,75	0,75	19
Габаритные размеры, мм	1520×1440×2045	1615×1030×1220	1050×900×1800
Масса, кг	575	350	200

Электропастеризатор А1-ОПЭ-250 с инфракрасным нагревом (ИК) (рис. 16.43) предназначен для пастеризации молока и его обеззараживания от возбудителей туберкулеза. Этот аппарат используют на малых молочных фермах с поголовьем до 100 коров. Он состоит из бака-накопителя 11, насоса 10, пластинчатого регенератора-охладителя 3 со смотровым стеклом 4. Секции ИК-нагрева 2 представляют собой набор кварцевых трубок, последовательно соединенных металлическими переходниками. Внутри трубок циркулирует обрабатываемое молоко. На каждой трубке имеется электронагреватель (кварцевая трубка большого диаметра с обмоткой из нехромового провода). В комплект установки входит трехходовой клапан 1, вентиль 5, трехходовые краны 8 и затвор 9. В правой верхней части размещен пульт управления 6. Электропастеризатор смонтирован на раме 7. Режим работы аппарата ручной и полуавтоматический. Техническая характеристика электропастеризатора приведена ниже.

Техническая характеристика электропастеризатора А1-ОПЭ-250

Производительность, л/ч.....	250
Температура, °С:	
молока начальная.....	10...35
пастеризации.....	81±2
конечная молока при охлаждении ледяной водой.....	4...6
Продолжительность обработки в секции ИК-нагрева, с.....	2...4
Габаритные размеры, мм.....	1600×800×1500
Масса, кг.....	300

Технологический процесс состоит из следующих последовательных этапов: стерилизация гидросистемы, пастеризация молока, мойка гидросистемы растворами щелочи и кислоты с промежуточным ополаскиванием водой.

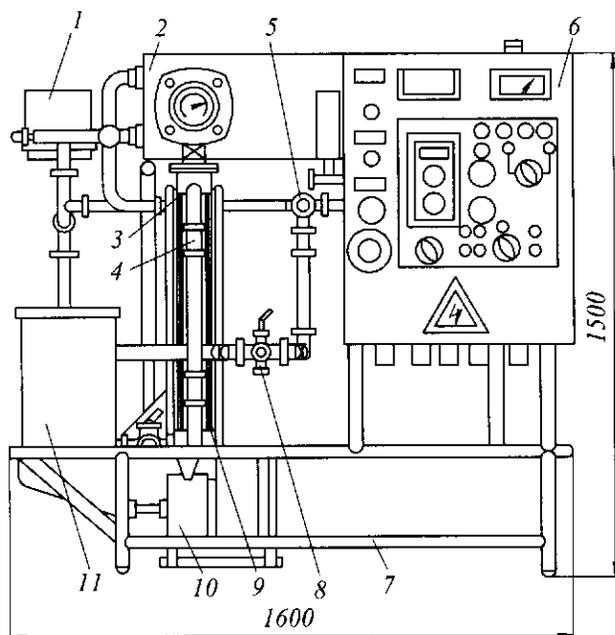


Рис. 16.43 Электропастеризатор А1-ОПЭ-250

Инженерные расчеты. Автоклавы и стерилизаторы рассчитывают на основе уравнения теплового баланса.

Производительность автоклава P_a (шт/мин) определяют по формуле

$$P_a = n_6 / \tau,$$

где n_6 – количество банок, загружаемых в автоклав, $n_6 = z_c z$; τ – продолжительность полного цикла работы автоклава, мин; z_c – число сеток в автоклаве, $z = 0,785 a d_c^2 / d_6^2$ – число банок в сетке; a – отношение высоты сетки к высоте банки (принимается ближайшее целое меньшее число); d_c – диаметр сетки, м; d_6 – диаметр банки, м.

$$\tau = \tau_0 + \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4,$$

где τ_0 – продолжительность загрузки автоклава, мин; τ_1 – продолжительность повышения температуры, мин; τ_2 – продолжительность собственно стерилизации, мин; τ_3 – продолжительность снижения давления и охлаждения продукта, мин; τ_4 – продолжительность разгрузки автоклавов, мин.

Тепловым расчетом автоклава определяют расход пара на стерилизацию и расход охлаждающей воды.

Уравнение теплового баланса автоклава имеет вид

$$Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6.$$

Количество теплоты на нагревание автоклава Q_1 (Дж) рассчитывают по формуле

$$Q_1 = m_1 c_1 (t_c - t_1),$$

где m_1 – масса автоклава, кг; c_1 – теплоемкость стали, Дж/(кг·°C); t_1 – начальная температура автоклава, °C; t_c – температура стерилизации, °C.

Количество теплоты на нагревание сеток Q_2 (Дж) определяют в виде

$$Q_2 = m_2 c_2 (t_c - t_2),$$

где m_2 – масса сеток, кг; c_2 – теплоемкость материала сетки, Дж/(кг·°C); t_2 – температура сетки, °C.

Количество теплоты на нагревание банок Q_3 (Дж) равно

$$Q_3 = m_3 c_3 (t_c - t_3),$$

где m_3 – масса банок, кг; c_3 – теплоемкость материала банок, Дж/(кг·°C); t_3 – начальная температура банок принимается равной температуре фасованного продукта, °C.

Количество теплоты на нагревание продукта Q_4 (Дж) составляет

$$Q_4 = m_4 c_4 (t_c - t_4),$$

где m_4 – масса продукта, кг; c_4 – теплоемкость продукта, Дж/(кг·°C); t_4 – температура продукта, °C.

Количество теплоты на нагревание воды в автоклаве Q_5 (Дж) равно

$$Q_5 = m_5 c_5 (t_c - t_5),$$

где m_5 – масса воды в автоклаве, кг; c_5 – теплоемкость воды, Дж/(кг·°C); t_5 – начальная температура воды в автоклаве, °C.

Потери количества теплоты в окружающую среду Q_6 (Дж) определяют как

$$Q_6 = F_a \tau_2 \alpha_0 (t_{cm} - t_s),$$

где F_a – площадь поверхности автоклава, m^2 ; τ_2 – продолжительность подогрева, с; α_0 – суммарный коэффициент теплоотдачи, $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$; t_{cm} – температура поверхности изоляции автоклава, $^\circ C$; t_s – температура воды, $^\circ C$.

Потребная масса пара D_1 (кг) в первый период работы автоклава

$$D_1 = Q_{общ} / (i_n - i_k),$$

где i_n и i_k – удельная энтальпия пара и конденсата, Дж/кг.

Во второй период работы автоклава (при постоянной температуре стерилизации) теплота Q_7 (Дж) расходуется на компенсацию потерь в окружающую среду путем конвекции и лучеиспускания:

$$Q_7 = F_a \tau_3 \alpha_0 (t'_{cm} - t_s),$$

где τ_3 – продолжительность стерилизации, с; t'_{cm} – температура стенки во второй период работы, $^\circ C$; t_s – температура воды, $^\circ C$.

Потребная масса пара D_2 (кг) во второй период работы автоклава

$$D_2 = Q_7 / (i_n - i_k).$$

Общая масса пара D (кг) равна

$$D = D_1 + D_2.$$

Потребную массу охлаждающей воды m_6 (кг) определяют по следующему выражению, полученному путем интегрирования дифференциального уравнения теплового баланса в этой стадии процесса:

$$m_6 = 2,303 [m_n (c_4 / c) \lg[(t_c - t_0) / (t_k - t_0)] + m_a (c_{np} / c) \lg[(t_c - t_0) / (t'_k - t_0)]] ,$$

где m_n – масса продукта, кг; m_a – масса автоклава, сеток, банок и воды в автоклаве, кг; c_4 – теплоемкость продукта, Дж/(кг· $^\circ C$); c_{np} – приведенная теплоемкость массы m_a , Дж/(кг· $^\circ C$)

$$c_{np} = (G_1 c_1 + G_2 c_2 + G_3 c_3 + G_4 c_4) / m_a ,$$

где t_0 – начальная температура охлаждающей воды, $^\circ C$; t'_k – конечная температура охлаждающей воды, $^\circ C$.

Производительность стерилизатора непрерывного действия P_c (банок/с) определяют по формуле

$$P_c = Z / \tau ,$$

где Z – число банок, одновременно находящихся в стерилизаторе; τ – продолжительность цикла стерилизации, с.

Для стерилизаторов с цепным транспортирующим органом производительность P_c равна

$$P_c = (v / a) z_k ,$$

где v – линейная скорость цепного конвейера, м/с; a – расстояния между центрами банкодержателей, м; z_k – число банок в одном банкодержателе.

Тепловой расчет стерилизатора непрерывного действия и определение общего расхода теплоты $\Phi_{\text{общ}}$ (Дж/с) в нем осуществляются по уравнению теплового баланса:

$$\Phi_{\text{общ}} = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5.$$

Расход теплоты на нагревание банок Φ_1 (Дж/с):

$$\Phi_1 = m_b c_b (t_{2b} - t_{1b}),$$

где m_b – масса банки, кг; c_b – теплоемкость материала банки, Дж/(кг·°C); t_{1b} и t_{2b} – начальная и конечная температуры банок, °C.

Расход теплоты на нагревание продукта Φ_2 (Дж/с):

$$\Phi_2 = P_c m_{np} c_{np} (t_{2np} - t_{1np}),$$

где m_{np} – масса продукта в банке, кг; c_{np} – теплоемкость продукта, Дж/(кг·°C); t_{1np} и t_{2np} – начальная и конечная температуры продукта, °C.

Расход теплоты на нагревание транспортных средств Φ_3 (Дж/с):

$$\Phi_3 = m_{mp} c_{mp} (t_{2mp} - t_{1mp}),$$

где m_{mp} – общая масса транспортных устройств, кг ($m_{mp} = m_0 v \tau$, где m_0 – масса одного погонного метра конвейера, кг/м; v – скорость конвейера, м/с; τ – продолжительность нагревания, с); c_{mp} – приведенная теплоемкость материала конвейера, Дж/(кг·°C); t_{1mp} и t_{2mp} – начальная и конечная температуры конвейера, °C.

Расход теплоты на нагрев доливаемой воды Φ_4 (Дж/с)

$$\Phi_4 = P_c m_w c_w (t_{2w} - t_{1w}),$$

где m_w – потребная масса воды на 1 банку, кг/шт; c_w – теплоемкость воды, Дж/(кг·°C); t_{1w} и t_{2w} – начальная и конечная температуры доливаемой воды, °C.

Расход теплоты на компенсацию потерь в окружающую среду Φ_5 (Дж/с)

$$\Phi_5 = F_c \tau \alpha_0 (t_{cm} - t_a),$$

где F_c – площадь поверхности стерилизатора, м²; τ – продолжительность процесса стерилизации, с; α_0 – суммарный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·K); t_{cm} и t_a – температуры стенки стерилизатора и воздуха, °C.

Расход пара E (кг/с) определяется по формуле

$$E = \Phi_{\text{общ}} / (i_n - i_k).$$



Ученый должен быть человеком, который стремится выслушать любое предположение.
ФАРАДЕЙ МАЙКЛ (1791-1861),
английский физик

16.9 ЭКСТРУДЕРЫ

Экструдер предназначен для получения полуфабрикатов или готовых изделий в результате комплексной механической и тепловой обработки рецептурных компонентов пищевой среды. Основными частями экструдера являются корпус 1, оснащенный загрузочной воронкой 3 и нагревательными элементами 4, рабочий орган 2

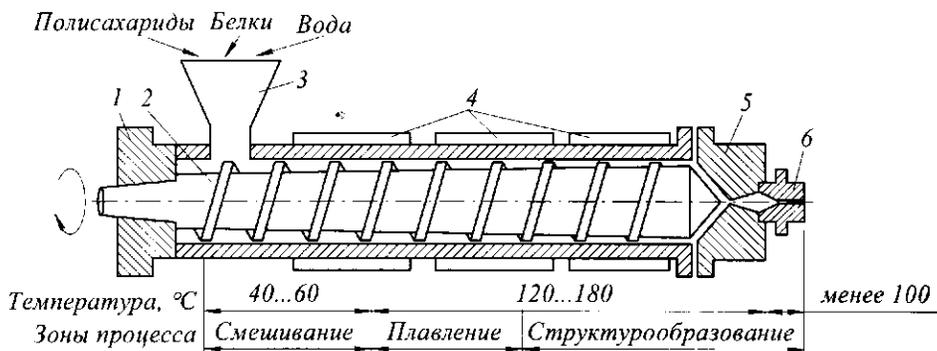


Рис. 16.44 Принципиальная схема экструдера

(один или два шнека), размещенный в корпусе, головка 5, фильера 6, привод и контрольно-измерительные и регулирующие устройства.

В экструдере реализуется комплексное воздействие на обрабатываемую пищевую среду давления, температуры, влажности и напряжения сдвига. Захватывая исходный продукт, шнек перемещает его от загрузочного устройства вдоль корпуса экструдера и проходит последовательно зоны смешивания, плавления и структурообразования. Давление в экструдере достигает 15...100 МПа.

В зависимости от конструкции фильеры можно получать экструдаты трех типов структур: пористой, волокнистой или однородной макроструктуры. Последние две получают, используя охлаждаемые (удлиненные) фильеры, в которых происходит постепенное охлаждение расплава биополимеров и понижение давления, что предотвращает «взрывное» испарение воды на выходе расплава биополимеров из фильеры. При получении экструдатов пористой макроструктуры, наоборот, используют короткие неохлаждаемые фильеры. При выходе расплава биополимеров через такую фильеру происходит резкий сброс давления, что приводит к «взрывному» испарению воды и образованию пористой макроструктуры.

Экструдер А1-КХП (рис. 16.45) предназначен для получения палочек из кукурузной крупы тепловой и механической обработкой.

Экструдер состоит из станины 1, бункера 7, корпуса подшипника 9, цилиндра 3, механизма резки 4, вариатора, щита управления с нагревателями. Машина имеет два индивидуальных привода: для шнека и механизма резки. На верхней плите сварной станины установлен электродвигатель 8 привода шнека, соединенный через муфту с быстроходным валом редуктора 10. Последний, в свою очередь, с помощью муфты соединяется с валом корпуса подшипника. В литом корпусе подшипника установлен вал, вращающийся в радиальных подшипниках качения. Для восприятия осевой нагрузки от формирующего шнека в корпусе установлен упорный шарикоподшипник.

К корпусу подшипника фланцем крепится сварной цилиндр с расположенным внутри него шнеком. С противоположной стороны цилиндр закрыт матрицей. Температура в рабочей зоне контролируется термопарами, введенными в зону через пробку 5. Для нагрева кукурузной массы в передней части цилиндра укреплен блок электронагревателей 6.

У переднего торца матрицы расположен механизм резки с вращающимися ножами, который приводится в движение от отдельного электродвигателя через бесступенчатый вариатор. Электродвигатель и вариатор находятся внутри станины.

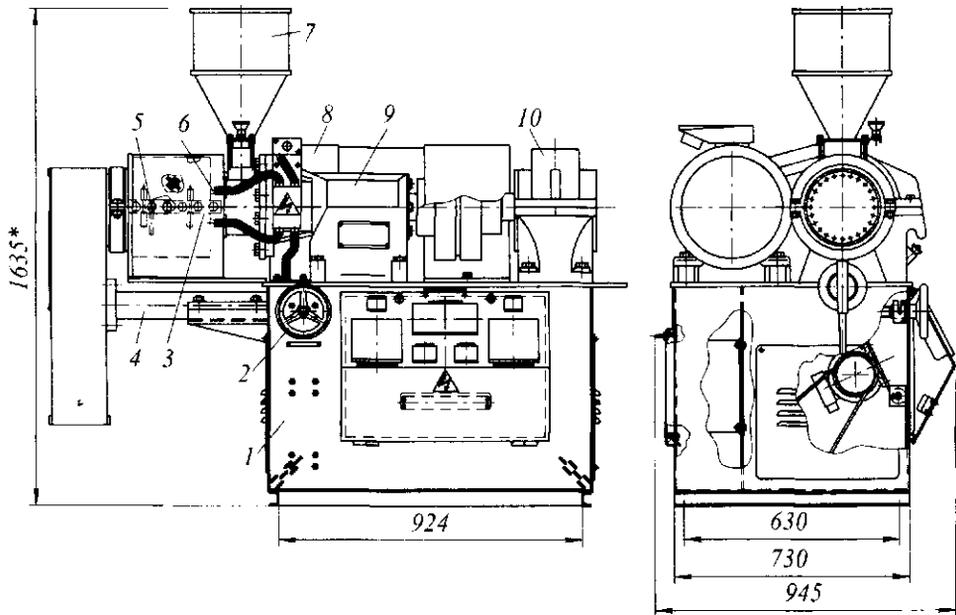


Рис. 16.45 Экструдер А1-КХП

Частота вращения вариатора регулируется рукояткой 2, установленной в непосредственной близости от панели управления. Для удобства обслуживания механизм резки отводится в сторону.

Над цилиндром установлен бункер для приема кукурузной крупы. Кукурузная крупа из бункера машины через регулируемую заслонку поступает в присмное отверстие цилиндра, где происходит прессование продукта и нагрев до температуры 145 °С.

В результате воздействия тепла, влаги и давления крупа превращается в пластическую массу, которая выдавливается шнеком через отверстия матрицы. При выходе из отверстий матрицы масса под действием пара, образующегося из перегретой влаги, вспучивается, образуя пористую хрустящую жилу. Механизм резки делит выходящие жилы на палочки, которые уносятся конвейером.

Порция крупы (1,5...2,0 кг при температуре в цилиндре 80...145 °С) готовится за 30...60 мин до пуска машины.

Режим нагрева цилиндра подбирается для каждой машины индивидуально в зависимости от сорта, помола, влажности крупы и степени износа.

Техническая характеристика экструдера А1-КХП приведена в табл. 16.11.

Экструдер Б8-КХ-3П (рис. 16.46) предназначен для производства палочек из кукурузной крупы посредством ее тепловой и механической обработки с последующей фасовкой на других автоматах.

Экструдер состоит из станины 1, формующего механизма 2, механизма 5 отрезки палочек по длине, ворошителя 3 кукурузной крупы, блока электронагревателей 4.

Формующий механизм состоит из охватываемого шнека с правой нарезкой, шнековой втулки с левой нарезкой, матрицы с двенадцатью отверстиями диаметром 3 мм, обоймы с четырьмя отрезными ножами, приводимой во вращение через цепную и клиноременную передачи от электродвигателя.

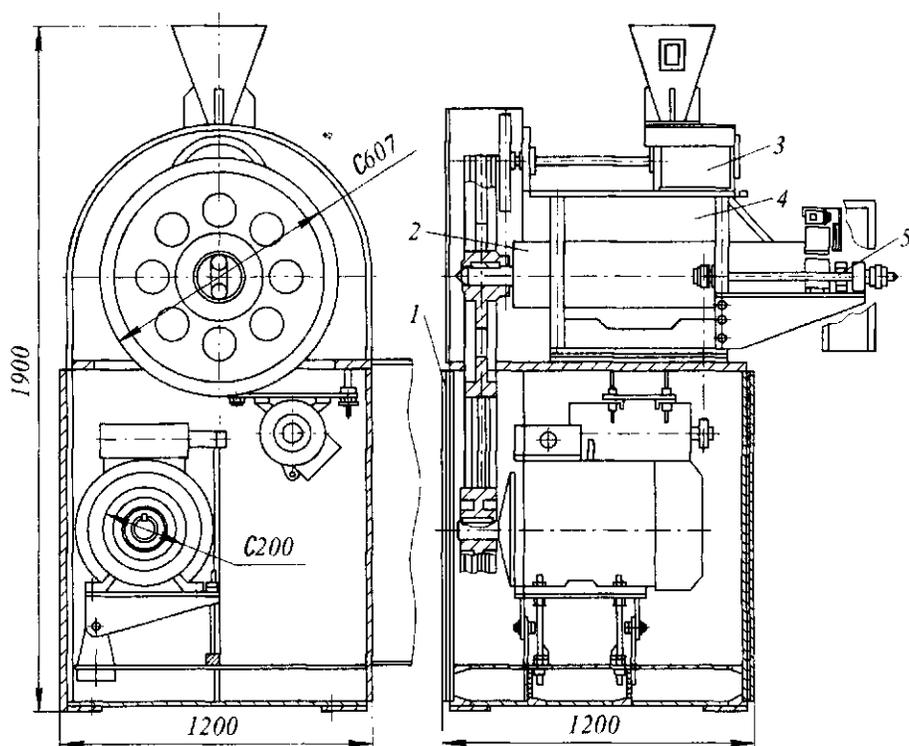


Рис. 16.46 Экструдер Б8-КХ-3П

Ворошитель представляет собой корпус, внутри которого вращается вал с лопастями, перемешивающий поступающую из бункера крупу.

Блок электронагревателей предназначен для нагрева рабочей зоны машины в период пуска и автоматического поддержания постоянной температуры от 160 до 180 °С. Во избежание перегрева машины в зоне загрузки предусматривается принудительное водяное циркуляционное охлаждение корпуса формующего механизма с подключением к сети водоснабжения.

Схемой машины предусмотрено ручное управление электродвидами шнека и ножа, а также ручное и автоматическое управление блоком нагревателей.

Перед пуском машины производится нагрев рабочей зоны формующего механизма в течение 30...35 мин до 160...180 °С с помощью блока электронагревателей. За 25...30 мин до пуска машины готовится первая порция крупы влажностью 20...21 %. Подготовленная крупа по специальному лотку вручную засыпается небольшим потоком в отверстие зоны загрузки при включенной машине. После выхода палочек из формующей матрицы открывается заслонка, и в машину поступает крупа влажностью 13...14 %.

Экструдер двухшнековый РЗ-КЭД-88 предназначен для производства фигурных крупяных изделий, сухих завтраков, а также может быть использован для получения пищевых концентратов быстрого приготовления.

Экструдер (рис. 16.47) состоит из привода, цилиндра 6 со шнеком, станины 7, дозатора, оборудования для дозированной подачи воды, двухшнекового пресса, нагревателя, гранулятора, транспортера, шкафа управления.

Двухшнековый пресс состоит из корпуса 1 с каналами для охлаждения водой, двух шлицевых валов с набором из шнековых элементов, сменных матриц с фильерами. Привод пресса осуществляется от электродвигателя 5 постоянного тока через редуктор и распределительную коробку 3 и обеспечивает вращение валов в одну сторону. Блокировка исключает работу экструдера при открытом корпусе и повышенном давлении.

Дозатор состоит из загрузочного бункера с ворошителем и двухшнекового регулируемого дозирующего устройства. Привод ворошителя осуществляется от электродвигателя 4 постоянного тока через редуктор и распределительную коробку, обеспечивающую вращение шнеков в одну сторону.

Бункер 2 дозатора снабжен смотровым окном для контроля наличия сырья, предохранительной решеткой и датчиком уровня с контактным выходом для использования в схеме управления устройством загрузки бункера.

Гранулятор имеет блокировку, исключающую работу ножа при открытом кожухе. Конструкция его обеспечивает быстрое снятие ножей, пристыковку лезвий в поверхности матрицы и точное регулирование положения ножа. Конструкция кожуха гранулятора предусматривает наблюдение за работой ножа и свободное испарение влаги.

Оборудование для дозированной подачи воды обуславливает непрерывную дозированную подачу питьевой воды с регулируемым расходом. Подвод воды к двухшнековому прессу производится через гидрозаръем.

На транспортере предусмотрена возможность регулирования угла его наклона. При работе экструдера обеспечивается дистанционное управление и регулирование частоты вращения электродвигателей пресса и ножа, температуры в зоне нагрева. Экструдеру придается аппаратура, контролирующая частоту вращения и нагрузку двигателя пресса, давление в корпусе пресса, температуру в зоне нагревания и охлаждения, а также время наработки.

Сыпучая зерновая смесь подается в зону загрузки. По мере продвижения шнековыми валами сырье подвергается интенсивному перемешиванию, измельчению и гидротермической обработке при повышенном давлении. При выходе из отверстий матрицы происходит резкий сброс давления, в результате чего продукт увеличивается в объеме. Вращающимся ножом гранулятора выходящий из отверстий матрицы продукт нарезается. Длину изделий можно изменять, регулируя частоту вращения ножа. Продукт направляют на дальнейшую технологическую обработку в зависимости от назначения.

Техническая характеристика экструдера РЗ-КЭД-88 приведена в табл. 16.11.

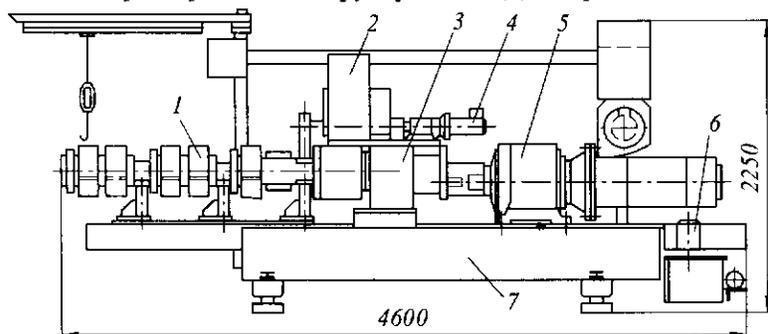


Рис. 16.47 Экструдер РЗ-КЭД-88

Таблица 16.11 Техническая характеристика экструдеров

Показатель	А1-КХП	Б8-КХ-3П	РЗ-КЭД-88
Производительность, кг/ч	75	90	100...200
Мощность, кВт:			
привода	21	18,5	60
электронагревателя	3,84	2,8	20
Число шнеков	1	1	2
Частота вращения шнеков, мин ⁻¹	71	79,3	270
Диаметр шнеков, мм	155	74	88
Максимальная температура в зоне нагрева, °С	145	160...180	300
Максимально допустимое давление экструзии, МПа	10	12	20
Габаритные размеры, мм	1750×890×1635	1200×1200×1900	4600×1150×2250
Масса, кг	1300	950	3500

Нагревание продукта в момент запуска происходит за счет теплопередачи, а в дальнейшем – за счет тепла, образующегося в результате трения между продуктом, шнеком и шнековой втулкой. Выпрессованная полужидкая масса за счет перепада давления при выходе из отверстия формирующей матрицы взрывается с диаметра 3 мм до диаметра 8...12 мм.

Инженерные расчеты. Расходно-напорная характеристика формирующей части (головки) P_ϕ (м³/с) определяется как

$$P_\phi = (k_\phi / \mu) \Delta p,$$

где k_ϕ – коэффициент геометрии формирующего органа (матрицы); μ – динамическая вязкость продукта, Па·с; Δp – перепад давления, создаваемый экструдером, Па.

Для кольцевого отверстия k_ϕ (м³) (рис. 16.48, а),

$$k_\phi = (\pi D + h) h^3 / 12 L_1,$$

где D – средний диаметр кольцевого отверстия, м ($D = 2R - h$); h – ширина кольцевого зазора, м ($h = R - r$; R, r – радиусы сечений отверстий в матрице, м); L_1 – длина канала в матрице, м.

Для конического отверстия, k_ϕ , (м³) (рис. 16.48, б),

$$k_\phi = 3\pi R^3 r^3 (R - r) / [8L_1 (R^3 - r^3)].$$

Для суживающегося или расширяющегося мелкого (шелевого) канала k_ϕ (м³)

$$k_\phi = (B h_1^2 h_2^2 \operatorname{tg} \gamma) / 3 (h_1^2 - h_2^2),$$

где B – ширина канала, м; γ – угол наклона стенки к осевой плоскости, град; h_1, h_2 – высота крайних сечений, м.

Для канала произвольного постоянного по длине сечения (рис. 16.49)

$$k_\phi = F / (2LP),$$

где F – площадь сечения, м²; L – длина канала, м; P – периметр сечения, м.

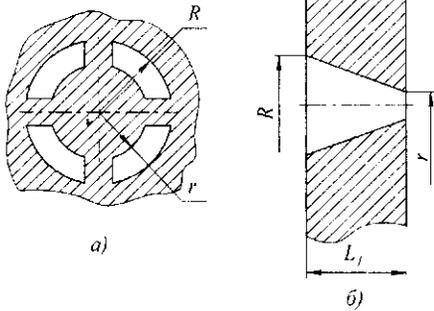


Рис. 16.48 Матрица с кольцевым (а) и коническим (б) отверстиями

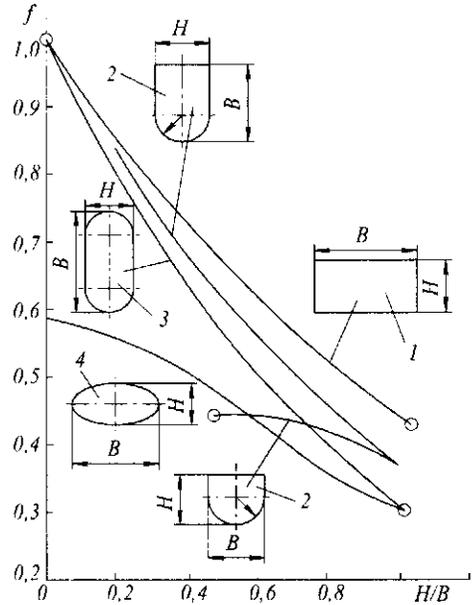


Рис. 16.49 Графики для определения характеристики потока f каналов различных поперечных сечений: 1 - прямоугольная; 2 - корытообразная; 3 - овальная; 4 - эллиптическая

$$k_{\phi} = BH^3 f / (12L),$$

где B и H – соответственно максимальный и минимальный размеры сечения, м; f – характеристика потока, зависящая от формы и размеров сечения; L – длина канала, м.

Скорость продукта вдоль винтового канала v_z (м/с)

$$v_z = \Delta p (R^2 - r^2) / (4\mu L_2),$$

где Δp – перепад давления, создаваемый экструдером, Па; R, r – радиусы сечений отверстий в матрице, м; μ – динамическая вязкость продукта, Па·с; L_2 – длина шнекового канала, м.

Расходно-напорная характеристика нагнетающей части Π_n (м³/с)

$$\Pi_n = (k_{n1} \omega - k_{n2} \Delta p / \mu),$$

где k_{n1} и k_{n2} – коэффициенты геометрии шнекового нагнетателя, м³; ω – угловая скорость вращения шнека, с⁻¹;

$$k_{n1} = \pi D_{\kappa} B H \cos \phi / 2,$$

где B – ширина шнекового канала, м; ϕ – угол подъема винтовой линии шнека, град.;

$$k_{n2} = BH^3 / (12L_2),$$

где L_2 – длина шнекового канала, м;

$$L_2 = \sqrt{S^2 + [\pi(D_k - H)]^2},$$

здесь S – шаг шнека, мм.

Перепад давления, создаваемый экструдером, Δp (Па) будет равен

$$\Delta p = k_{nl} \omega / (k_{nl} + k_{\phi}).$$

Производительность экструдера P_3 ($\text{м}^3/\text{с}$) определяется по формуле

$$P_3 = \omega k_{nl} \cdot k_{\phi} / (k_{nl} + k_{\phi}).$$



Лишены прозорливости не те люди, которые не достигают цели, а те, которые прошли мимо нее.
ЛАРОШФУКО ФРАНСУА де (1613 -1680).
французский писатель

16.10 ТЕХНИКА БУДУЩЕГО: НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Многоходовой регенеративный трубчатый теплообменник для тепловой обработки пищевых жидкостей (Пат. № 2110181 РФ, А23 С3/02) предназначен для реализации более эффективного процесса теплообмена, улучшения энергетических и массогабаритных характеристик установок, содержащих устройства для тепловой обработки жидких пищевых продуктов.

На рис. 16.50 изображен предлагаемый теплообменник, который цилиндрический корпус 1 со слоем теплоизоляции 2, имеющий патрубки 3 и 4 для вывода межтрубной среды, трубные доски 5, в которых закреплены теплообменные трубы 6 и 7, прокладки 8...10 из эластичного материала, трубные решетки 11 и 12, торцевые крышки 13, имеющие патрубки ввода 14 и вывода 15 охлаждаемой среды. На одной из труб 6 выполнен патрубок 16 ввода нагреваемой трубной среды, а на одной из труб 7 – патрубок 17 ее вывода. Эластичные прокладки 8 и 10 имеют выемки 18 и 19, соединяющие рядом расположенные трубы и служащие для перетока, соответственно, нагреваемой и охлаждаемой трубной среды. Эластичные прокладки 10 имеют также выемки 29, соединяющие рядом расположенные трубы и служащие для ввода или вывода охлаждаемой трубной среды соответственно через патрубки 15 и 14, расположенные на крышках 13, которые с помощью хомутов 20 прижимают к трубным доскам 5 эластичные прокладки 10, 9 и 8 и трубные решетки 11 и 12. С помощью конических выступов 21 и 22 в эластичных прокладках 8 и 9 обеспечивается уплотнение трубного потока, протекающего в трубах 6, 7 и трубе 23. Трубные решетки 11 и 12 имеют с одной стороны своей поверхности конические выемки 24 и 25, повторяющие по форме выступы 20 и 21 в прокладках 8 и 9, но имеющие несколько меньшую глубину, которые при прижиге торцевых крышек 13 к трубным доскам 5 обеспечивают надежную герметичность пространства, с другой стороны своей поверхности имеют выфрезерованные канавки 26 глубиной 1,0...1,5 мм, проходящие произвольным образом через все отверстия в трубных решетках 11 и 12. Создаваемые канавками 26 зазор позволяет контролировать герметичность уплотнений в трубных решетках 11 и 12 и, благодаря сообщению его с атмосферой, полностью исключает возможность контакта теплообменивающихся потоков нагреваемой и охлаждаемой трубной среды в результате случайной разгерметизации соеди-

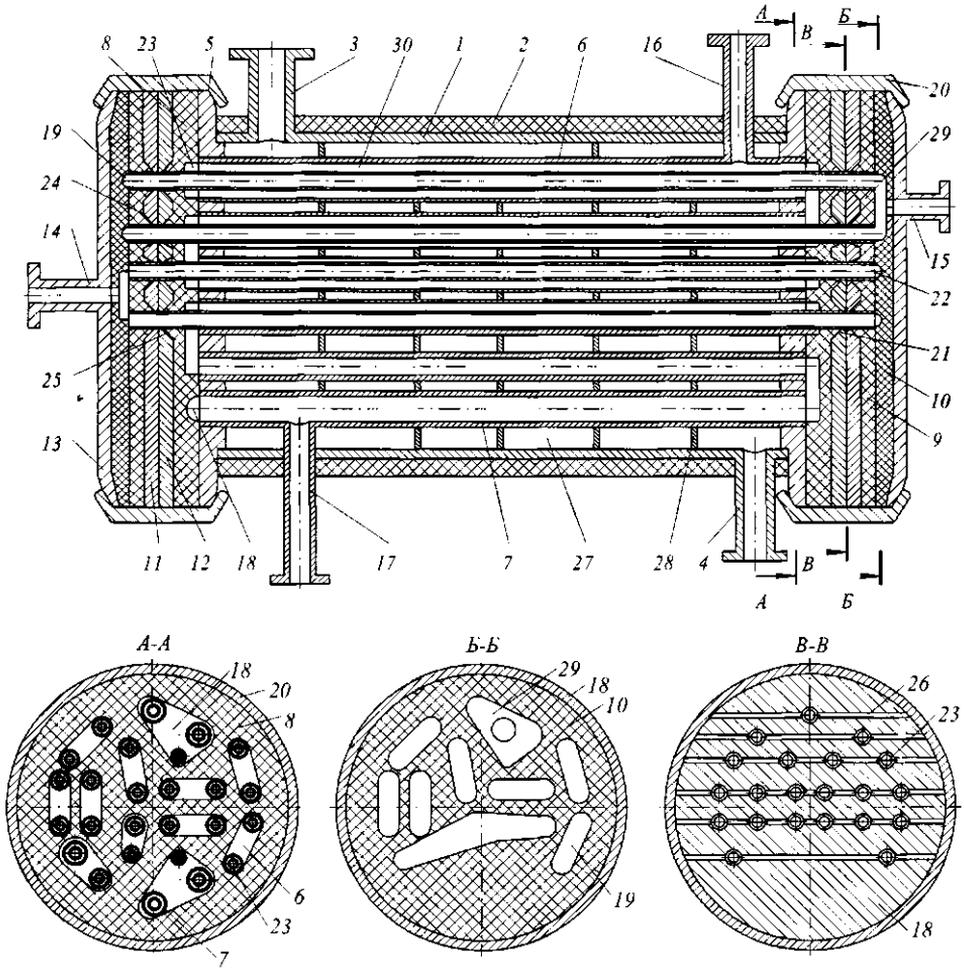


Рис. 16.50 Многоходовой регенеративный трубчатый теплообменник

нений в трубной решетке. Внутри цилиндрического корпуса *1* в межтрубном пространстве *27* размещены перегородки *28*, в которых выполнены в виде сегментов окна, равные по площади проходному сечению патрубков *3*, через который подается межтрубный теплоноситель. Перегородки *28* с окнами располагаются в межтрубном пространстве *27* таким образом, чтобы обеспечить зигзагообразное движение межтрубного теплоносителя.

Рассматриваемый теплообменник работает следующим образом. Продукт на тепловую обработку подается через входной патрубок *16* и одним или несколькими параллельными потоками протекает сначала через все кольцевые зазоры *30*, образованные теплообменными трубками *6* и *23*, а затем через все одиночные теплообменные трубы *7*. На выходе продукт разделяется на два параллельных потока в теплообменной трубе *6*, на которой выполнен патрубок *16*. Из одного кольцевого зазора *30* или из одной трубы *7* в другую продукт перетекает через выемки *18* в эластичных прокладках *8*. В одной из труб потоки (если их несколько) соединяются и выводятся через выполненный на этой трубе выходной патрубок *17*.

Прошедший тепловую обработку продукт, вышедший из патрубка 17, в горячем состоянии подается в патрубок ввода 14, расположенный на одной из торцевых крышек 13, который сообщается с выемкой 29 в эластичной прокладке 10. При этом горячий продукт разделяется на несколько параллельных потоков и протекает через все теплообменные трубы 23, нагревая через стенку этой трубы протекающий по кольцевому зазору 30 холодный продукт. Из одной трубы 23 в другую горячий продукт перетекает через выемки 19 в эластичной прокладке 10. После прохождения потоками всех теплообменных труб 23 они соединяются в выемке 29 и выводятся из теплообменника через патрубок 15, расположенный на крышке 13. Подача продукта в теплообменник на тепловую обработку через штуцер 16 и подача на охлаждение горячего продукта через штуцер 14 выбраны таким образом, чтобы обеспечивалось движение теплоносителей в элементах пучка «труба в трубе» по схеме противотока. Межтрубный теплоноситель (например, пар) подается в патрубок 3 и через окна в перегородках 28 движется зигзагообразно по секциям корпуса 1 теплообменника. Контактная поверхность труб 6 и 7, теплоноситель нагревает протекающий в кольцевом зазоре 30 и трубе 7 продукт и выводится через патрубок 4.

Многоходовой регенеративный трубчатый теплообменник для тепловой обработки пищевых жидкостей, *отличается* тем, что часть теплообменных труб выполнена в виде элементов типа «труба в трубе». На концах внутренних труб между эластичными прокладками, прикрепленными к трубным доскам, и торцевыми крышками, имеющими патрубки для ввода и вывода нагревающей трубной среды, установлены две трубные решетки, трубная эластичная прокладка и прокладка с выемками для перстога нагревающей трубной среды из труб одного хода в трубы другого. Кроме того, рассматриваемый теплообменник *отличается* тем, что трубные эластичные прокладки со стороны трубных решеток имеют конические выступы, уплотняющие внутренние из элементов «труба в трубе» теплообменные трубы. Трубные решетки со стороны трубных эластичных прокладок имеют конические выемки, повторяющие по форме конические выступы в трубных эластичных прокладках, но имеющие несколько меньшую глубину. Трубные решетки имеют на своих поверхностях, обращенных друг к другу, выфрезерованные канавки глубиной 1,0...1,5 мм, проходящие произвольным образом через все отверстия в трубных решетках.

Однокорпусная вакуум-выпарная установка (Пат. № 2077211 РФ, С1/12 В28) предназначена для производства сгущенных молочных продуктов, в том числе и сгущенного молока.

На рис. 16.51 показана вакуум-выпарная установка: *а* – принципиальная схема, *б* – виды сверху трубчатого теплообменного калоризатора, трубчатого теплообменника конденсатора, испарителя.

Данная установка устроена следующим образом. Внутри калоризатора 1 установлен трубчатый теплообменник 2. В средней части калоризатора 1 расположен коллектор подвода пара 3, полость которого соединена с полостью калоризатора. Между трубками 4 теплообменника 2 установлены трубы для перепуска вязкого продукта 5. Снаружи калоризатор закрыт теплозащитным покрытием 6. Для регулирования расхода конденсата установлена подпорная шайба 7. Верхняя часть калоризатора 1 соединена с помощью переливной трубы 8 с испарителем 9. В нижней части которого, напротив переливной трубы 7, установлено ребро 10 для устранения вихреобразования. Нижняя часть испарителя 9 с помощью циркуляционной трубы 11 соединена с нижней частью калоризатора 1. Для предотвращения уноса частиц

продукта вместе со вторичным паром внутри испарителя 9 установлен отражатель 12. Верхняя часть испарителя 9 соединена с верхней частью конденсатора 13.

Внутри конденсатора 13 установлены пластины 14, разделяющие тракт трубчатого теплообменника 15 на изолированные друг от друга секторы, соединенные между собой последовательно. Нижняя часть корпуса конденсатора соединена с водокольцевым насосом 16. Для контроля за работой установки в специальных гнездах установлены: термометр 17 на калоризаторе, термометр 18 на испарителе, вакуумметр 19 на конденсаторе.

Вакуум-выпарная установка работает следующим образом. Включается водокольцевой насос 16 и создается первоначальный вакуум в трубах калоризатора 1, в испарителе 9 и в межтрубном пространстве конденсатора 13.

Пастеризованное молоко поступает в трубчатый теплообменник 2 калоризатора в объеме 120...140 л. Затем в межтрубное пространство калоризатора 1 по коллек-

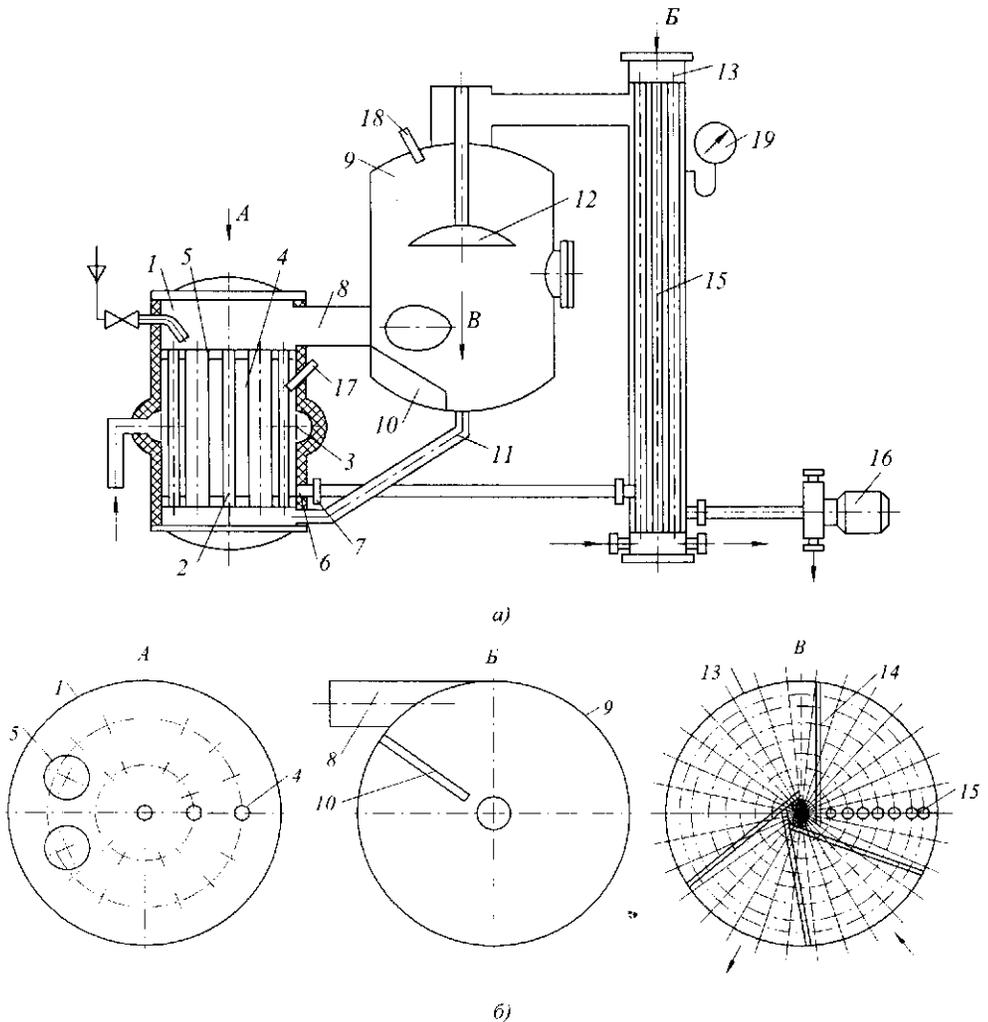


Рис. 16.51 Однокорпусная вакуум-выпарная установка

тору подвода пара 3 поступает греющий пар, который, отдавая тепло молоку, конденсируется на наружных поверхностях труб. Молоко нагревается в трубах теплообменника 2 калоризатора 1 и интенсивно закипает при температуре 55...60 °С. Конденсат при этом отводится через подпорную шайбу 7 из калоризатора 1 в нижнюю часть конденсатора 13. При повышении вязкости сгущаемого продукта, благодаря трубам для перепуска вязкого продукта 5 калоризатора 1, интенсифицируется процесс перетока продукта из калоризатора 1 в испаритель 9. Для устранения потерь тепла на калоризаторе 1 установлено теплозащитное покрытие 6. Вторичные пары вместе с частицами продукта через переливную трубу 8 тангенциально поступают в испаритель 9. Для исключения воронкообразования и более полного отделения продукта от вторичных паров внутри испарителя установлено ребро. В испарителе 9 сгущаемый продукт отделяется от вторичных паров, опускается вниз испарителя 9 и по циркуляционной трубе 11 направляется в калоризатор 1.

Далее вторичные пары, освобожденные от частиц продукта, направляются в межтрубное пространство поверхностного конденсатора 13. Трубчатый теплообменник 15 разделен пластинами 14 на изолированные секторы таким образом, что охладитель проходит последовательно через все секторы. Вторичный пар конденсируется, благодаря чему создается разрежение в системе установки. Образовавшийся в конденсаторе 13 и в калоризаторе 1 конденсат откачивается водокольцевым насосом 16. Контроль за работой установки производится по показаниям термометров 17, 18 и вакуумметра 19.

Однокорпусная вакуум-выпарная установка периодического действия *отличается* тем, что отношение суммарной площади проходного сечения труб для перепуска вязкого продукта к площади проходного сечения переливной трубы равно 2,0...2,2; *отличается* тем, что на наружной поверхности калоризатора установлено теплозащитное покрытие; *отличается* тем, что в средней части калоризатора установлен коллектор подвода пара; *отличается* тем, что охлаждающий тракт трубчатого теплообменника конденсатора разделен на несколько изолированных друг от друга секторов, последовательно соединенных между собой; *отличается* тем, что в нижней части испарителя возле места его соединения с переливной трубой калоризатора установлено ребро, высота которого составляет 0,73...1,46 диаметра переливной трубы.

Заторно-сусловарочно-фильтрационный аппарат (Пат. № 2167194 РФ, С12 С13/02) предназначен для использования в минипивзаводах.

На рис. 16.52 представлен общий вид аппарата. Заторно-сусловарочно-фильтрационный аппарат представляет собой цилиндрический сосуд 1, снабженный полым валом 4 с просверленными в нем отверстиями, через которые продувается воздух. На его оси установлен фильтрующий элемент 3, выполненный в виде перфорированного цилиндра, приводимый во вращение электроприводом 10, причем для соблюдения технологического процесса отношение объемов фильтрующего элемента и цилиндрического сосуда равно 1,0 : 4,0. Цилиндрический сосуд, который установлен на опорных стойках 8, имеет патрубок 7 для слива охмеленного сусла и патрубки 6 для технического обслуживания, дополнительно снабжен ложным корпусом 2 с просверленными в нем отверстиями для продувания воздушных потоков через патрубки 13. В верхней крышке 5 расположены фиксирующие винты 9 и патрубок 12 для выхода экстрапаров. Нагревание происходит с помощью электрических ТЭНов 11, установленных под сферическим днищем.

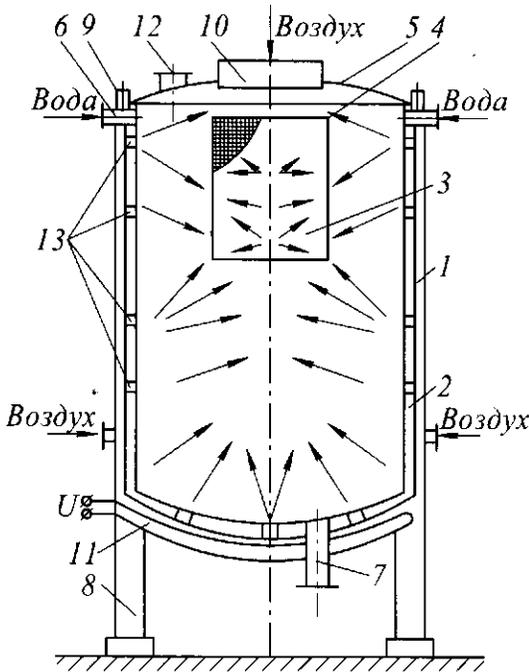


Рис. 16.52 Заторно-сушварочный-фильтрационный аппарат

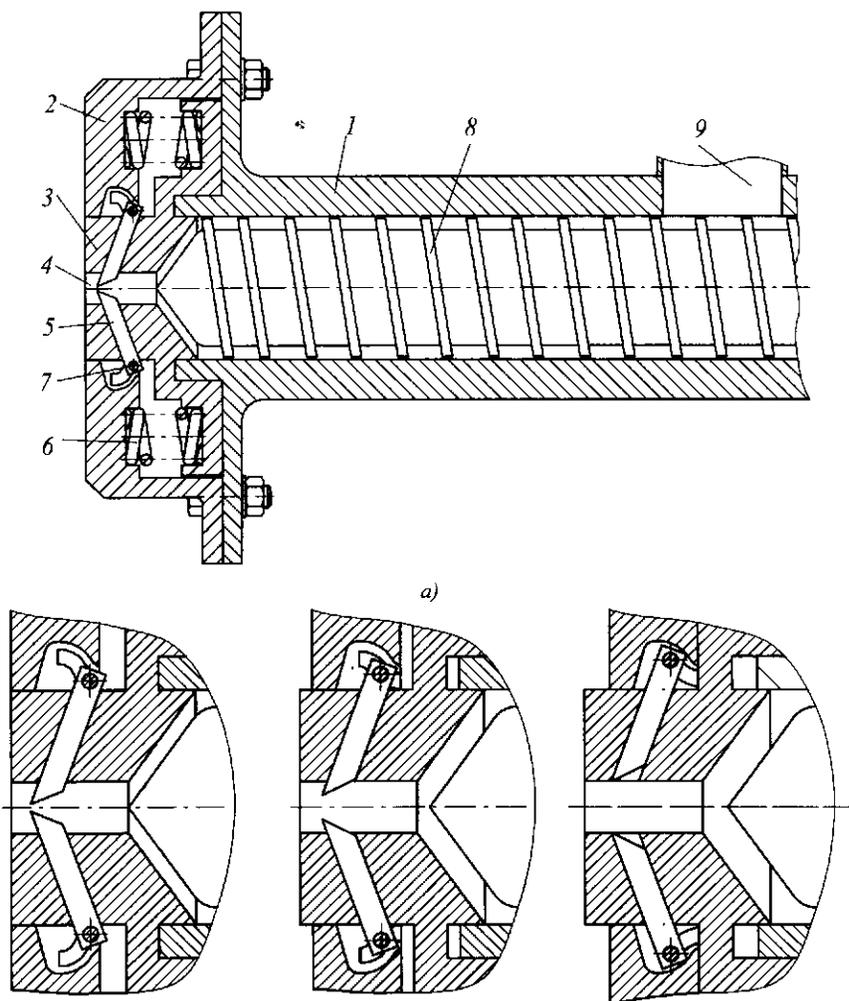
В фильтрующий элемент 3 загружаются продукты соложения и подается подогретая до требуемой температуры вода. При этом включается электропривод 10, который приводит во вращение фильтрующий элемент 3. В ложный корпус 2 через патрубки 13 и полый вал 3 подаются под небольшим давлением воздушные потоки, которые позволяют интенсифицировать процесс перемешивания, при этом происходит процесс экстрагирования веществ из затираемых материалов в подогретую до требуемой температуры воду. По окончании процесса осаживаемый затор остается в цилиндрическом сосуде 1, а дробина извлекается из фильтрующего элемента 3. Затем в фильтрующий элемент 3, приводимый во вращение электроприводом 10, подается хмель, а в ложный корпус 2 и полый вал 4 подаются

воздушные потоки. При кипячении сусла с хмелем происходит интенсивное растворение горьких веществ хмеля и переход их в сусло. Экстрапар удаляется через патрубок 12. По окончании процесса охмеленное сусло выводится из цилиндрического сосуда 1 через патрубок 7, а хмель удаляется из фильтрующего элемента 3. Нагревание затираемой массы и кипячение сусла с хмелем обеспечивается электрическими ТЭНами 11, которые вмонтированы в нижнюю часть цилиндрического сосуда 1 под сферическим днищем аппарата. По окончании процесса через патрубок 6 подается ополаскивающий раствор и происходит промывание аппарата.

Заторно-сушварочно-фильтрационный аппарат отличается тем, что в нем совмещены конструкции и функции заторно-сушварочно-фильтрационного аппарата, для чего он снабжен фильтрующим элементом, выполненным в виде перфорированного цилиндра с возможностью вращения, внутри которого установлен полый вал с просверленными в нем отверстиями для подачи воздуха, при этом соотношение объемов фильтрующего элемента и цилиндрического сосуда равно 1,0 : 4,0; отличается тем, что он имеет дополнительно ложное днище с отверстиями для подачи воздуха; отличается тем, что перемешивание среды осуществляется с помощью воздушных потоков.

Экструдер для производства профильных изделий с регулируемым сечением формующего канала (Пат. № 2161556 РФ, В29 С47/00) может быть использован в отраслях промышленности, применяющих экструзию.

На рис. 16.53. изображен экструдер: а – поперечный разрез, б – положения матрицы при различном живом сечении формующего канала. Экструдер для производства профильных изделий с регулируемым сечением формующего канала, содержит



б)
Рис. 16.53 Экструдер

корпус 1, соединенный с ним направляющий фланец 2 и калибрующее устройство (матрицу) 3 с формующим каналом 4.

В направляющем фланце 2 изготовлены по окружности пазы, с установленными в них пружинами 6, противоположными концами контактирующими с пазами матрицы 3, при этом на ее наружной поверхности выполнены наклонные радиальные отверстия, в которых находятся профилеобразующие пластины 5 с закрепленными на концах роликами 7.

Экструдер работает следующим образом. Исходный продукт загружается в рабочую камеру экструдера через загрузочную воронку 9 и перемещается в предматричную зону посредством вращающегося шнека 8 и продавливается через формующий канал 4 матрицы 3. Окончательную форму продукт получает проходя через отверстие, образованное формующим каналом 4 и профилеобразующими пластинами 5. Максимальное сечение этого отверстия соответствует проходному сечению фор-

мующего канала матрицы. Причем проходное сечение образованного отверстия устанавливается «автоматически» в зависимости от свойств продукта и развиваемого экструдером давления. Так, в случае повышения давления продукта сила, действующая на матрицу 3, превысит силу, с которой пружины 6 удерживают ее в положении равновесия и матрица начнет перемещаться в направлении выхода продукта. Тем самым она заставляет перемещаться профилеобразующие пластины 5 с роликами 7. При перемещении ролики, обкатываясь по копирам, увлекают за собой пластины, которые, перемещаясь, увеличивают живое сечение формующего канала 4, что вызывает снижение давления в предматричной зоне экструдера. Это приводит к уменьшению сил, действующих на матрицу со стороны продукта, и она под действием увеличившихся сил сжатия пружин 6 перемещается в обратном направлении. При достижении баланса сил сжатия пружин и силы давления продукта матрица займет новое равновесное положение, соответствующее оптимальному режиму экструдирования пищевого сырья.

Пределы регулирования, геометрия копира определяются размерами формующих каналов матрицы и реологическими свойствами перерабатываемого сырья. Конструкция экструдера предусматривает возможность замены копира на копира с другой геометрией в случае изменения технологических параметров экструзионного процесса при переходе на новый вид сырья. Наличие сменных копиров с различной геометрией обеспечивает универсальность экструдера для производства профильных изделий, что позволяет перерабатывать широкий спектр материалов. Выполненные в матрице наклонные пазы для размещения профилеобразующих пластин располагаются максимально близко к ее краю с условием соблюдения жесткости конструкции. Это необходимо для устранения застойных зон расплава продукта. Пружины отрегулированы на определенное усилие отжатия, при превышении которого они сжимаются. Технической задачей изобретения является стабилизация давления в предматричной зоне экструдера при изменении технологических параметров процесса в ходе экструдирования различного исходного сырья за счет «автоматического» варьирования проходного сечения формующего канала, а также расширение области применения.

Экструдер для производства профильных изделий с регулируемым профилем формующего канала *отличается* тем, что пазы направляющего фланца изготовлены по окружности, в них установлены пружины, противоположными концами контактирующие с аналогичными пазами матрицы, имеющей возможность возвратно-поступательного перемещения по направляющим корпуса параллельно оси шнека, на ее наружной поверхности выполнены наклонные радиальные отверстия, в которых находятся профилеобразующие пластины с закрепленными на концах роликами, контактирующими с копирами, изготовленными в направляющем фланце.

* * *

В этой главе наиболее важными являются следующие моменты:

1. Знание кинетических закономерностей процессов тепло- и массообмена и способов передачи теплоты в пищевые среды позволяет повышать эффективность работы оборудования.

2. Приведенная классификация аппаратов для темперирования, повышения концентрации и экструдирования пищевых сред (молока, шоколадных масс, мясопродуктов, свекольного сока, томатного пюре, пасты, сиропов, крахмалосо-

державшего сырья, пивного сула, фруктов и овощей, консервов и других продуктов) обеспечивает не только сравнительный анализ достоинств и недостатков существующего оборудования, но и выполнение прогнозных разработок.

3. Закономерности процесса экструдирования пищевых сред требуют дальнейшего изучения и исследования существующего оборудования по показателям производительности, энергозатрат и качества продукта.

4. Инженерные расчеты описанных аппаратов для темперирования, повышения концентрации и экструдирования пищевых сред дают возможность организовать надежную их эксплуатацию и проектировать новое прогрессивное оборудование.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как осуществляется передача теплоты в процессе темперирования, повышения концентрации и экструдирования пищевых сред?
2. К каким выводам приводит сравнение характеристик темперирующих сборников?
3. Каково устройство и каков принцип действия варочного котла?
4. Какие факторы влияют на интенсивность и эффективность работы подогревателя?
5. В чем заключается сущность теплового расчета темперирующей машины?
6. Какие преимущества многокорпусных выпарных установок по сравнению с однокорпусными?
7. Как осуществляется варка мяса в горизонтальном вакуум-аппарате?
8. В какой последовательности происходит уваривание сиропов и рецептурных смесей в змеевиковом аппарате непрерывного действия?
9. Каков температурный режим четырехкорпусной выпарной установки с концентратором?
10. Как определить массу воды, выпариваемой по корпусам четырехкорпусной выпарки?
11. Каков принцип работы смесителя-предразварника крахмалосодержащего сырья?
12. Как рассчитать расход пара в контактной головке для подогревания замеса?
13. Чем отличается заторный аппарат от суловарочного?
14. Почему объем заторного аппарата определяют, исходя из его необходимой производительности?
15. С какой целью проводится ошпаривание и бланширование картофеля, овощей и фруктов?
16. Какие виды оборудования применяются для стерилизации?
17. В чем состоит сущность работы автоклава с противодавлением?
18. Что называется процессом экструзии и какова классификация экструдеров?
19. Каково устройство и каков принцип работы экструдера?
20. Каковы основные конструктивные факторы, влияющие на эффективность процесса экструзии?

УПРАЖНЕНИЯ

Предложите в виде эскизов Ваши решения инженерных задач, связанных с развитием конструкций:

- аппаратов для нагревания, уваривания и варки пищевых сред; выпарных аппаратов и установок;
- разваривателей крахмалосодержащего сырья;
- заторных и суловарочных аппаратов;
- ошпаривателей и бланширователей для фруктов и овощей;
- автоклавов, пастеризаторов и стерилизаторов; экструдеров.

Эти решения должны предполагать совершенствование, модернизацию оборудования с целью достижения одного или нескольких следующих результатов:

- повышение производительности;
- повышение качества продукции;
- улучшение условий труда рабочего с точки зрения эргономики, техники безопасности и охраны труда;
- экономию времени на санитарное обслуживание оборудования;
- экономию времени на техническое обслуживание оборудования;
- экономию энергоресурсов;
- экономию конструкционных материалов;
- повышение технологичности конструкции с точки зрения изготовления и ремонта;

- улучшение дизайна оборудования;
- снижение себестоимости продукции другими, кроме перечисленных выше, путями.

Вместе с этими, преимущественно машиповедческими, аспектами рассмотрите возможность развития конструкций машин и аппаратов с точки зрения повышения качества самих технологических процессов, которые реализуются этим оборудованием. Речь идет об увеличении точности, устойчивости, надежности, управляемости и стабильности технологических процессов, а также о снижении их чувствительности к возмущающим факторам окружающей среды.

По результатам Вашей работы сделайте заключение о том, в какой мере Ваши предложения повышают готовность машин и аппаратов к эффективной автоматизации данных технологических процессов.

СВИНЬЯ ПОД ДУБОМ (басня)

Свинья под Дубом вековым
 Наелась желудей досыта, до отвала;
 Наевшись, выпалась под ним;
 Потом, глаза продравши, встала
 И рылом подрывать у Дуба корни стала.
 «Ведь это дереву вредит, –
 Ей с Дубу ворон говорит, –
 Коль корни обнажишь, оно засохнуть может». –
 «Пусть сохнет, – говорит Свинья, –
 Ничуть меня то не тревожит;
 В нем проку мало вижу я;
 Хоть век его не будь, ничуть не пожалею,
 Лишь были б желуди: ведь я от них жирею». –
 «Неблагодарная! – примолвил Дуб ей тут, –
 Когда бы вверх могла поднять ты рыло
 Тебе бы видно было,
 Что эти желуди на мне растут».

Невежда также в ослепленье
 Бранит науки и ученье,
 И все ученые труды,
 Не чувствуя, что он вкушает их плоды.

*Крылов Иван Андреевич
 (1749 – 1844),
 русский писатель,
 баснописец, журналист, сатирик*



Прошу Вас, будьте любезны передать господину министру и осведомить его, что не имею никакой нужды в ордене, но весьма нуждаюсь в лаборатории.
КЮРИ ПЬЕР (1869–1906), французский физик

Глава 17

АППАРАТЫ ДЛЯ СУШКИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Сушка – процесс удаления влаги из продукта, связанный с затратами теплоты на фазовое превращение воды в пар. Процесс удаления влаги сопровождается уменьшением ее связи со «скелетом» продукта, на что затрачивается энергия. По величине энергии таких связей различают: химически связанную влагу (не удаляется из влажных тел при нагревании до 100...120 °С); физико-химически связанную влагу (удерживается на внутренней поверхности пор материала адсорбционными силами) и физико-механически связанную влагу (находится в крупных капиллярах, на наружной поверхности продукта и удерживается капиллярным давлением).

Характер и энергия связи влаги с продуктом определяют общее ее количество, которое способно удерживать то или иное вещество при равновесии его с окружающей средой. Величина равновесного влагосодержания тем выше, чем больше влаги содержится в окружающем воздухе и чем ниже его температура.

Существующие принципы обезвоживания обеспечивают удаление влаги без изменения агрегатного состояния (прессование, центрифугирование, сепарирование, фильтрация и др.), с изменением агрегатного состояния (выпаривание, конденсация, сублимация, тепловая сушка и др.), а также комбинированным способом (вакуум-сублимационная сушка, с использованием перегретого пара, со сбросом давления, ИК- и ВЧ-нагрев и др.), которые могут рассматриваться как системы со сложными внутренними физико-химическими связями.

По способу подвода теплоты к продукту различают: *конвективную сушку* (непосредственное соприкосновение продукта с сушильным агентом), *кондуктивную сушку* (передача теплоты от теплоносителя к продукту через разделяющую перегородку), *вакуум-сублимационную сушку* (испарение замороженного продукта при глубоком вакууме), *диэлектрическую сушку* (нагревание сырья в электромагнитном поле) и др.



Лучше знать немного, но верно, чем воображать, что знаешь многое, и пробавляться химерами.
БЕРТЛО ПЬЕР ЭЖЕН (1827–1907), французский химик

17.1 НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ

Механизм обезвоживания влажного пищевого сырья условно делится на два этапа: при сушке происходит испарение воды в окружающую среду с поверхности пограничного слоя материала (внешний тепломассообмен) и внутри продукта влага перемещается путем диффузии (внутренний тепломассообмен). Наиболее полное изложение научного обеспечения процесса сушки пищевых сред представлено в работах А.В. Лыкова и Ю.А. Михайлова.

В теории сушки анализ внешнего сопряженного тепломассообмена основывается на совместном рассмотрении дифференциальных уравнений движения и неразрывности вязкого несжимаемого потока:

$$\begin{aligned} \partial \bar{\omega} / \partial \tau + (\bar{\omega}, \text{grad } \bar{\omega}) &= \bar{g} - (1/\rho) \text{grad } P + \nu \nabla^2 \bar{\omega}; \\ \partial \rho / \partial \tau + \text{div } \rho \bar{\omega} &= 0, \end{aligned}$$

конвективно-диффузионного переноса паров влаги в движущемся сушильном агенте

$$\partial C / \partial \tau + (\bar{\omega}, \text{grad } C) = D \nabla^2 C,$$

и уравнения, описывающего поле температуры в потоке теплоносителя

$$\partial t / \partial \tau + (\bar{\omega}, \text{grad } t) = a \nabla^2 t,$$

где ω , P , C , t – искомые функции скорости, общего статического давления, концентрации влаги и температуры в потоке сушильного агента; ρ , ν , a , D – плотность, коэффициент кинематической вязкости, коэффициент температуропроводности и коэффициент диффузии паров в сушильном агенте; t – время; g – ускорение свободного падения; ∇^2 – оператор Лапласа.

В приведенной системе уравнений взаимное влияние процессов переноса импульса, массы и теплоты учитывается зависимостью кинетических коэффициентов от потенциалов переноса.

Эти уравнения справедливы не только для ламинарного режима движения потока, но также и для турбулентного изотропного течения, если локальные значения искомых функций ω , P , C и t понимать как усредненные по времени, а коэффициенты переноса ν , D и a – как состоящие каждый из двух слагаемых: молекулярного и турбулентного коэффициентов переноса импульса, массы и теплоты.

Данные по интенсивности тепло- и массообмена поверхности влажного продукта с потоком сушильного агента представляются в виде связи между числами (критериями) подобия, которые получаются из этих же уравнений и условий однозначности. Основное из граничных условий записывается в форме конвективной массоотдачи

$$-D(\partial C / \partial n)|_{\omega} = \beta(C|_{\omega} - C_f)$$

и содержит коэффициент массоотдачи β , величина которого и определяет интенсивность массообмена поверхности влажного продукта с потоком сушильного агента. Значения концентрации влаги в сушильном агенте $C|_{\omega}$ и градиента концентрации $(\partial C / \partial n)|_{\omega}$ по нормали к поверхности берутся на самой поверхности влажного тела. Коэффициент β входит в искомое число Нуссельта

$$Nu_m = \beta d / D,$$

величина которого зависит от определяющих чисел Рейнольдса ($Re = \omega d / \nu$), Прандтля ($Pr = \nu / a$) и др.

Нестационарные поля влагосодержания и температуры внутри пищевого продукта определяются системой дифференциальных уравнений сохранения влаги и теплоты

$$\partial u / \partial \tau = a_m (\nabla^2 u + \delta \nabla^2 T);$$

$$\partial T / \partial \tau = a \nabla^2 T + \varepsilon (r / c) (\partial u / \partial \tau),$$

где u , T – влагосодержание и температура материала; a_m – коэффициент теплопроводности; δ – температурный коэффициент переноса влаги; ε – критерий фазового превращения; r – теплота испарения; c – теплоемкость.

Процессы сушки пищевого сырья характеризуются значительным числом параметров, определяющих течение процесса и взаимосвязанных, причем изменение одного параметра вызывает нелинейные изменения других параметров.

Структура математической модели процесса сушки определяется, прежде всего, гидродинамическими параметрами и проявляется в характере распределения времени пребывания частиц продукта и газа в сушильном аппарате.

Наиболее часто встречающимися гидродинамическими моделями являются: модель идеального смешения, ячеечная модель, модель идеального вытеснения, диффузионная модель и др.

Физическая сущность модели идеального смешения заключается в том, что концентрация одинакова в любых точках аппарата (ячейки) идеального смешения. Эта модель описывается уравнением

$$dC / d\tau = (v / V)(C_0 - C),$$

где C – концентрация вещества в ячейке идеального смешения на выходе; C_0 – концентрация на входе; v – объемный расход потока; V – объем зоны идеального смешения.

Ячеечная модель состоит из n последовательно соединенных ячеек идеального смешения. Материальный баланс для i -й ячейки приводит к уравнению

$$dC_i / d\tau = (v / V)(C_{i-1} - C_i),$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, n$; V – объем ячейки.

Согласно модели идеального вытеснения, поток будет «поршневым», если все частицы движутся с одинаковой скоростью. Если выделить элементарный объем, составить материальный баланс для этого объема и затем перейти к пределу, то получим уравнение модели идеального вытеснения

$$dC / d\tau = -\omega(dC / dx),$$

где ω – линейная скорость потока; x – координата.

Диффузионная модель предполагает наличие двух потоков: основного поршневого и диффузионного, для которого

$$q_x = -D_x(dC / dx),$$

где q_x – количество вещества, протекающего через единицу поверхности в единицу времени; D_x – коэффициент диффузии вдоль оси x .

В процессах конвективной сушки различных пищевых продуктов общее количество удаляемой влаги определяется параметрами сушильного агента (расходом, температурой и влагосодержанием) и пропорционально снижению влагосодержания высушенного продукта.

Первый период сушки протекает при постоянной скорости сушки $du_i/dt = \text{const}$ и температуре «мокрого» термометра $T_m = \text{const}$ до тех пор, пока в поверхностном слое содержится свободная влага. Ее испарение с поверхности тела происходит с

постоянной скоростью и при постоянной температуре. По мере уменьшения содержания во влажном теле свободной влаги скорость ее поступления в поверхностный слой постепенно снижается. Содержание свободной влаги в поверхностном слое уменьшается и в некоторый момент времени становится равным нулю. С этого момента начинается второй период сушки, в котором происходит углубление поверхности испарения свободной влаги. Между поверхностью испарения и поверхностью тела образуется зона сушки, из которой испаряется влага с физико-химическими формами связи.

Во втором периоде сушки с постепенным уменьшением скорости сушки температура тела возрастает. При этом среднее влагосодержание уменьшается, стремясь к равновесному u_p по отношению к окружающему воздуху, а температура тела повышается, приближаясь к температуре воздуха.

Продолжительность отдельных периодов сушки зависит от размера влажного тела, формы связи влаги с остальными компонентами влажного тела, от механизма ее переноса из центра к периферии, а также от скорости отвода пара. Движущая сила процесса сушки выражается разностью влагосодержания воздуха возле поверхности высушиваемого тела и в окружающем воздухе.

В общем случае сушка является нестационарным термодиффузионным процессом, в котором влагосодержание продукта и его температура непрерывно изменяются во времени. И без того сложный анализ становится еще более затруднительным при осуществлении этого процесса в непрерывном режиме, поскольку приходится совместно учитывать весь комплекс сопутствующих явлений — гидродинамику, тепло- и массообмен и др. Для разработки рациональных конструкций сушильных агрегатов и оптимальных режимов сушки необходимо знать кинетические закономерности процесса и условия его моделирования.



Человек так создан, что отдыхает от одной работы, лишь взявшись за другую.
ФРАНС АНАТОЛЬ (1844–1924),
французский писатель

17.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Сушильные установки, применяемые в пищевой промышленности, отличаются разнообразием конструкций и подразделяются:

- по способу организации процесса (периодического или непрерывного действия);
- по состоянию слоя (плотный, неподвижный, пересыщающийся, кипящий и др.);
- по виду используемого теплоносителя (воздух, газ, пар, топочные газы и др.);
- по способу передачи теплоты (конвективные, кондуктивные, радиационные, электрические и др.);
- по давлению воздуха в сушильной камере (атмосферные, вакуумные, сублимационные и др.).

В конвективных сушильных установках (сушильный агент выполняет функции теплоносителя и влагопоглотителя) градиент температуры направлен в сторону, противоположную градиенту влагосодержания, что замедляет удаление влаги из продукта.

Кондуктивный способ обезвоживания основан на передаче теплоты продукту при соприкосновении с горячей поверхностью, при этом воздух служит только для удаления водяного пара из сушилки, являясь влагопоглотителем.

На рис. 17.1 представлена классификация сушильных установок.



Рис. 17.1 Классификация сушильных установок

Сушка токами сверхвысокой частоты основана на том, что диэлектрические свойства воды и сухих веществ пищевых продуктов различаются, при этом влажный материал нагревается значительно быстрее, чем сухой. Возникающие здесь градиенты влагосодержания и температуры совпадают, что интенсифицирует процесс сушки.

При сублимационной сушке отсутствует контакт продукта с кислородом воздуха, основное количество влаги удаляется при сублимации льда ниже 0 °С, и только удаление остаточной влаги происходит при нагреве продукта до 40...50 °С.

Конструкция сушилки должна, прежде всего, обеспечить равномерный нагрев и сушку продукта при надежном контроле его температуры и влажности. Сушилки должны иметь достаточно высокую производительность, но при этом должны быть экономичными по удельным расходам теплоты и электроэнергии, иметь возможно меньшую металлоемкость.



Наука как систематизированные знания возникает только из потребностей производства и развивается лишь в тесном и неразрывном взаимодействии с производством.
БАХ АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ (1857–1946),
биохимик, академик АН СССР

17.3 ШАХТНЫЕ И РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ЗЕРНОСУШИЛКИ

В шахтных сушилках (прямоточных и рециркуляционных) процесс сушки основан на конвективном способе подвода тепла к продукту, а агент сушки выполняет

функции теплоносителя. Камеры для сушки и охлаждения представляют собой вертикальные шахты прямоугольного сечения с расположенными в них в шахтном порядке (шаг по вертикали и по горизонтали 200...300 мм) подводящими и отводящими коробами.

Короба (рис. 17.2) служат для подвода и отвода агента сушки в сушильных камерах и атмосферного воздуха в охладительных камерах.

В прямоточных шахтных сушилках (типа ДСП, СЗШ-16, ЗСПЖ-8, К4-УСА) продукт проходит через сушильную камеру один раз, а в рециркуляционных (типа РД-2×25-70, У2-УЗБ-50, А1-ДСП-50, А1-УЗМ) – несколько раз и число рециркуляций зависит от начальной влажности продукта. В шахтных сушилках (прямоточных и рециркуляционных) продукт при охлаждении проходит через шахту один раз.

Общее число коробов в сушильной и охладительной шахтах выбирают в зависимости от количества подаваемого сушильного агента в сушильную шахту или от количества подаваемого атмосферного воздуха в охладительную шахту при скорости отработавшего агента сушки не более 6 м/с. В новых сушилках устанавливают пятигранные клиновидные короба с жалюзи на боковых стенках, что позволяет обеспечивать максимальное влагонапряжение сушильных и охладительных шахт.

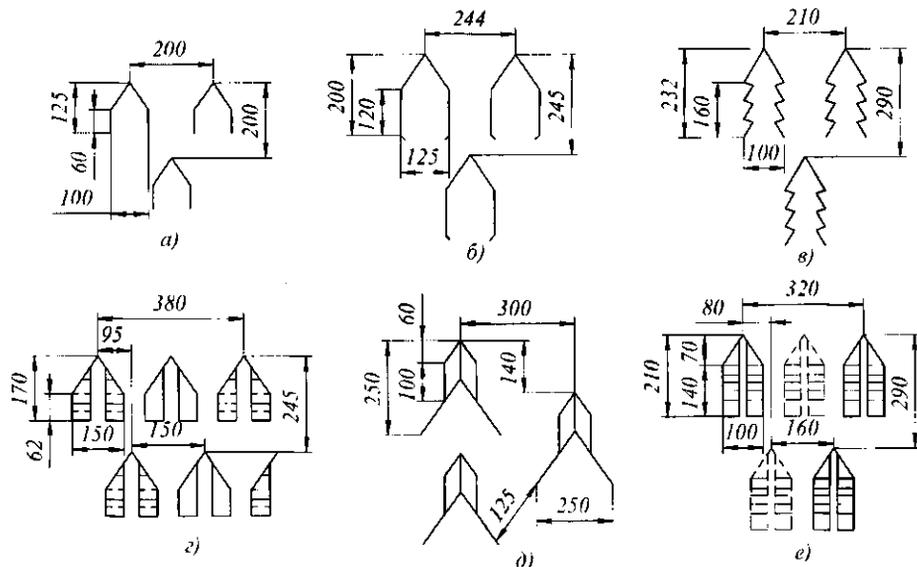


Рис. 17.2 Схемы расположения коробов, их форма и размеры:
а – ДСП; б – СЗШ-16; в – ЗСПЖ-8; г – К4-УСА; д – РД-2×25-70; е – А1-УЗМ

Зерносушильный агрегат ДСП-32-0Т открытого типа предназначен для сушки сырого зерна кукурузы, пшеницы, ржи, ячменя, овса, семян подсолнечника и других зерновых культур.

Зерносушильный агрегат такого типа (рис. 17.3) состоит из двух параллельно работающих шахт 3 высотой 11,57 м. Каждая из них состоит из семи секций и по высоте делится на три зоны: первая зона сушки высотой 4,95 м расположена на верхней части шахты; вторая зона сушки высотой 2,85 м находится в средней части шахты; третья зона является охладительной. Высота одной секции составляет 1,65 м, причем в каждой секции расположено 8 рядов коробов по 16 в каждом ряду.

Шахта по высоте имеет 27 рядов подводящих и 29 рядов отводящих коробов. Агент сушки и воздух подаются вентиляторами 1, 6 и 8 в распределительные камеры для зон сушки и охлаждения. Сырое зерно самотеком поступает в надсушильный бункер 2 и далее равномерно распределяется по сушильным шахтам 3 и по охладительной шахте 10. Из шахт зерно выпускается механизмом 11 периодического действия. Агент сушки из топки 9 вентиляторами 6 и 8 через всасывающие воздуховоды 4 и 7 подают в напорно-распределительные камеры первой и второй зон сушки. Подача сушильного агента регулируется исполнительным механизмом 5.

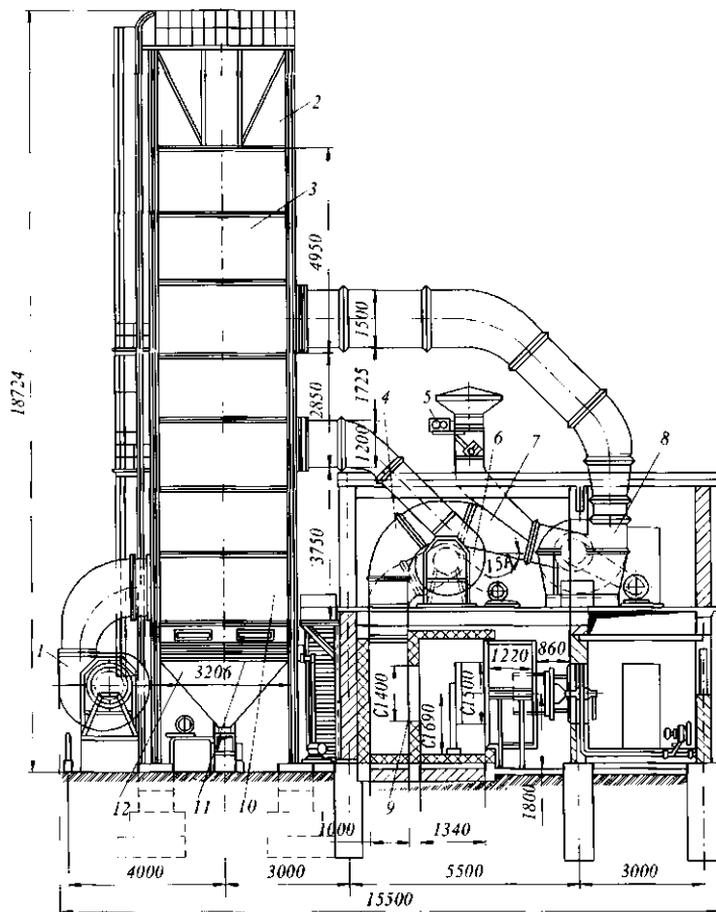


Рис. 17.3 Зерносушильный агрегат ДСП-32-ОТ

Атмосферный воздух вентилятором 1 также подается в напорно-распределительную камеру охладительной шахты 10. Надшахтный бункер 2 высотой 2,5 м и вместимостью около 20 м^3 (15 т зерна) выполнен из листовой стали. Под каждой шахтой имеются выпускные механизмы 11 периодического действия и подсушильные бункеры 12. Зерно из них попадает на транспортер, а далее – в норию и на склад.

В зерносушилке ДСП-32-ОТ агент сушки выполняет роль как теплоносителя, так и влагоносителя (испаренная влага из зерна поглощается агентом сушки и выносятся в атмосферу) и представляет собой смесь топочных газов с воздухом.

Техническая характеристика зерносушильного агрегата ДСП-32-ОТ

Производительность по пшенице при снижении влажности с 20 до 14 %, т/ч	32
Производительность по испаренной влаге, кг/ч	2300
Удельный расход условного топлива, кг/т	12,2
Расход дизельного топлива, кг/т:	
удельный	8,5
часовой	272
Удельное количество теплоты, кДж/кг	5040
Мощность, кВт:	
установленная	125
потребляемая	99,2
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	3,1
Температура сушильного агента в зоне сушки, °С:	
первой	50...130
второй	50...160
Число рядов коробов:	
в первой зоне сушки	23
во второй зоне сушки	14
в зоне охлаждения	18
Число коробов в одном ряду	16
Расход сушильного агента в зоне сушки, м ³ /ч:	
первой	80 000
второй	42 000
Расход атмосферного воздуха на охлаждение зерна, м ³ /ч	49 000
Габаритные размеры агрегата (с топкой), мм	15 500×8300×18 724
Масса зерносушильного агрегата, кг	32 600

Зерносушилка СЗШ-16 предназначена для сушки продовольственного и семенного зерна различных зерновых культур. Зерносушилка (рис. 17.4) состоит из двух параллельно расположенных шахт 10, установленных на общей станине 1, двух выносных охладительных камер 11, вентиляторов 13 и сушильных шахт 14, диффузоров 3 и 4.

Сушильная шахта 10 состоит из двух однотипных секций, установленных одна на другую. В шахте расположено 14 рядов коробов, по 8 в каждом ряду. Каждая сушильная шахта имеет по одному вентилятору Ц9-57 № 8 или Ц4-70 № 8, которые соединены с ней диффузорами со всасывающим коробом. Зерносушилка СЗШ-16 работает под разрежением. Топка 2 соединена с сушильными шахтами воздуховодом 15.

Над каждой шахтой располагаются надсушильные бункеры 8 и 9. Излишек материала из бункеров ссыпается через сливной самотек 7 норий 5 или 6 для сырого зерна. Зерносушилка снабжена выпускными механизмами непрерывного действия. Они совершают непрерывное движение с амплитудой колебания 4...20 мм и периодическое движение с амплитудой 135 мм (через каждые 4 мин).

Зерно охлаждается в охладительной камере 11 и двух вертикальных бункерах 12 с перфорированными стенками и конусными днищами, шлюзовыми затворами и вентиляционным оборудованием. Рециркуляционные сушилки по конструктивному исполнению и способу нагрева зерна можно разделить на рециркуляционные с противоточной продувкой зерна и с камерами нагрева; на рециркуляционные с перпендикулярной продувкой зерна и с подогревателем.

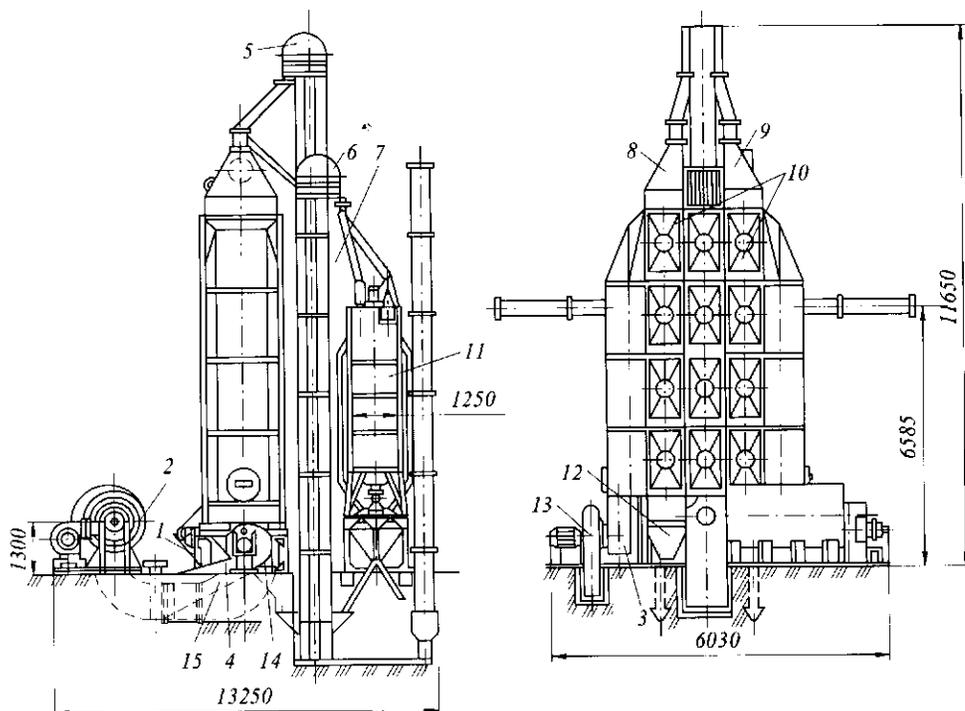


Рис. 17.4 Зерносушилка СШЗ-16

Техническая характеристика зерносушилки СШЗ-16

Производительность по пшенице при снижении влажности с 20 до 14 %, т/ч	16
Производительность по испаренной влаге, кг/ч	1150
Удельный расход условного топлива, кг/т	12,2
Расход дизельного топлива, кг/т:	
удельный	8,5
часовой	166
Удельное количество теплоты, кДж/кг	5040
Мощность, кВт:	
установленная	60,8
потребляемая	54,7
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	3,4
Температура сушильного агента в зоне сушки, °С	
первой	50...130
второй	50...160
Число рядов коробов:	
в первой зоне сушки	14
во второй зоне сушки	14
в зоне охлаждения	охлаждательная колонка
Число коробов в одном ряду	8
Расход сушильного агента в зоне сушки, м ³ /ч:	
первой	27 000
второй	14 100
Расход атмосферного воздуха на охлаждение зерна, м ³ /ч	19 000
Габаритные размеры агрегата (с топкой), мм	2030×1000×6400
Масса зерносушильного агрегата, кг	16 000

Зерносушильный рециркуляционный агрегат РД-2×25-70 (рис. 17.5) представляет собой два совмещенных аппарата РД-25 и предназначен для сушки пшеницы, ржи, овса и ячменя. Состоит из отдельных секций и снабжен двумя нориями для рециркуляции зерна производительностью по 125 т/ч. Каждый аппарат зерносушилки включает камеру нагрева 1 с вентилятором 5, бункер 4, загрузочное устройство 3, теплооблагодобменник 7, шахты промежуточного и окончательного охлаждения 8 с вентиляторами 12, осадочную камеру 2 с циклонами, бесприводной выпускной механизм 9, топку 10 и диффузоры теплоventилиационной системы 6 и 11.

В нижней части бункера 4 установлено загрузочное устройство 3, которое служит для равномерной подачи зерна в камеру нагрева 1 и образования зерновой подушки. Камера нагрева 1 соединена с осадочной камерой 2 и состоит по высоте из четырех секций. В качестве тормозящих элементов установлено 19 рядов металлических труб диаметром 27 мм с вертикальным шагом 200 мм и горизонтальным – 400 мм. В каждом ряду 6...7 стержней, расположенных в шахматном порядке.

Агент сушки в камеру нагрева подают через диффузор, расположенный в ее нижней части над термовлагодобменником 7. Отработавший агент сушки отводят из камеры нагрева через осадочную камеру вентилятором Ц9-55 № 8. Температура агента сушки на входе в камеру нагревания составляет 250...350 °С, на выходе – 80 °С.

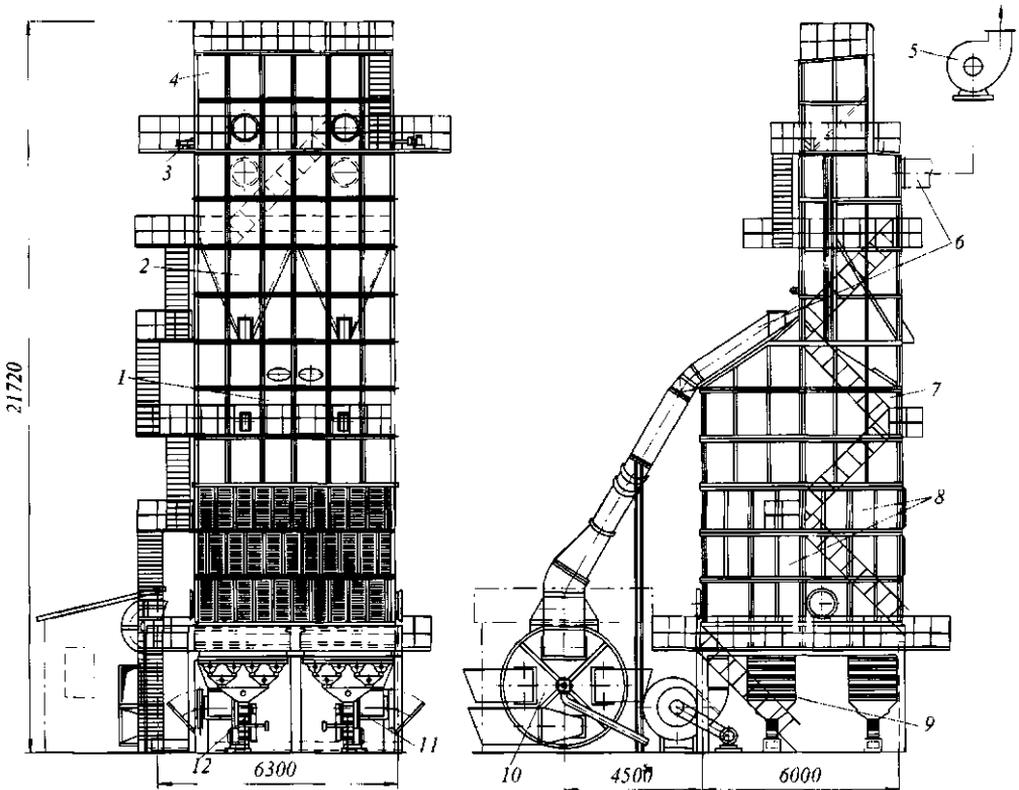


Рис. 17.5 Зерносушильный агрегат РД-2×25-70

Одна из шахт охлаждения 8 используется по прямому назначению, вторая (рециркуляционная) предназначена для частичного охлаждения зерна и удаления влаги.

Каждая из шахт по высоте состоит из трех звеньев. В каждой шахте по 24 ряда коробов переменного сечения, установленных в шахматном порядке кассетами по 2 короба в каждой. Всего в шахте 52 подводящих короба и 14 полукоробов, 56 отводящих коробов и 8 полукоробов.

Техническая характеристика зерносушильного агрегата РД-2×25-70

Производительность по пшенице при снижении влажности с 20 до 14 %, т/ч	50
Производительность по испаренной влаге, кг/ч	3500
Удельный расход условного топлива, кг/т	12,3
Расход дизельного топлива, кг/т:	
удельный	8,4
часовой	420
Удельное количество теплоты, кДж/кг	5330
Мощность, кВт:	
установленная	119,7
потребляемая	112,7
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	3,4
Температура агента сушки, °С	300...350
Расход агента сушки, м ³ /ч	68 400
Расход воздуха в зоне охлаждения, м ³ /ч	80 000
Размеры зерносушилки (без норий и топки), мм	6400×6300×21 700
Масса агрегата, т	71:100

Инженерные расчеты. Скорость теплоносителя и воздуха в отводящих коробах v (м/с) не должна превышать 6,0 м/с во избежание уноса зерна из шахты. Для расчета числа коробов определяют площадь F (м²) поперечного сечения отводящих коробов (по зонам).

Для зон сушки F_c (м²) при общем расходе агента сушки $V_{обш}$ (м³/ч)

$$F_c = V_{обш} / (3600 v).$$

Для зоны охлаждения при общем расходе холодного воздуха $V_{хв}$ (м³/ч) площадь поперечного сечения будет равна

$$F_{ое} = V_{хв} / (3600 v).$$

Число отводящих коробов для каждой зоны z_0 определяется как

$$z_0 = F / f,$$

где f – площадь сечения короба, м².

Производительность шахтной сушилки по испаренной влаге W (кг/ч) определяется по формуле

$$W = \Pi_c [(u_1 - u_2) / (100 - u_2)],$$

где Π_c – производительность зерносушилки по сырому зерну, кг/ч; u_1, u_2 – начальное и конечное влагосодержание зерна в зоне сушки, %.

Массовый расход агента сушки L (кг/ч) рассчитывается в виде зависимости

$$L = W / (d_2 - d_1),$$

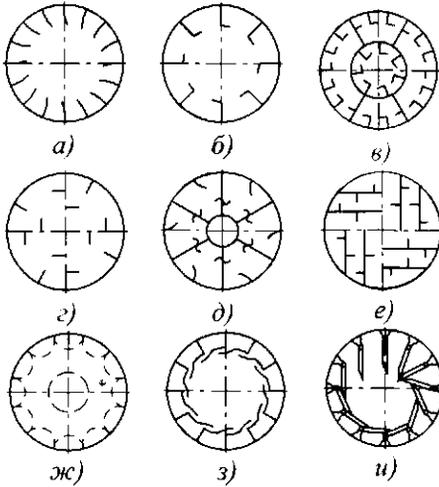


Рис. 17.6 Насадки сушильных барабанов

где d_1, d_2 – влагосодержание теплоносителя на входе в шахту и на выходе из нее, кг/кг.

Число подводящих и отводящих коробов, установленных в сушильной шахте или шахте охлаждения, можно определить следующим образом:

$$z = L / 3600 \nu F \rho,$$

где ρ – плотность теплоносителя, кг/м³.

Коэффициент циркуляции рассчитывают в виде

$$n = (u_1 - u_2) / \Delta u,$$

где Δu – снижение влажности за один цикл сушки, %.

Мощность электродвигателя N (кВт) для привода вентилятора определяется по формуле

$$N = 0,02 \cdot 10^{-5} KVP / (\eta_1 \eta_2 \eta_3),$$

где K – коэффициент запаса; V – подача воздуха, м³/ч; P – полное давление, Па; η_1 – КПД подшипников; η_2 – КПД ременной передачи; η_3 – КПД вентилятора.



Как ни коротки слова: «да», «нет», все же они требуют самого серьезного размышления.
ПИФАГОР (570–500 до н.э.),
древнегреческий математик и философ

17.4 БАРАБАННЫЕ СУШИЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ

Барабанные сушилки применяются для сушки семян подсолнечника (одно- и двухбарабанные), зерна (СЗСБ-8), сахара песка (СБУ-1), молочного сахара (СБА-1), отжатого жома (А2-ПСА), витаминной муки (АВМ) и других сыпучих материалов. Основным элементом барабанных сушилок является горизонтальный или наклонный вращающийся цилиндрический барабан, внутри которого перемещается по длине, перемешивается и сушится сыпучий продукт.

Внутри барабана в зависимости от высушиваемого продукта установлены различного типа насадки (рис. 17.6), способствующие повышению эффективности процесса сушки.

Конструкции насадок (внутренних устройств) выбираются в соответствии с требованиями технологического процесса (подъемно-лопастные, распределительные, концентрические, перфорированные, канальные и др.). Основной характеристикой сушильного барабана является его влагонапряжение по испаренной влаге $A = 6 \dots 44$ кг/(м³·ч), величина которого зависит от степени заполнения и частоты вращения барабана, теплофизических свойств и размеров продукта, а также от температуры, влажности и скорости движения агента сушки.

Барabanная сушильно-охлаждающая установка СБУ-1 предназначена для сушки и охлаждения сахара-песка.

Установка СБУ-1 (рис. 17.7) состоит из вращающегося барабана 8, опорно-приводной станции, в которую входит электродвигатель 18 и редуктор 20, установленные на раме 19, загрузочной головки 1, двух неподвижных кожухов 10, трубы с дефлектором 17 для отсоса отработавшего горячего воздуха.

Барабан 8 представляет собой стальной перфорированный цилиндр длиной около 10 м, наклоненный в сторону движения сахара. В передней части барабана имеется распределительная царга 2 шириной 550 мм, внутри которой вварено десять лопаток 24, расположенных под углом 45° к образующей. Лопатки 24 обеспечивают равномерное распределение сахара, поступающего из загрузочной головки 1 с помощью турникета 25. К торцу распределительного устройства по периметру крепятся 24 секции фигурных лопаток (8 – по окружности, 3 – в длину).

Для увеличения жесткости секций и предотвращения прохода воздуха вдоль секции между фигурными лопатками ставят поперечные перегородки. Конфигурация лопаток обеспечивает возможность прохождения воздуха внутрь корпуса и в то же время не дает сахару просыпаться наружу. В конце барабана на фланце крепится ситовая часть 9 корпуса, предназначенная для отделения комков сахара.

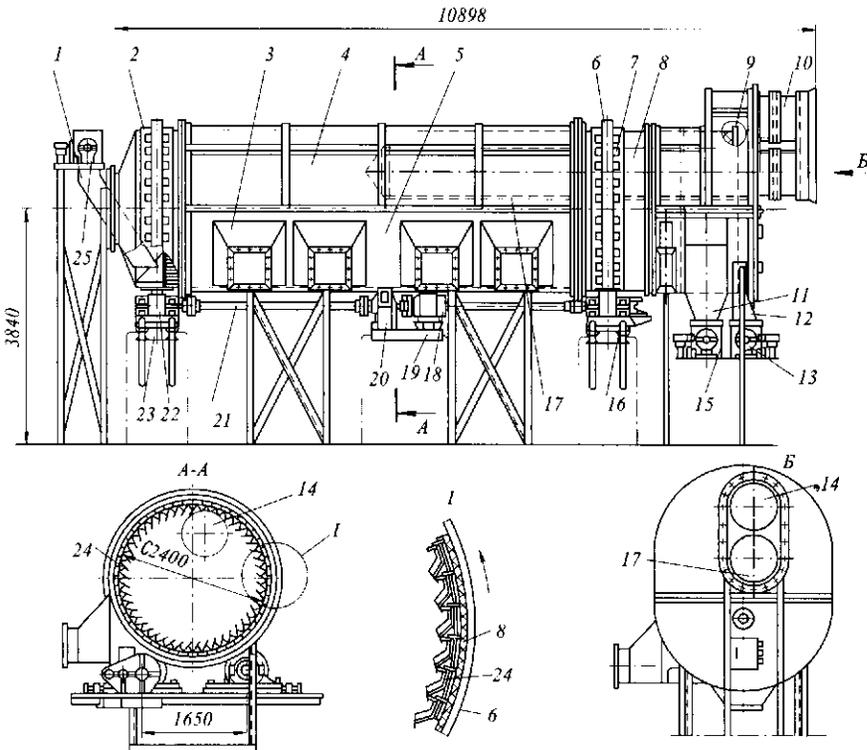


Рис. 17.7 Барабанная сушильно-охлаждающая установка СБУ-1

На центральную часть перфорированного барабана надевают кожух 10, состоящий из крышки 4 и днища 5. По краям кожуха в специальных обоймах крепят кольцевые уплотнения из прямоугольного резинового шнура, препятствующие выходу воздуха в атмосферу. Кроме того, с двух сторон барабана имеются продольные уп-

лотнения, обеспечивающие подачу воздуха только к сахару в барабане. На кожухе имеются четыре патрубка 3 для ввода горячего и холодного воздуха. На концевую часть барабана также ставят неподвижный кожух, имеющий сбоку патрубок для подачи холодного воздуха и на торцевой стенке – патрубок 14 для отсоса отработавшего воздуха. На той же торцевой стенке крепят трубу 17, проходящую через барабан до зоны горячего воздуха. Труба служит для отсоса воздуха. В нижней части кожуха имеются желоб 11 и турникет 15 для сухого охлажденного сахара-песка и желоб 12 и турникет 13 для вывода комков. Сушильный барабан приводится в движение через бандаж 6, установленных с помощью клиньев 7 на металлоконструкциях 16, 23 и фрикционных роликах 22, вращающихся с помощью валов 21.

Сахар, загружаемый в аппарат через загрузочную головку и царгу, равномерно распределяется по фигурным элементам внутренней поверхности барабана и располагается сегментом, образуемым углом естественного откоса. Именно эта зона отделена продольными уплотнениями, обеспечивающими подачу воздуха только через слой сахара. Кроме интенсификации процессов влаго- и теплообмена, такой метод подачи воздуха способствует образованию псевдооживленного слоя, поддерживая кристаллы сахара в полувзвешенном состоянии, что предохраняет их от истирания.

Техническая характеристика СБУ-1

Производительность, т/ч	20
Установленная мощность, кВт	9,7
Испарительная способность, кг/ч	280
Удельное количество теплоты на испарение влаги, кДж/кг	7000
Габаритные размеры, мм	11 600×3800×3570
Масса, кг	35 800

Горячий воздух подается через первые два патрубка (по ходу сахара), холодный – через два последних. Средний патрубок может быть использован или для горячего, или для холодного воздуха, что соответственно меняет длину сушильной или охладительной зоны.

Разделение отсоса горячего и холодного воздуха предотвращает возможность образования конденсационных паров и завихрений, повышающих скорость воздушного потока, в результате чего возможен унос кристаллов сахара.

В целях предотвращения запыления помещения, нагнетание и отсос воздуха рассчитаны таким образом, что внутри барабана поддерживается разрежение.

Барабанная зерносушилка СЗСБ-8 предназначена для сушки различных зерновых культур любой степени влажности и засоренности без предварительной очистки (рис. 17.8).

Сушильный барабан 2 шестисекционный с подъемно-лопастной системой внутренних устройств. В передней (конусной) части барабана шесть винтовых дорожек, подводящих материал к секторам. Сушильный барабан заканчивается конусным патрубком, к наружному фланцу которого присоединено съемное подпорное кольцо с шестью люками, и имеет два бандаж, которыми опирается на металлические ролики, приводящие барабан в движение за счет приводного механизма 9. Зерно выгружается непрерывно при помощи шлюзового затвора разгрузочной камеры 3 и разгрузочного элеватора 5.

Охладительная колонка 4 вертикальная, образована из двух концентрических цилиндров, нижняя часть которых перфорирована, верхняя – сплошная. Кольцевое

пространство между цилиндрами служит емкостью для зерна, в которой происходит их охлаждение. К верхней части внутреннего цилиндра присоединен всасывающий патрубок вентилятора 6, который отводит отработавший воздух.

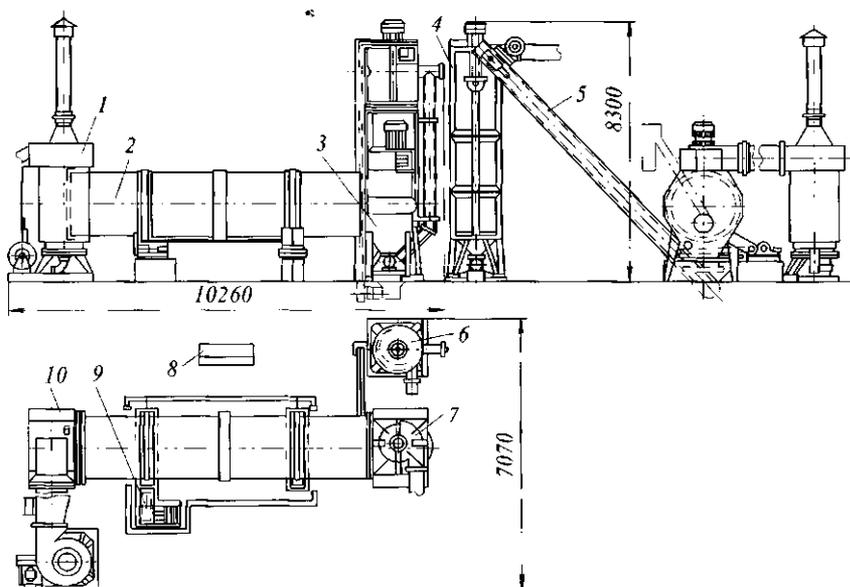


Рис. 17.8 Зерносушилка СЗСБ-8

Зерно через загрузочную камеру 10 поступает в сушильный барабан 2, где лопатки барабана и крестовины подхватывают зерно и поднимают его вверх, откуда оно сыпается вниз. При каждом таком сыпании под действием воздушного напора и подпора загрузки зерно перемещается вдоль барабана.

Агент сушки, выходя из топки 1 и проходя через барабан 2, омывает сыпавшийся с пола материал, высушивает его и отводится вентилятором 7. Зерносушилка работает под разрежением во избежание утечки агента сушки через неплотности. Сочиснение вращающегося барабана с загрузочной и разгрузочной камерами осуществляется через скользящие лабиринтовые уплотнения. Регулирование пропускной способности зерносушилки осуществляется с пульта управления 8.

Техническая характеристика барабанной зерносушилки СЗСБ-8

Производительность по пшенице при снижении влажности с 20 до 14 %, т/ч	8
Производительность по испаренной влаге, кг/ч	560
Установленная мощность, кВт	28,2
Расход условного топлива, кг/ч	95
Испарительная способность сушилки, кг/ч	560
Удельное количество теплоты на испарение влаги, кДж/кг	4975
Габаритные размеры, мм	10 260×7070×8300
Масса, кг	8300

Шнековая контактная сушилка К7-ФКЕ-7 для шквары (рис. 17.9) состоит из трех последовательно соединенных секций 7, установленных на раме 12. Секция имеет U-образный корпус с паровой рубашкой 5, патрубками 11 для подачи пара крышкой с загрузочной горловиной 1 и коллектором 6 для отвода влажного воздуха. Внутри корпуса вращается полый вал-труба 4, на поверхности которой приварен шнек 3. К концам трубы приваривают цапфы, которые устанавливают в подшипниках качения. Подшипники крепят в стаканах боковых стенок корпуса. На передних цапфах шнека устанавливают ведомые звездочки 17 цепной передачи. Ведущую звездочку устанавливают на выходном валу редуктора 15, соединенного клиноременной передачей 14 с электродвигателем 13 мощностью 5,5 кВт. Наружный диаметр шнека 302 мм, высота витка 28 мм, шаг витка 65 мм, частота вращения $0,09 \text{ с}^{-1}$. Через вторую цапфу по патрубку 8 во внутреннюю полость трубы 4 подается пар, а через патрубки 2 и 9 отводится конденсат, а через патрубок 10 выгружается продукт. Вводы патрубков герметизированы сальниковыми уплотнениями.

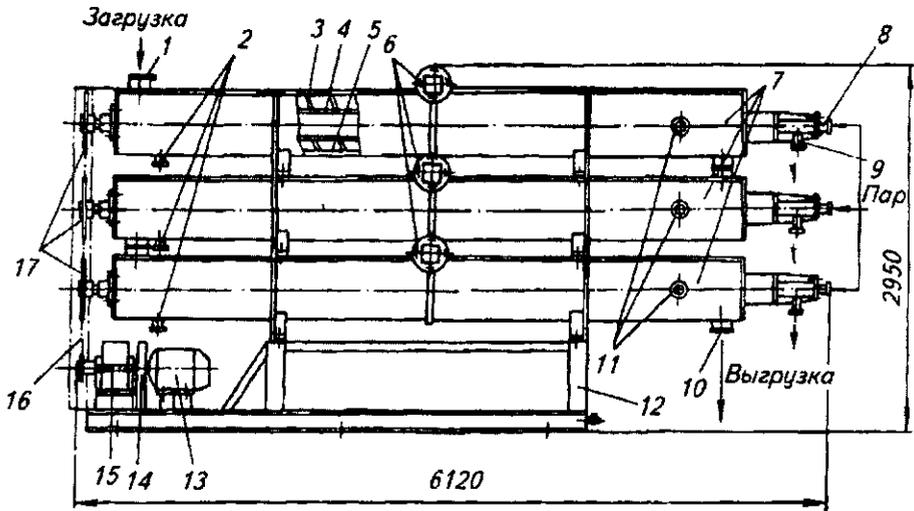


Рис. 17.9 Шнековая контактная сушилка К7-ФКЕ-7 для шквары

Вследствие сушки в тонком слое (30 мм) и развитой поверхности теплопередачи продолжительность процесса составляет 40 мин, а производительность аппарата (по сырью) – до 500 кг/ч. Влажность высушенного продукта 10 %. При давлении пара в рубашке до 0,4 МПа температура сухого продукта при выходе из третьей секции равна $105 \text{ }^\circ\text{C}$, что обеспечивает ее стерилизацию.

Инженерные расчеты. Уравнение, связывающее основные параметры работы аппарата с вращающимся барабаном, имеет вид

$$P = \left(\frac{4}{3}\right) \pi n (\alpha + \psi \cos \beta) / \left[\sin \beta (R^2 - r^2)^{3/2} \right],$$

где P – объемная производительность барабана, $\text{м}^3/\text{с}$; n – частота вращения барабана, с^{-1} ; α – угол наклона барабана, рад; ψ – угол наклона слоя к оси барабана, рад; β – угол естественного откоса сыпучего продукта, рад; R – внутренний радиус барабана, м; r – радиус, касающийся слоя материала, м.

Рабочий объем барабана V_6 (м³) рассчитывают по формуле

$$V_6 = W / A,$$

где W – производительность по испаренной влаге, кг/ч; A – напряжение объема барабана по испаренной влаге, кг/(м³·ч);

$$V_6 = (\pi / 4) D_6^2 l_6,$$

где D_6 – диаметр барабана, м; l_6 – длина барабана, м.

Продолжительность пребывания сыпучего продукта τ (ч) в аппарате с вращающимся барабаном

$$\tau = 2\xi\rho_n(u_1 - u_2) / \{ A[200 - (u_1 - u_2)] \},$$

где ξ – коэффициент заполнения барабана продуктом; ρ_n – насыпная плотность продукта, кг/м³.

Объем продукта, находящегося в барабане, V_n (м³)

$$V_n = \tau \Pi / (2\rho_n),$$

где Π – производительность барабанной сушилки по готовому продукту, кг/ч.

В общем случае время пребывания сыпучего продукта в барабане τ (с)

$$\tau = V_n / \Pi,$$

тогда коэффициент заполнения барабана продуктом ξ рассчитывается как

$$\xi = V_n / V_6.$$

Частота вращения барабана n (с⁻¹) при заданном угле наклона барабана α равна

$$n = kl_6 / (\tau D_6 \operatorname{tg} \alpha),$$

где k – эмпирический коэффициент.

Мощность N (кВт) электродвигателя барабана

$$N = 0,078 D_6^3 l_6 \rho_n k_a n,$$

где k_a – коэффициент, зависящий от вида насадки и степени заполнения барабана.



Ни в коем случае не принижая значение индивидуального труда ученого, нужно помнить, что в современную эпоху главное – коллективное творчество.
ПЕТРОВ БОРИС НИКОЛАЕВИЧ (1913–1980),
ученый в области автоматического управления,
академик АН СССР

17.5 КОНВЕЙЕРНЫЕ СУШИЛКИ

Конвейерные сушилки представляют собой конвейерные камеры, внутри которых расположены конвейеры и снабжены вентиляционным оборудованием. Сушка продукта в них осуществляется чистым, нагретым в паровых или огневых калори-

ферах воздухом, температура которого зависит от вида высушиваемого продукта и влажности.

Имеются одноярусные и многоярусные конвейерные сушилки, в которых материал перемешивается, пересыпаясь с одной ленты на другую. К конвейерным сушилкам относятся Г4-КСК-90 (для сушки картофеля и овощей), СКО-90 (для сушки овощей и фруктов), СПК-4Г и ЛС-2А (для сушки короткорезанных и длинных макаронных изделий), ЧСП (для сушки скрученного чайного листа) и др.

Конвейерная ленточная сушилка Г4-КСК-90 (рис. 17.10) имеет сварной металлический корпус 3, внутри которого расположены пять ленточных транспортеров, один над другим.

Продукт, загружаемый транспортером 2 на верхнюю ленту, последовательно перемещается с одной ленты на другую сверху вниз и выходит с нижней ленты со стороны, противоположной месту загрузки продукта в сушилку. На транспортере установлен раскладчик 1 скребкового типа, который приводится в движение от автономной приводной станции 12. Для подогрева воздуха между лентами транспортеров установлены подогреватели, каждый из которых снабжен собственным подводом пара и отводом конденсата. Воздух поступает под нижнюю ленту, а затем последовательно проходит через подогреватели и все вышерасположенные ленты. Влажный воздух удаляется через вытяжные камеры 4 с помощью осевых вентиляторов 6 через воздухопроводы 9. Вытяжные камеры снабжены клапанами 7 для регулирования отвода сушильного агента.

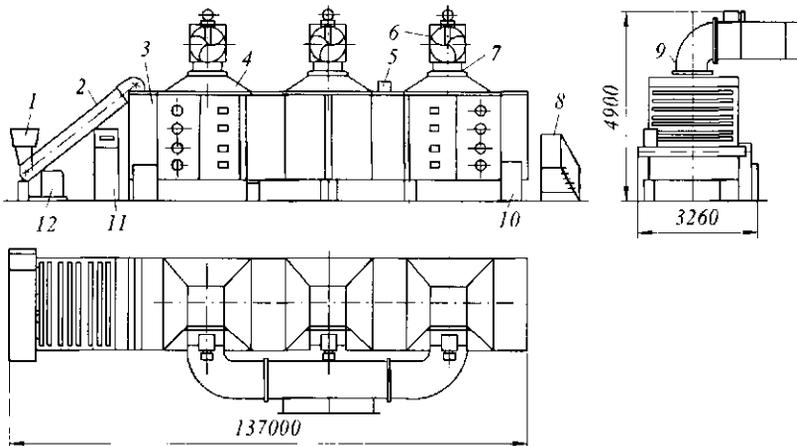


Рис. 17.10 Конвейерная ленточная сушилка Г4-КСК-90

Для перемешивания продукта с целью равномерной сушки и предотвращения слипания в начале верхнего ленточного конвейера установлен ворошитель-разравниватель, приводимый в движение от автономного привода 5. Для привода ленточных конвейеров сушильной камеры служат две станции 10: одна приводит в движение первый, третий и пятый, другая – второй и четвертый конвейеры. Для удобства обслуживания сушилка комплектуется лестницей 8, а также предусмотрен щит управления 11.

Достоинствами сушилки являются удобство выгрузки сухого продукта, а также возможность изменять режим сушки в зависимости от условий работы.

Техническая характеристика конвейерной ленточной сушилки Г4-ЖСК-90

Производительность по сухому картофелю, кг/с.....	0,046
Производительность по испаренной влаге, кг/ч.....	670
Площадь рабочей поверхности лент, м ²	90
Ширина ленты, мм.....	2000
Число конвейеров.....	5
Скорость ленты конвейера, м/мин.....	0,1...0,6
Общая площадь поверхности воздухоподогревателей, м ²	1465
Давление пара в воздухоподогревателях, МПа.....	0,3...0,8
Общий расход пара, кг/ч.....	2400
Удельный расход электроэнергии на 1 кг испаренной влаги, кВт·ч.....	0,015
Мощность электродвигателей, кВт.....	14,66
Подача отсасывающего вентилятора, м ³ /ч.....	55 000
Габаритные размеры, мм.....	13 700×3260×4900
Масса, кг.....	19 450

Конвейерная сушилка ЧСП-1М (рис. 17.11) состоит из сушильной камеры 3 с загрузочным элеватором 4, смесительной камеры 1, вентилятора 2 с приводом, разравнивателя 5 и выносных транспортеров. Работает по принципу противотока.

Сушильная камера закрыта со всех сторон, изготовлена из чугунных плит и панелей из листовой стали. В нижней части ее предусмотрен подвал для подачи воздуха. В сушильной камере в четыре ряда установлены пластинчатые конвейеры с опрокидывающимися пластинами, в результате обе ветви каждого конвейера используются в качестве рабочих поверхностей. Камера снабжена шлюзовым затвором 6 для выгрузки высушенного продукта. Движение конвейеров и механизмов сушильной камеры – от главного привода.

Техническая характеристика сушилки ЧСП-1М

Производительность, кг/ч:	
по сухому чаю.....	100...120
по зеленому листу.....	240...280
Количество испаренной влаги, кг/ч.....	150
Число рабочих ветвей конвейеров.....	4
Продолжительность сушки, мин.....	30
Температура поступающего воздуха, °С.....	80...90
Влажность материала, %:	
начальная.....	60...62
конечная.....	3...4
Температура отработанного воздуха, °С.....	50...60
Скорость воздуха при прохождении через слой чая, м/с.....	0,5...0,6
Общая полезная площадь конвейеров, м ²	53
Шаг конвейерной цепи, мм.....	55
Габаритные размеры, мм.....	12 645×4000×4210
Масса (без кирпичной кладки), кг.....	22 850

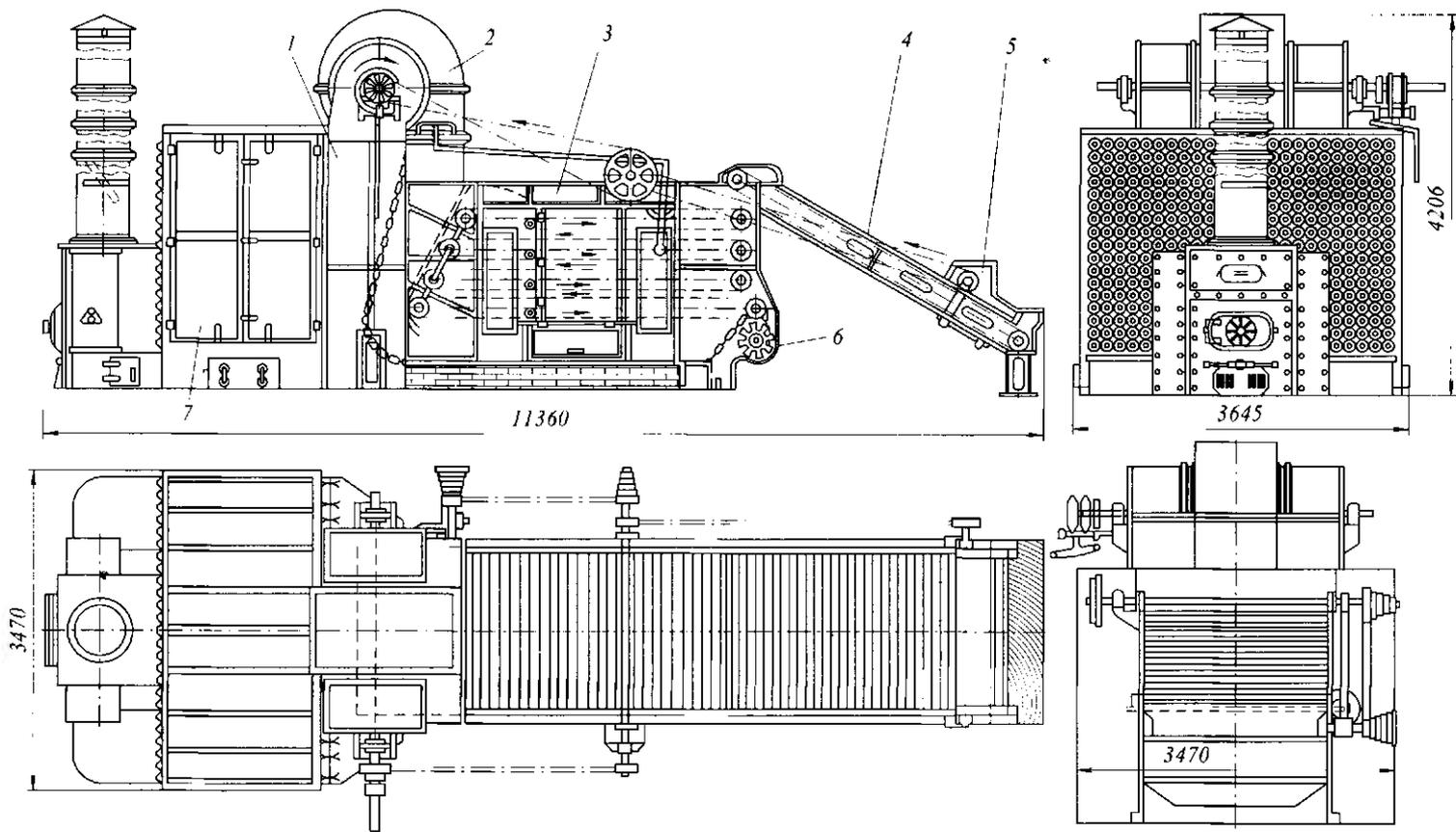


Рис. 17.11 Сушилка ЧСП-1М

Загрузочный элеватор крепится к сушильной камере, на нем смонтировано разравнивающее устройство с индивидуальным электроприводом.

Теплообменник 7 представляет собой камеру, собранную из чугунных плит. В передней и задней плитах соосно расположены гнезда, в которые вмонтированы калориферные трубы. С целью лучшего теплообмена в них вставлены спирали из листового железа. Боковые плиты (левая и правая) имеют двустворчатые двери из листового материала. К задней плите прикреплен воздухооборник. Топка и камера догорания обмурованы огнеупорным кирпичом. Для подачи и распыления топлива (мазута) топка снабжена форсункой и вентилятором высокого давления.

Воздух в калориферных трубках нагревается до необходимой температуры и подается вентилятором высокого давления.

Конвейерная тоннельная сушилка ЛС-2А (рис. 17.12) состоит из сушильного тоннеля 3 с лотком 1 и комплектом осевых вентиляторов 2, двух цепных конвейеров 9 для перемещения продукта, транспортера 4, возврата пустых кассет, вентиляционных систем для подачи воздуха в сушильный тоннель 12 и выброса отработавшего воздуха 11.

Сушильный тоннель 3 представляет собой сборный металлический каркас, внутри которого установлено 12 шкафов, в каждом из которых смонтировано по два осевых вентилятора 6 и 8, а также калориферы 7. Они установлены так, что направление движения воздуха в рядом стоящих шкафах противоположно. Этим достигается изменение направления обдувки воздухом макарон при перемещении. С обеих сторон шкафов, через весь тоннель, проходят два цепных конвейера. Со стороны загрузки сушилки конвейеры выходят за пределы тоннеля на 1300 мм, со стороны выгрузки к цепным транспортерам подходят роликовые конвейеры 5, которые служат накопителями готовой продукции, в то время, когда упаковка макарон не производится.

Привод 10 правого и левого цепных конвейеров осуществляется от электродвигателей через клиноременный вариатор и три червячных редуктора. Ленточный транспортер возврата расположен в двух горизонтальных и одной наклонной плоскостях. Привод ленточного транспортера возврата 4 осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу и червячный редуктор. Теплый воздух в количестве $7000 \text{ м}^3/\text{ч}$ подается в сушильную камеру центробежным вентилятором через калорифер. Отсос отработавшего воздуха из верхней зоны сушилки осуществляется центробежным вентилятором, установленным в конце тоннеля. Необходимым условием работы сушилки является некоторое избыточное давление воздуха внутри сушильного тоннеля, при этом не допускается приток воздуха через створки дверей и другие зазоры, так как это ухудшает качество изделий. Сушильный тоннель разделен на две зоны: первая со стороны входа в тоннель – зона предварительной сушки, здесь расположены два шкафа; вторая – зона окончательной сушки, здесь 10 шкафов. Зоны сушки разделены перегородками, имеют створки для прохода стопы кассет.

В обеих зонах сушильного тоннеля автоматически поддерживается необходимая температура ($35 \dots 41 \text{ }^\circ\text{C}$) и относительная влажность воздуха ($55 \dots 75 \%$) путем включения и выключения панели калорифера и количества поступающего пара с помощью электромагнитного вентиля. При производительности сушилки 375 кг/ч расход теплоты на сушку изделий составляет 209340 кДж/ч .

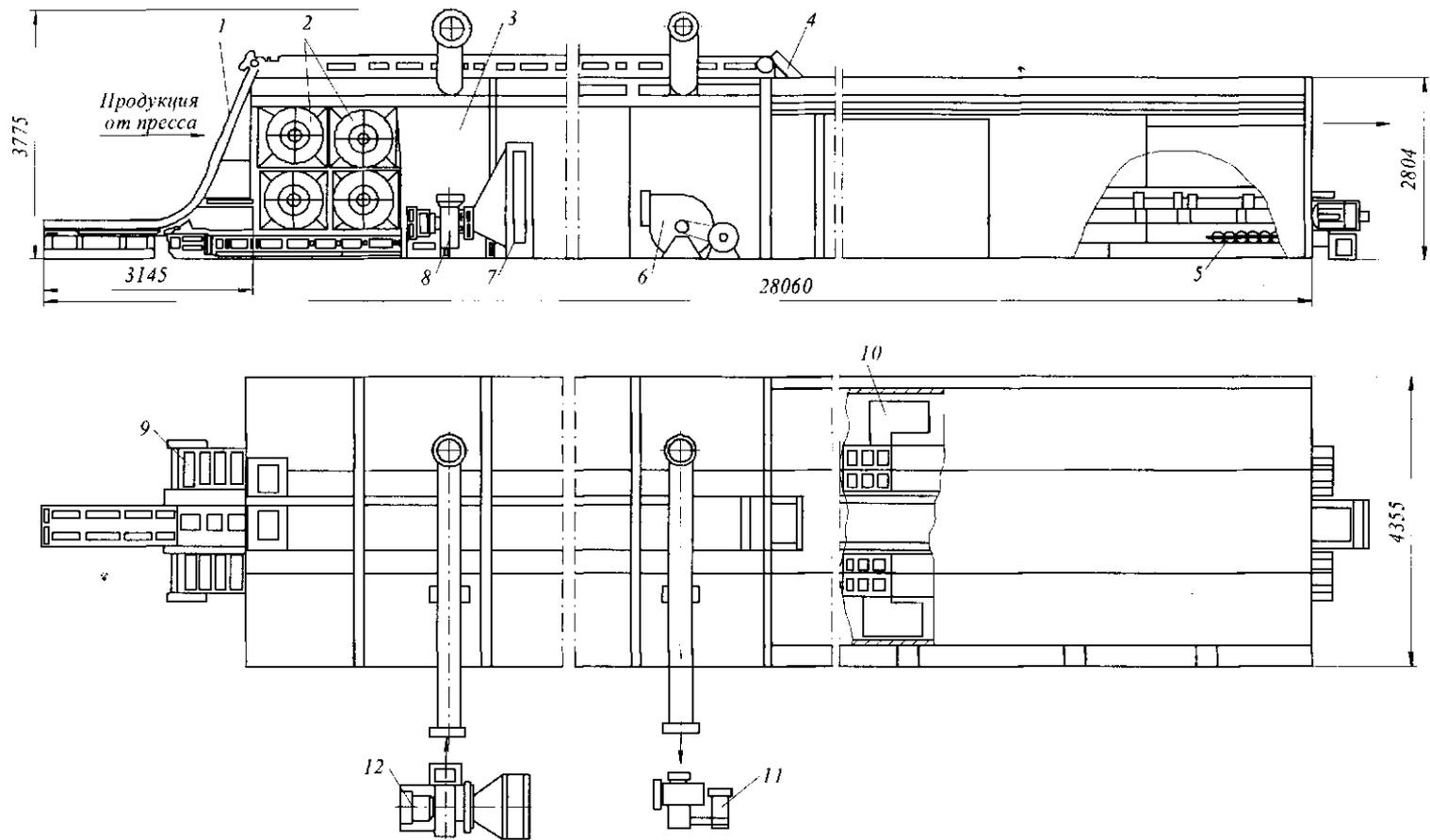


Рис. 17.12 Конвейерная сушилка ЛС-2А

Техническая характеристика сушилки ЛС-2А

Производительность, кг/ч	375
Число сушильных шкафов	12
Число осевых вентиляторов ЦАГИ № 7	24
Число цепных конвейеров	2
Размеры цепного конвейера, мм:	
длина	21 060
ширина	500
Скорость цепного конвейера, м/ч	500
Максимальное количество кассет на конвейере:	
по длине	32
по ширине	2
по высоте	22
Максимальное число кассет в сушилке	2816
Установленная мощность электродвигателей, кВт	39,04
Габаритные размеры сушилки, мм	28 060×4355×3775
Масса, кг	8200

Инженерные расчеты. Конвейерные ленточные (многоярусные) сушилки рассчитывают при помощи $I-d$ -диаграммы. Зная температуру и относительную влажность наружного воздуха и приняв температуру воздуха под и над лентой, строят теоретический и действительный процессы сушки.

Масса высушенного продукта, выходящего из ленточной сушилки Π (кг/ч), рассчитывается по формуле

$$\Pi = \Pi_1 \left[\frac{100 - u_1}{100 - u_2} \right],$$

где Π_1 – производительность по влажному продукту, кг/ч; u_1 и u_2 – начальное и конечное влагосодержание продукта, %.

Массовый расход воздуха на сушку L (кг/ч) определяется как

$$L = Wl,$$

где W – производительность по испаренной влаге в зоне сушки, кг/ч; l – расход воздуха на испарение 1 кг влаги, кг/кг:

$$l = 1000 / (d_2 - d_1),$$

где d_1 и d_2 – влагосодержание воздуха, г/кг.

Объемный расход воздуха $V_{\text{в}}$ (м³/с) рассчитывается по формуле

$$V_{\text{в}} = LV_{\text{в0}} \left[\frac{R(273 + t_0)}{(0,1 + \varphi_0 P_n) 10^6} \right],$$

где R – газовая постоянная, $V_{\text{в0}}$ – удельный объем воздуха, м³/кг; t_0 – температура наружного воздуха, °С; φ_0 – относительная влажность наружного воздуха, %; P_n – давление насыщенных паров при t_0 , Па.

Расход теплоты в воздухоподогревателе Φ (Дж/ч) определяется как

$$\Phi = Wq,$$

где q – удельное количество теплоты, отнесенный к 1 кг испаренной влаги, Дж/кг,

$$q = k(I_1 - I_0),$$

где I_1 и I_0 – энтальпия влажного воздуха до калорифера и после него (находят по I - d -диаграмме), Дж.

Площадь поверхности нагрева F_g (m^2) воздухоподогревателя равна

$$F_g = \Phi / (k\Delta t),$$

где k – коэффициент теплопередачи, $Вт/(m^2 \cdot K)$; Δt – средняя логарифмическая разность температур, $^{\circ}C$.

Расход пара E (кг/с) на сушку рассчитывается по формуле

$$E = \Phi / (i - i_k),$$

где i и i_k – удельная энтальпия греющего пара и конденсата, Дж/кг.

Площадь ленточной сушилки F_c (m^2)

$$F_c = G_2 / q_{y0},$$

где G_2 – масса сухого продукта, кг; q_{y0} – удельная производительность сушилки по сухому продукту, $кг/(m^2 \cdot ч)$.

Общая длина лент сушилки l_c (м)

$$l_c = F_c / b,$$

где b – ширина ленты, м.



Мыслящий и работающий человек есть мера
всему. Он есть огромное планетное явление.
ВЕРНАДСКИЙ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ (1863–1945),
естествоиспытатель, основоположник
учения о биосфере, академик АН СССР

17.6 АГРЕГАТЫ С КИПЯЩИМ И ВИБРОКИПЯЩИМ СЛОЯМИ

Агрегаты с кипящим и виброкипящим слоями используют для сушки различных мелкозернистых продуктов, внутри которых на одной или нескольких ступенчатых решетках продукт высушивается в «кипящем» или «виброкипящем» состояниях.

Для обеспечения равномерного кипения частиц продукта агент сушки подается на решетку равномерно и с соответствующей скоростью распределяется по всей площади. Сушка в виброкипящем слое характеризуется высокой интенсивностью, но сопряжена с повышенным расходом электроэнергии.

По гидродинамическому признаку агрегаты с кипящим слоем могут иметь прямоугольную или цилиндрическую формы, коническую форму с фонтанирующим или вихревым слоями, а также с локальным фонтанированием. По способу теплоподвода конструкции агрегатов можно разделить на агрегаты с подводом теплоты только с псевдоожижающим агентом, с перегретым распыливаемым раствором и кондуктивно – через теплообменник в слое.

Сушилки РЗ-ОСС применяют для сушки молочного сахара; сушилки А1-КВР-12 – для сушки круп и хлебопекарных дрожжей; сушилки А1-ОГК – для сушки казеина; установки А1-ФМУ – для сушки меланжа.

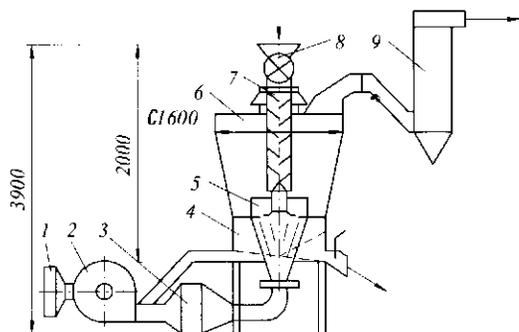


Рис. 17.13 Сушильная установка для сушки молочного сахара P3-OCC

Сушилка P3-OCC (рис. 17.13) состоит из сушильной камеры 6, виброколонки для подсушивания продукта 7, зоны интенсивной сушки 5, зоны охлаждения 4. Продукт загружается питателем 8, выгружается через выпускное устройство в нижней части охладителя. Воздух засасывается вентилятором 2 через фильтр 1 из атмосферы, нагнетается в калорифер 3 и отводится через скруббер 9.

Влажный продукт питателем подается в виброколонку 7, затем попадает в зону сушки 5 и далее в зону охлаждения 4.

Техническая характеристика установки P3-OCC

Производительность по сухому продукту влажностью 3 %, кг/ч.....	200...250
Начальная влажность продукта, %.....	10...13
Расход пара, кг/ч.....	50
Установленная мощность, кВт.....	8,3
Габаритные размеры, мм.....	3700×1700×370
Масса, кг.....	1950

Сушилка A1-ОГК (рис. 17.14) содержит сушильную камеру 3 с питателем 2 для подвода исходного сырья, калориферно-вентиляционные станции первого и третьего коробов 1, второго и четвертого коробов 4, циклонную установку 5 и отсасывающий вентилятор 6. Вибропривод 8 сушильной установки расположен между вторым и третьим коробами сушилки.

Техническая характеристика сушилки A1-ОГК

Производительность, кг/ч:	
по высушенному казенну	200
по испаренной влаге	до 300
Площадь поверхности сит, м ²	7,2
Амплитуда колебаний, мм.....	8
Частота колебаний, Гц.....	6
Температура агента сушки (при давлении 0,4 МПа), °С.....	110
Расход пара, кг/ч.....	950
Расход воздуха (максимальный), м ³ /ч.....	25000
Установленная мощность, кВт.....	35
Габаритные размеры, мм.....	8260×2470×3980
Масса, кг.....	9500

Короба сушилки попарно крепятся между собой при помощи стяжек 10. Привод сушильной установки осуществляется от электродвигателя 13, соединенного ременной передачей с промежуточным валом, который при помощи конических передач

соединен с двумя эксцентриковыми валами 11, расположенными перпендикулярно продольным осям коробов. Эксцентриковые валы снабжены маховиками, установлены в подшипниках и с помощью двух пар эксцентриков (сдвинутых по фазе на 180°), шатунов 9 и пальцев передают вибрацию парам коробов, соединенных с пластинчатыми и роликовыми направляющими 7, благодаря чему обеспечивается вертикальная вибрация. Обслуживающие площадки 12 в сушилке вынесены наружу, а стенки камеры приближены к стенкам коробов. Шатуны снабжены резинометаллическими шарнирами, что повышает надежность работы соединений.

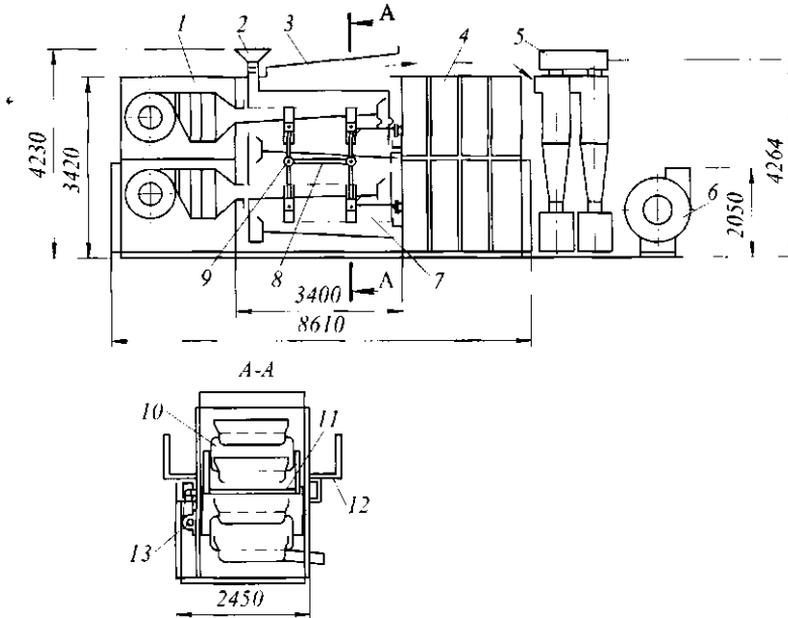


Рис. 17.14 Сушилка А1-ОГК для сушки казенна

Техническая характеристика сушилки А1-ФМУ

Производительность, кг/ч:	
по сырью	75...80
по испаренной влаге	55...60
по порошку	20...21
Установленная мощность, кВт	20
Потребляемая мощность, кВт	14,1
Расход пара, кг/ч	200
Давление пара, МПа	0,3...0,4
Температура подаваемого воздуха, °С	110...120
Удельное потребление на 1 кг испаренной влаги:	
электроэнергии, кВт	0,235
тепловой энергии, кДж	7626
пара, кг	3,32
Удельный расход металла, кг на	
1 кг испаренной влаги	57
Занимаемый объем, м ³	60
Масса, кг	3470

Сушилка А1-ФМУ (рис. 17.15) относится к виброкипящим установкам с использованием инертных носителей. В сушилке вибрирует только газораспределительная решетка 6, установленная с небольшим зазором в сушильной камере 1. В установке применен эксцентриковый одновальный вибропривод 5 с вращающимися противовесами. Сушильная камера 1 теплоизолирована и имеет внутренний диаметр 600 мм.

В состав установки входят caloriferно-вентиляционная камера 2, а также расходный 3 и приемный 4 баки, установленные на раме 12. Форсунки 9 распыляют продукт и наносят его на поверхность инертного материала, который, вибрируя на решетке 6, контактирует с отбойной сеткой 7. Циклоны 11 улавливают высушенный продукт и направляют его в сборные бачки 8. Сушилка снабжена дверцами 10 для технологических целей.

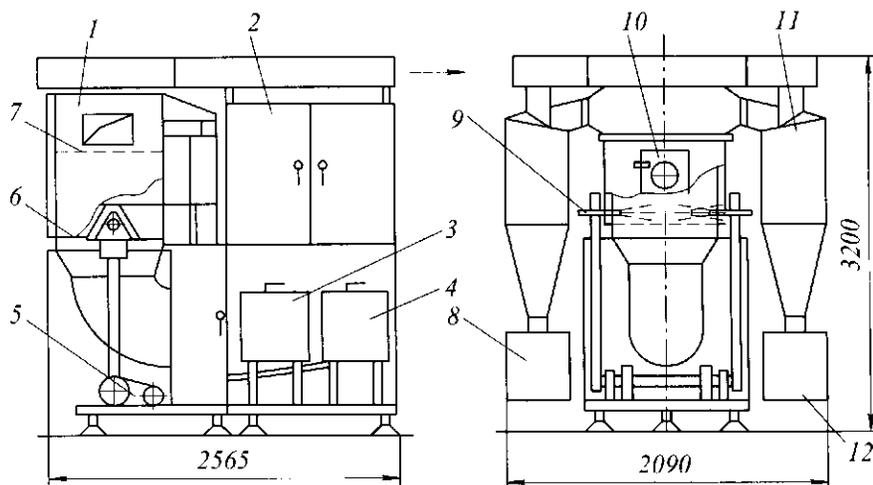


Рис. 17.15 Вибросушилка с использованием инертных материалов А1-ФМУ

Инженерные расчеты. В расчетах аппаратов с кипящим слоем рассчитывают критическую скорость течения для частиц материала максимального диаметра d_{max} (м) из соотношения

$$Re = Ar / (1400 + 5,22\sqrt{Ar}),$$

где $Ar = gd_{max}^3 (\rho_1 - \rho_2) / (\eta_i^2 \rho_2)$ – число Архимеда; ρ_1, ρ_2 – соответственно плотности продукта и сушильного агента, $кг/м^3$; η_i – кинематическая вязкость сушильного агента, $м^2/с$.

Откуда критическая скорость течения v_k (м/с) определяется как

$$v_e = (Re\eta_i) / d_{max},$$

причем для обеспечения устойчивого режима течения средняя скорость сушильного агента в аппарате равна $v = (2...3)v_k$.

Площадь газораспределительной решетки аппарата F ($м^2$) рассчитывается в виде

$$F = V/v,$$

где V – средний объемный расход воздуха в сушилке, $м^3/с$.

Коэффициент межфазного теплообмена для частиц продукта со средним диаметром d (м) определяется из уравнения

$$Nu = 0,4(Re / \varepsilon)^{0,67} Pr^{0,33},$$

где ε – средний коэффициент порозности слоя (0,55...0,7); $Pr = \nu / a$ – число Прандтля; a – коэффициент температуропроводности сушильного агента, м²/с.

Коэффициент межфазного теплообмена α_m [Вт/(м²·К)] равен

$$\alpha_m = Nu \lambda / d,$$

где λ – коэффициент теплопроводности сушильного агента, Вт/(м·К).

Средний температурный напор теплоносителя Δt (°С) составит

$$\Delta t = (t_1 - t_2) / \ln[(t_1 - \Theta) / (t_2 - \Theta)],$$

где t_1, t_2 – температуры воздуха на входе в сушилку и на выходе из нее, °С; Θ – конечная температура продукта, °С.

Требуемая поверхность дисперсного продукта в сушилке S (м²) равна

$$S = \Phi / 3,6 \alpha_m \Delta t,$$

где Φ – расход теплоты, полезно используемой в сушилке, кДж/ч.

Объем слоя высушиваемого продукта V_n (м³) в сушилке

$$V_n = [d / \Pi \varphi (1 - \varepsilon)] S,$$

где Π – производительность сушилки, кг/ч; φ – коэффициент формы частиц продукта.

Минимальная высота слоя h_{min} (м) продукта в аппарате

$$h_{min} = V / F.$$

Высоту слоя высушиваемого материала, обеспечивающую требуемую среднюю продолжительность процесса сушки, определяют из соотношения

$$h = \Pi \tau / [\rho_1 F (1 - \varepsilon)],$$

где τ – продолжительность сушки, ч.



Те, кто, слушая, не понимают, уподобляются глухим, о них свидетельствует изречение: «присутствуя, они отсутствуют». ГЕРАКЛИТ ЭФЕССКИЙ (542 до н. э. – неизв.), древнегреческий философ

17.7 РАСПЫЛИТЕЛЬНЫЕ СУШИЛКИ

Распылительные сушилки используются для сушки жидких и пастообразных продуктов (молоко, меланж, соки, экстракты, витамины, ферменты и др.). По способу распыления они подразделяются на дисковые и форсуночные. Вследствие распыления продукта на мелкие частицы в этих установках создается большая площадь соприкосновения продукта с горячим воздухом, при этом процесс сушки протекает в течение нескольких секунд, а продукт при высушивании находится во взвешенном состоянии.

Распылительная сушилка ЦТР-500 (рис. 17.16) предназначена для получения сухого молока из концентрированного, обезжиренного или цельного молока.

Сушилка представляет собой установку конвективной распылительной сушки смешанного типа (содержит элементы противоточных и прямоточных сушилок) с вертикальной цилиндрической камерой, паровым нагревом воздуха и нижним его подводом в камеру, центробежным распылением жидкого продукта и очисткой отработавшего воздуха в тканевом фильтре.

Концентрированный продукт поступает в бак 1 сгущенного продукта, откуда центробежным насосом подается в расходный (напорный) бак 2. Из него по вертикальному трубопроводу 8 через регулирующий клапан поступает в сушильную камеру 3 на распыливающий сопловой диск, приводимый во вращение с помощью паровой турбины. При вращении диска с большой скоростью происходит диспергирование жидкого продукта в объеме сушильной камеры с образованием факела.

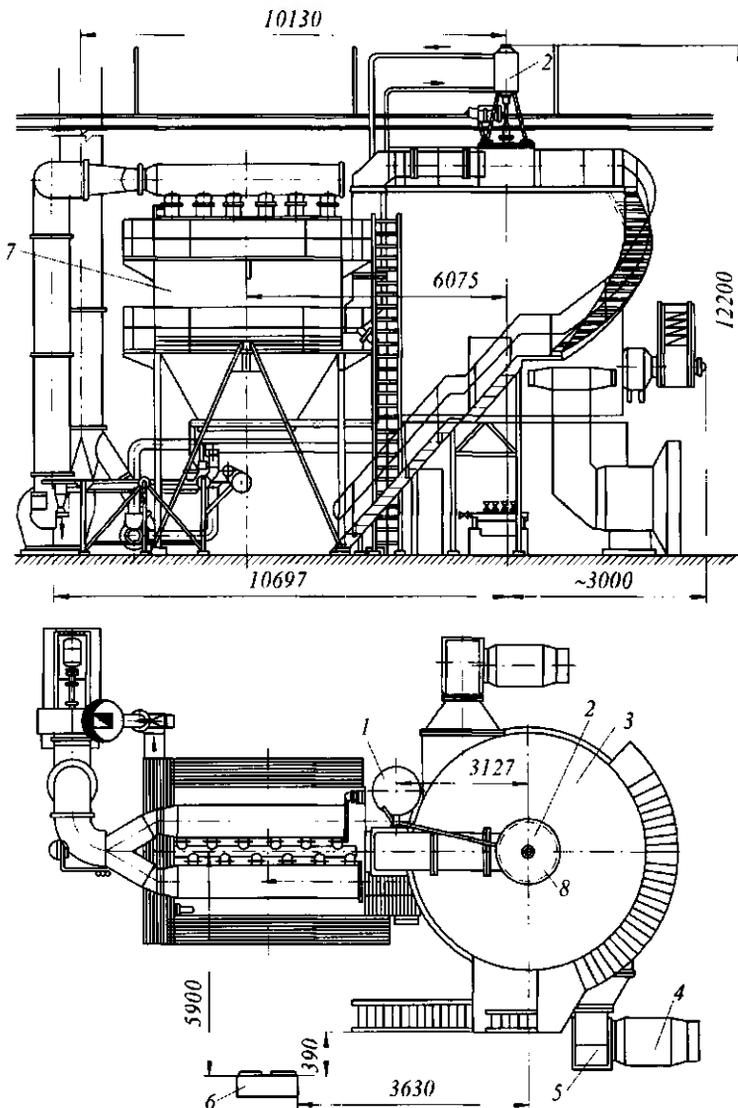


Рис. 17.16 Распылительная сушилка ЦТР-500

Воздух из помещения, очищенный в воздушных фильтрах 4 и нагретый в паровых калориферах 5, поступает в сушильную камеру через два радиальных отверстия, расположенных в нижней ее части.

В результате контакта нагретого воздуха и факела распыла жидких частиц продукта происходит их обезвоживание и образование твердых частиц сухого продукта. При этом имеет место сепарация сухих частиц в сушильной камере – крупные частицы оседают на дно, откуда с помощью скребкового механизма и шнекового транспортера поступают на охлаждающее сито. Мелкие частицы подхватываются потоком отработавшего воздуха и через отверстие в верхней части камеры уносятся в рукавный тканевый фильтр 7. Частицы продукта отделяются от воздуха и поступают в шнековый транспортер, где смешиваются с камерной фракцией. Очищенный отработавший воздух вентилятором выводится в атмосферу. С помощью регулятора можно менять частоту вращения паровой турбины и соответственно распыливающего диска. Сушилка снабжена пультом управления 6.

Техническая характеристика сушилки ЦТР-500

Производительность по испаренной влаге, кг/ч.....	500
Производительность по сгущенному молоку, поступающему на сушку, кг/ч	1000
Давление греющего насыщенного пара, МПа.....	0,7...1,0
Расход пара, кг/ч	1550
Расход воды на маслоохладитель турбины, м ³ /ч.....	0,9
Установленная мощность электродвигателей, кВт.....	38
Габаритные размеры, мм.....	14 700×10 000×12 200
Масса, кг.....	39 640

Распылительная сушилка СРЦ-8/300-НК (рис. 17.17) применяется для сушки кормовых дрожжей с нижним подводом теплоносителя. Корпус сушилки 9 представляет собой цилиндрический аппарат с коническим днищем. Раствор распыливается центробежным устройством 13 с помощью диска 10. Сушильный агент подается в верхнюю часть установки по газоподводящей трубке 7, на конце которой установлен диспергатор 8, предназначенный для создания в сушильной камере вращательного движения теплоносителя и его лучшего контакта с продуктом.

Техническая характеристика СРЦ-8/300-НК

Производительность по испаренной влаге, кг/ч.....	3000
Температура, °С:	
на входе	135...470
на выходе	60...100
Начальная влажность исходной суспензии, %	78...90
Напряженность по испаренной влаге, кг/(м ³ ·ч).....	4...14
Дисперсность готового продукта, мкм	30...70
Рабочий объем сушильной камеры, м ³	300
Внутренний диаметр, м	6,5
Высота цилиндрической части, м.....	6,0
Масса, кг	38 000

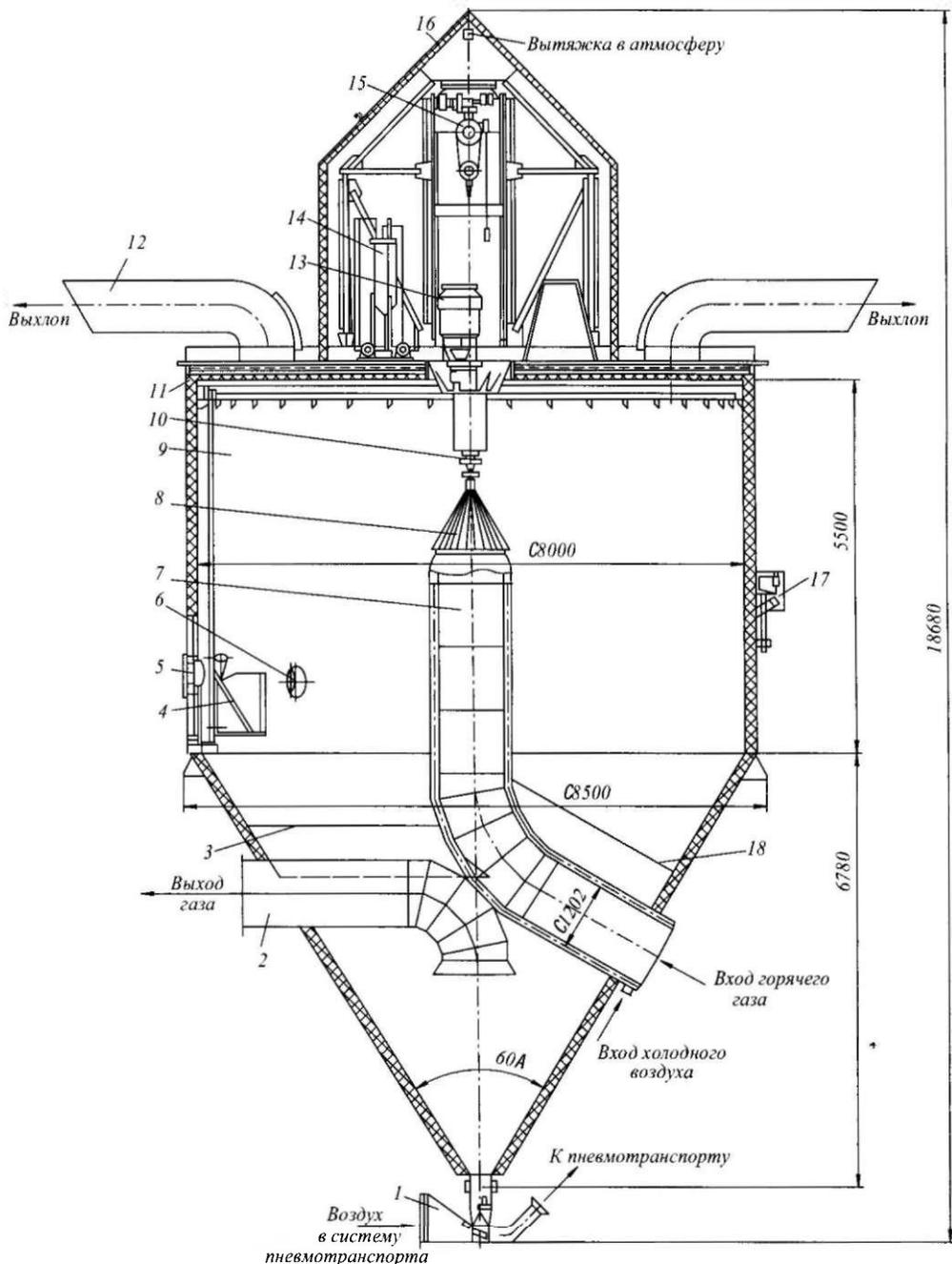


Рис. 17.17 Распылительная сушилка СРЦ-8/300-НК

Распыленные капли продукта подхватываются потоком продукта и устремляются вниз. Влага испаряется, а мелкий высушенный порошок осаждается в конусном днище и через разгрузочное устройство 1 поступает в систему пневмотранспорта. Для стряхивания частиц, осевших на стенках, установлены вибраторы 17. Отра-

ботанный теплоноситель удаляется через газоотводящую трубу 2 в циклон для отделения порошка. Для осмотра аппарата предусмотрены тележка 4, светильник 6, дверь 5. На корпусе 9 смонтированы предохранительные клапаны 3 и 18 в виде откидывающихся дисков и патрубки 12 для выхлопа сушильных газов при резком увеличении давления. Для снижения теплопотерь предусмотрена изоляция 11.

Для смазки центробежно-распыливающего устройства 13 в верхней части установлен масляный фильтр 14. Подъем распыливающего устройства осуществляется электроталью 15, закрепленной на шатре 16.

Инженерные расчеты. Общую площадь поверхности частиц F (м^2) в конце распылительной сушилки можно определить по формуле

$$F = 6m_n / (d_{cp} \rho_n),$$

где m_n – масса распыленного продукта, кг; ρ_n – плотность продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Средний диаметр частиц продукта d_{cp} (м) рассчитывается по формуле: при дисковом распылении

$$d_{cp} = (1 / \omega) \sqrt{\sigma / (R \rho_n)},$$

где ω – угловая скорость вращения диска, $\text{рад}/\text{с}$; σ – поверхностное натяжение продукта, $\text{Н}/\text{м}$; R – радиус диска, м;

при форсуночном распылении

$$d_{cp} = 8k\sigma g / (\rho_a v_n),$$

где k – коэффициент, зависящий от свойств жидкости; ρ_a – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$; v_n – скорость струи продукта, входящего в сопло, $\text{м}/\text{с}$.

Продолжительность распылительной сушилки τ_c (с) определяется по уравнению

$$\tau = 0,167 \Phi \rho_n d_{cp} / (\alpha \Delta T_{cp} P_1),$$

где Φ – расход теплоты, отдаваемой продукту воздухом, $\text{Дж}/\text{с}$; α – коэффициент теплоотдачи от воздуха к поверхности частицы, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; ΔT_{cp} – средняя разность температур воздуха и продукта, К ; P_1 – производительность сушилки по исходному продукту, подаваемому в сушилку, $\text{кг}/\text{с}$;

$$\Delta T_{cp} = (T_1 - T_2) / \ln[(T_1 - T_m) / (T_2 - T_m)],$$

где T_1 и T_2 – начальная и конечная температура воздуха, К ; T_m – средняя температура мокрого термометра, К .

Расход теплоты Φ ($\text{Дж}/\text{с}$), передаваемой от воздуха к продукту, равен

$$\Phi = Wq + P_1 c_1 (T_2 - T_1),$$

где W – производительность по испаренной влаге, $\text{кг}/\text{с}$; q – удельное количество теплоты испарения влаги, $\text{Дж}/\text{кг}$; c_1 – теплоемкость продукта, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; T_1 и T_2 – начальная и конечная температура продукта, К .

Напряжение объема сушильной камеры по испаренной влаге A [$\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$] определяют по формуле

$$A = \alpha_v \Delta T_{cp} / q,$$

где α_v – объемный коэффициент теплообмена, Вт/(м³·К);

$$\alpha_v = \alpha F / V_k,$$

где V_k – объем сушильной камеры, м³.

Производительность распылительной сушилки по испаренной влаге W (кг/с) равна

$$W = AV_k.$$



Надо много учиться, чтобы осознать,
что знаешь мало.
МОНТЕЙЛЬ МИШЕЛЬ де (1533–1592),
французский философ и писатель

17.8 ВАКУУМ-СУБЛИМАЦИОННЫЕ СУШИЛКИ

Обезвоживание в глубоком вакууме пищевых материалов производится при остаточном давлении в сушильной камере 13,3...133,3 Па. При этом давлении сублимационная сушка протекает при отрицательных температурах, а вода находится в состоянии льда. Процесс сублимации льда и десублимации паров воды происходит при давлении и температуре ниже тройной точки фазового равновесия воды, которой соответствует температура 0,098 °С и парциальное давление водяных паров 613,2 Па.

При сублимационной сушке продукты сначала быстро замораживают, а потом помещают в вакуумную камеру, где производится откачка давления остаточных газов до 2,7...8,0 Па. В вакууме происходит интенсивное испарение льда с поглощением теплоты. Испаряемая влага не откачивается насосами, а конденсируется на десублиматорах, охлаждаемых до температуры ниже –55 °С.

При сушке сублимацией в период охлаждения и самозамораживания (первый период) испаряется 5...20 % влаги; в период сушки сублимацией (второй период) из продукта в замороженном состоянии удаляется 75...80 % влаги и при тепловой сушке (вакуумная досушка) удаляется 5...15 % влаги. Продолжительность сублимационной сушки длительная и колеблется от 8 до 20 ч (в зависимости от режима сушки).

Затраты количества теплоты на испарение 1 кг воды при сублимационной сушке (кДж/кг):

при замораживании воды.....	334,9
при сублимации льда (–15 °С).....	2869,2
при десублимации пара (–30 °С).....	2903,2
при плавлении льда	334,9
суммарные затраты.....	6442,2

Вакуум-сублимационная установка УСС-5 предназначена для сушки пищевых продуктов широкого ассортимента (творог с фруктовыми добавками, лук репчатый, шампиньоны, закусочные блюда, соки, напитки, первые и вторые кулинарно готовые обеденные блюда и др.) путем замораживания и последующего перехода льда в пар (минуя жидкую фазу) при нагревании под вакуумом.

Установка (рис. 17.18) состоит из трех блоков-модулей, каждый из которых включает в себя сублиматор 3 и выносной десублиматор 7. Системы холодоснабжения, вакуумирования, подачи жидкого теплоносителя, автоматического контроля, регулирования и управления процессом являются общими для всей установки. Суб-

лиматор представляет собой цилиндрический горизонтально установленный корпус с полусферическими крышками на торцах, внутри которого размещены горизонтальные нагревательные элементы 2 в виде набранных в секции плит в количестве 256 шт, по которым циркулирует высокотемпературный органический теплоноситель – дифенильная смесь (ДФС). В сублиматор по подвесным путям одновременно загружается 8 тележек, выполненных в виде двусторонних консольных этажерок, на которых помещаются противни с продуктами. Крышки сублиматоров всех трех блоков открываются при помощи гидравлического привода.

Десублиматор установки выносного типа выполнен в виде горизонтального цилиндрического аппарата с вертикальной перегородкой, разделяющей его объем на две половины. В каждой из них размещены по четыре вертикальных трубных секции, рабочая поверхность которых позволяет удалять влагу в течение 1...2 циклов сушки. Жидкий аммиак может подаваться последовательно в любую из секций. Предусмотрена возможность работы одной половины десублиматора в режиме оттаивания, а второй – в режиме вымораживания водяных паров. Оттаивание секций осуществляется путем заполнения водой соответствующего объема десублиматора. Каждый из отсеков соединен с сублиматором двумя вакуум-приводами диаметром 1200 мм с установленными на них вакуумными затворами.

Вакуум-насосная станция включает три насоса 5, работающих только в пусковой период, три основных и три резервных насоса 4, вакуумный коллектор 6, группу вакуумных затворов 1, обеспечивающих возможность работы насосов 4 и 5 на один блок и на всю систему.

Система холодоснабжения включает пять аммиачных двухступенчатых агрегатов общей холодопроизводительностью 3 142 500 кДж/ч. Каждый агрегат комплектуется компрессором с электродвигателем. Питание жидким аммиаком потребителей холода предусмотрено аммиачно-циркуляционной системой с нижней подачей жидкого аммиака.

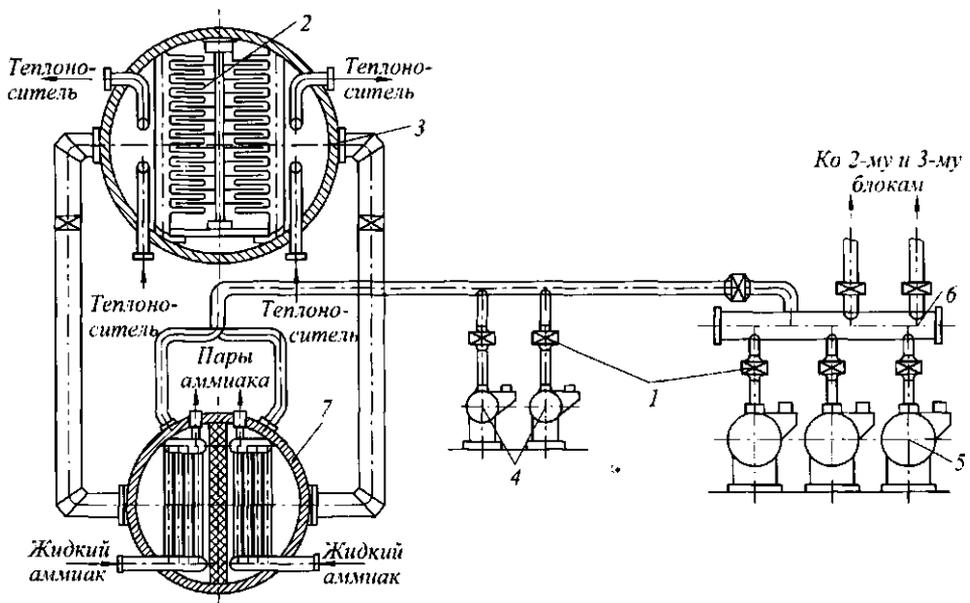


Рис. 17.18 Вакуум-сублимационная установка УСС-5

Техническая характеристика сублимационной сушилки УСС-5

Загрузка, кг.....	2700...3900
Продолжительность цикла сушки, ч.....	10...15
Число циклов, сут.....	2
Производительность, т/сут:	
по сырью.....	7,5
по испаренной влаге.....	6,0
по сухому продукту.....	1,5
Температура нагревателей, °С.....	180
Площадь рабочей поверхности десублиматора, м ²	176
Температура поверхности десублиматора, °С.....	40
Рабочее давление в сублиматоре, Па.....	60
Установленная мощность, кВт.....	310
Масса, кг.....	20 500

Вакуум-сублимационная установка В2-ФСБ (рис. 17.19) предназначена для сушки сырого и вареного мяса в ломтиках толщиной 10...14 мм или в виде фарша с толщиной слоя до 25 мм, а также творога и других продуктов питания.

Установка состоит из сублиматора 1, насосной установки 7 гидропривода, бака с насосом 8 для удаления подтаявшего льда, подвесных путей 4, поворотной стрелки 3, коллектора 5 вакуумных трубопроводов, газового аммиачного коллектора 2 десублиматоров, трубопроводов 6 для подачи жидкого аммиака в десублиматор, направляющих 9 для выдвигания нагревательных устройств, холодильной установки, системы энергопитания, системы автоматического контроля, регулирования и управления процессом.

Сублиматор 1 представляет собой цилиндрический горизонтально установленный корпус, внутри которого размещены десублиматор продуктовых тележек, два выдвигных нагревательных устройства, штанговый толкатель для передвижения продуктовых тележек, вакуумные и аммиачные трубопроводы с запорной арматурой. Встроенный десублиматор (конденсатор) выполнен из труб в виде десяти однорядных секций с индивидуальной подачей хладагента и разделен симметрично на две равные части по пять секций в каждой. Между секциями на подвесных путях размещаются нагревательные устройства и продуктовые тележки. Внутри корпуса предусмотрены два желоба для удаления льда с форсунками для его измельчения и гидротранспортировки, штанговый толкатель для загрузки продуктовых тележек в сублиматор и выгрузки их из сублиматора, подвесные пути. Корпус по торцам закрывается двумя шарнирно подвешенными крышками, в нижней части которого имеется три опоры.

Выдвигные нагревательные устройства состоят из двух тележек, выполненных в виде односторонних консольных этажерок, на которых закреплены электрические плоские нагревательные панели из нагревательного кабеля. Каждое устройство имеет 6 съемных панелей в горизонтальном ряду и 21 ряд панелей по вертикали.

Продуктовые тележки служат для размещения на них противней с сублимируемым продуктом. На каждой тележке размещается 20 рядов противней (по 2 противня в каждом).

Насосная установка 7 состоит из двух вакуум-насосов ВН-500М для предварительного вакуумирования в течение 8 мин до остаточного давления 100...50 Па и двух вакуум-насосов ВН-7ГМ для поддержания в сублиматоре рабочего давления в

течение всего периода сушки. Контроль вакуума в сублиматоре 1 и управление работой вакуум-насосов осуществляется вакуумметрами.

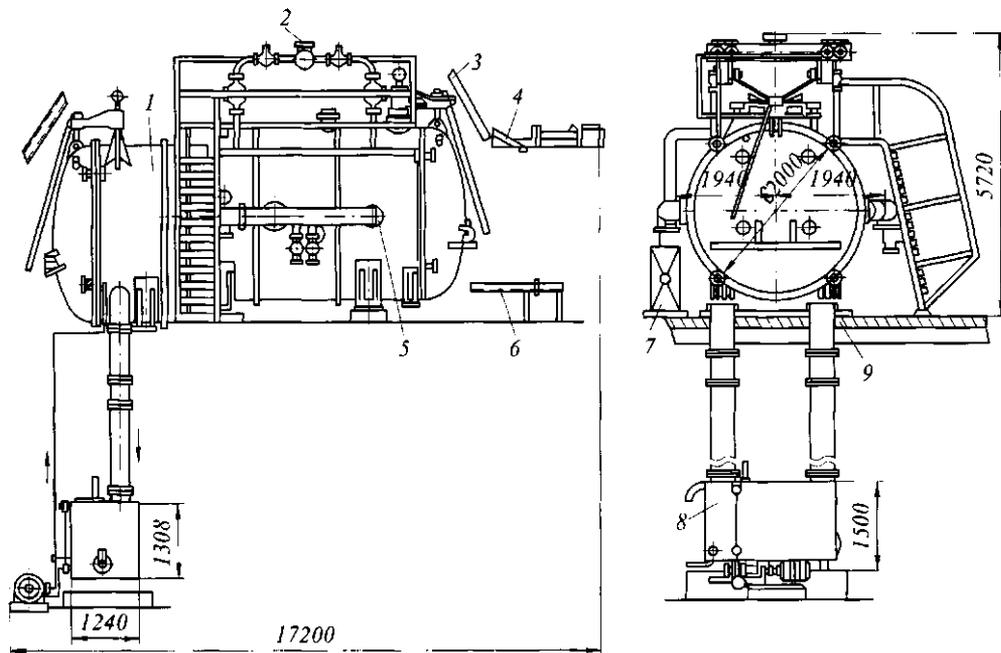


Рис. 17.19 Вакуум-сублимационная установка В2-ФСБ

Холодильная установка включает два двухступенчатых аммиачных холодильных агрегата АДСРБ-200 общей холодопроизводительностью 839 000 кДж/ч.

Система энергопитания содержит два трехфазных тиристорных блока, обеспечивающих плавное регулирование мощности на нагревателях. Температура поверхности нагревателей регулируется в пределах от 20 до 200 °С.

Подвесные пути 4 внутри и вне сублиматора 1 служат для выдвигания из сублиматора нагревательных устройств в целях их профилактического осмотра, ремонта и транспортирования.

Техническая характеристика сублимационной сушилки В2-ФСБ

Производительность по испаренной влаге, кг/сут	2300
Площадь противней, м ²	106,6
Загрузка противня продуктом, кг/м ²	10,5
Установленная мощность, кВт	628
Расход:	
воды, м ³ за цикл	21
холода при -35 °С, кДж/ч	471 625
Габаритные размеры, мм:	
сублиматора	8490×5140×4806
сушилки	17 200×5720×4806
Масса, кг	31 970

Вакуум-сублимационная сушилка непрерывного действия ВСГ (рис. 17.20) состоит из корпуса 4, установленного на шарнире и устройстве (подъемнике), регулирующем угол наклона корпуса к горизонту и соединенным патрубком с десублиматором и вакуум-насосом. Внутри корпуса 4 на опорных роликах установлен вращающийся барабан 5, состоящий из перфорированного и сплошного участков, причем в начале сплошного участка барабана 5 смонтированы насадки, по форме частично повторяющие профиль барабанного дозатора 7, который снабжен подпружиненными клапанами и укреплен на кронштейне 6. В самой нижней части насадки имеют овалообразные углубления, покрытые эластичными мембранами, соединенными с подпружиненными толкателями, взаимодействующими своими роликами с неподвижными копирами 10 и 11. При этом барабанный дозатор 7 с помощью валов установлен на подшипниках качения, корпуса которых снабжены пружинами растяжения, прикрепленными к неподвижной опоре, а внешняя цилиндрическая поверхность барабанного дозатора 7 имеет пазы. Вал дозатора выполнен полым и соединен с гофрированным гибким патрубком и трубопроводом. Внутри барабана над рабочей зоной размещена панель с источниками инфракрасного нагрева, под углом, соответствующим углу естественного откоса высушиваемого продукта и устанавливаемой рукояткой 9. Под перфорированным участком барабана расположен разгрузочный шнек 3, один конец вала которого соединен с приводом 2, другой конец – с цепной передачей. Корпус 4 снабжен разгрузочным патрубком и шлюзовым затвором.

Сушилка работает следующим образом. Посредством привода 2 приводятся во вращение разгрузочный шнек 3 и барабан 5. Привод 2 снабжен устройством 12 для натяжения цепи. В барабанный дозатор 7 подается через трубопровод, гофрированный гибкий патрубок и полый вал жидкий продукт. При вращении барабана 5 вступают в зацепление острые кромки насадок в пазы дозатора 7, приводя последний во вращение, что обеспечивает его перекачивание по насадкам. Одновременно при достижении подпружиненным клапаном середины овалообразного углубления посредством неподвижного копира 10 и толкателя происходит отжатие клапана и заполнение углубления жидким продуктом. Далее при выходе ролика толкателя из взаимодействия с неподвижным копиром 10 клапан возвращается в исходное положение, а жидкий продукт, находящийся в овалообразном углублении, под воздействием вакуума начинает интенсивно испаряться и самозамораживаться.

При этом надежность контакта барабанного дозатора 7 и насадок обеспечивается прижатием пружин растяжения. Образованная в результате самозамораживания пористая масса продукта разрушается при вращении барабана 5 и поступает в рабочую зону. Кроме этого процессу разрушения пористой массы со стороны углублений насадок способствует давление эластичных мембран, создаваемое посредством взаимодействия роликов толкателей с неподвижным копиром 11. В результате такого разрушения образуются неоднородные по размерам гранулы замороженного продукта.

При вращении барабана 5 продукт интенсивно перемешивается, измельчается и равномерно сохнет за счет тепла источников инфракрасного нагрева. Для обеспечения более полного использования энергии от источников инфракрасного нагрева их панель устанавливается рукояткой 9 под углом, соответствующим углу естественного откоса высушиваемого продукта.

При прохождении по сплошному участку барабана 5 гранул продукта происходит полная сублимация влаги из мелкодисперсной фракции, после чего она удаляется через перфорированный участок за пределы барабана 5.

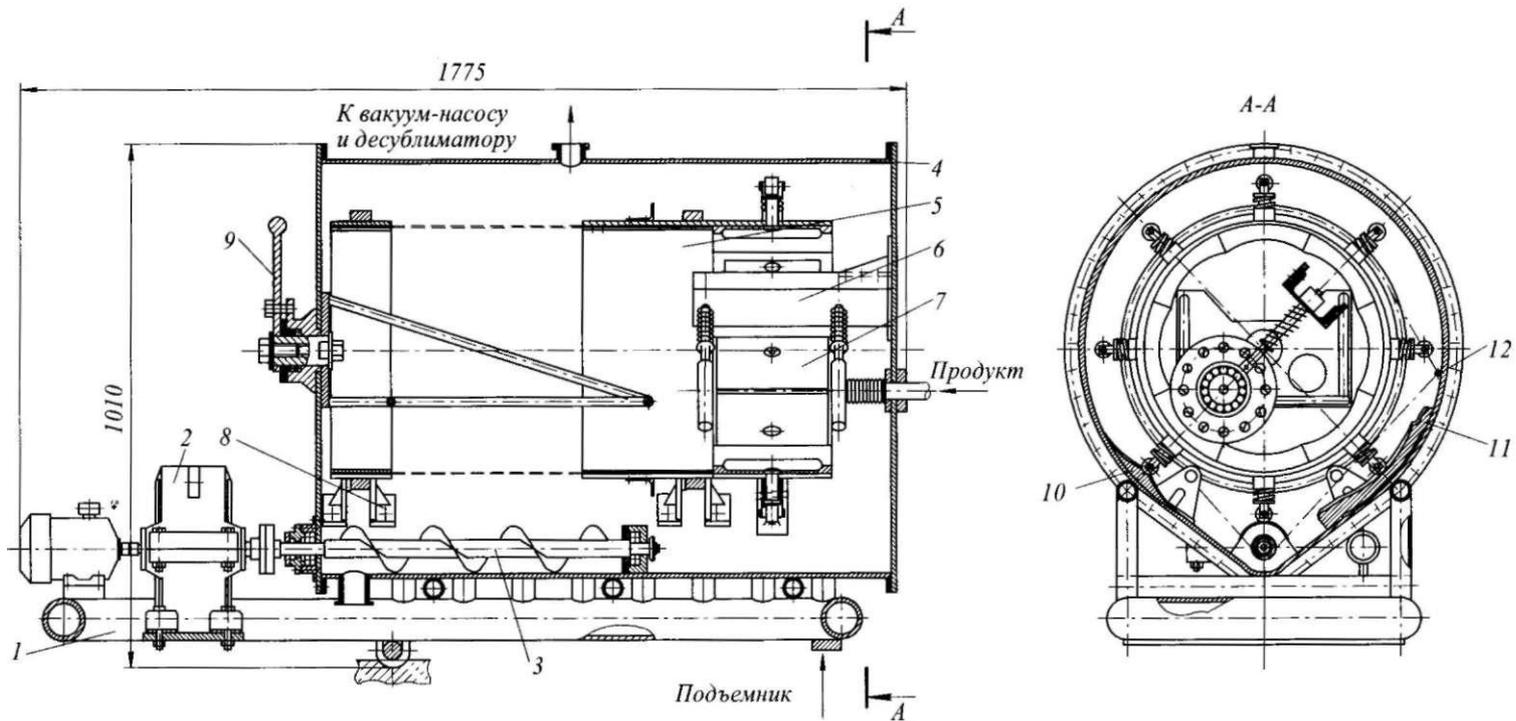


Рис. 17.20 Вакуум-сублимационная сушилка непрерывного действия ВСГ

Продолжительность прохождения продукта по сплошному участку регулируется изменением угла наклона к горизонту всей сушилки с помощью подъемника δ .

Оставшиеся крупные гранулы продукта досушиваются в перфорированной части барабана 5, где высохший слой продукта отделяется от гранул за счет трения их между собой и о перфорацию барабана 5 и, просыпаясь через ячейки, удаляется разгрузочным шнеком 3 через патрубок и шиловый затвор на конвейер 1.

Разработанная конструкция позволяет интенсифицировать процесс сушки по сравнению с периодической сушилкой и значительно снизить энергозатраты на получение готового продукта.

Техническая характеристика вакуум-сублимационной сушилки ВСГ

Производительность по раствору, л/ч, не менее	10,0...20,0
Давление в десублиматоре, Па	50...100
Температура панели десублиматора, °С	-50
Расход охлаждаемой воды, л/ч	400
Общая потребляемая мощность, кВт	80,0
Габаритные размеры, мм.....	1775×1010×950

Инженерные расчеты. Общее количество влаги, удаляемой из продукта за время сублимационной сушки $W_{общ}$ (кг), определяется по формуле

$$W_{общ} = m_1(1 - n/m) = m_2(u_1 - u_2)/(100 - u_2),$$

где m_1 – масса загружаемого продукта, кг; m_2 – масса сухого продукта, кг; n и m – начальное и конечное содержание сухих веществ в продукте, %; u_1 и u_2 – начальная и конечная влажность продукта, %.

Количество влаги, испарившейся в период самозамораживания W_1 (кг), рассчитывается как

$$W_1 = [W_{общ}c_{ж}(t_1 - t_0) + W'c_s(t_0 - t_2) + W'r_n + m_2c_0(t_1 - t_2)] / r_{исп}$$

где $c_{ж}$, c_s и c_0 – соответственно теплоемкости влаги, льда и сухого продукта, Дж/(кг·К); t_0 , t_1 и t_2 – температура затвердевания, начальная и конечная температура продукта, К; W' – количество самозамораживающейся влаги при температуре -15 °С, кг ($W' = 0,8W_{общ}$); r_n и $r_{исп}$ – удельное количество теплоты плавления льда и испарения при средней температуре продукта, Дж/кг.

Количество влаги, испарившейся в период сушки сублимацией W_2 (кг), составляет

$$W_2 = (0,75...0,85)W_{общ}.$$

Количество влаги, удаляемой в период вакуумной досушки W_3 (кг), равно

$$W_3 = W_{общ} - (W_1 + W_2).$$

Потребное количество теплоты за время сублимации и тепловой сушки Q (Дж)

$$Q = W_2r_c + W_3r_{исп},$$

где r_c – удельное количество теплоты сублимации, Дж/кг.



Неразумные животные, которые должны заботиться только о своем теле, непрерывно заняты лишь поисками пищи для него; для человека же, главную часть которого является ум, на первом месте должна стоять забота о снижении его истинной пищи – мудрости.
ДЕКАРТ РЕНЕ (1596–1650), французский философ и математик

17.9 МИКРОВОЛНОВЫЕ СУШИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Все пищевые продукты – диэлектрики, имеющие высокую диэлектрическую проницаемость и низкую электропроводность. Поэтому пищевые среды могут подвергаться диэлектрическому нагреву, связанному с дипольной поляризацией. Эффекты поляризации в переменных высокочастотных электромагнитных полях связаны с затратой энергии поля, поскольку непрерывное изменение направления поляризации сопровождается выделением тепловой энергии в вещество.

Диэлектрический нагрев пищевых сред и их обезвоживание наиболее эффективны в СВЧ-диапазоне электромагнитных волн длиной $0,3 \dots 0,003$ м. Для промышленного применения микроволновой сушки пищевых продуктов разрешено использование СВЧ-диапазона волн с частотами 915 ± 25 и 2450 ± 50 МГц. Причем для различных пищевых материалов глубина проникновения электромагнитной волны зависит от ее частоты, диэлектрической проницаемости и тангенса угла магнитных потерь.

Микроволновая вакуумная сушилка (барабанного типа) (рис. 17.21) предназначена для сушки штучных материалов, где удаление влаги производится с помощью градиента давления, температурного градиента и градиента влагосодержания. При этом кипение влаги в материале достигается при температурах $50 \dots 60$ °С.

Установка состоит из сушильной камеры 1 барабанного типа, штабелирующего устройства 2, магнетронов 3 (расположенных на обечайке барабана), вакуум-насоса 4 и системы контроля и управления 5.

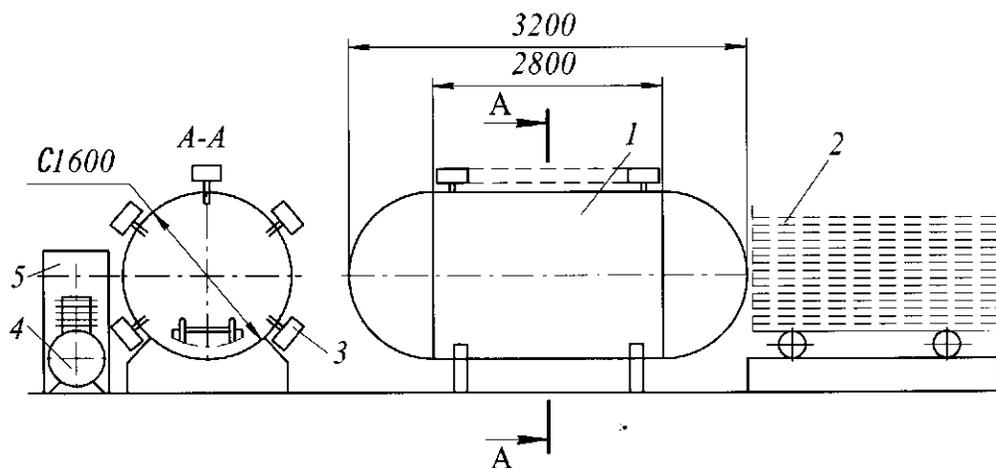


Рис. 17.21 Микроволновая вакуумная сушилка (барабанного типа)

Техническая характеристика микроволновой вакуумной сушилки (барабанного типа)

Производительность, м ³ /сут.	3,0
Объем загрузок, м ³	3,0
Объем рабочей камеры, м ³	6,2
Продолжительность сушки, ч.	10...15
Удельное потребление электроэнергии, кВт·ч/м ³	220
Мощность СВЧ-генераторов, кВт	34
Глубина вакуума, МПа	0,06
Установленная мощность, кВт	70
Габаритные размеры, мм	3200×1800×2000

Микроволновая сушилка (шнекового типа) (рис. 17.22) предназначена для сушки сыпучих продуктов (зерно, крупы и др.). Установка состоит из корпуса 6, внутри которого размещен шнек 7, приводимый во вращение от привода 8. Над шнеком 7 размещены магнетроны 5, обеспечивающие микроволновое воздействие на движущийся продукт и состоящие из воздуховода магнетрона 2 и внешнего воздуховода 3. На выходе корпуса 6 размещен вентилятор 4, продувающий движущийся слой высушиваемого продукта. На входе установлены загрузочная камера 1 и блок управления.

Техническая характеристика микроволновой сушилки (шнекового типа)

Производительность, кг/ч	200...250
Влажность, %:	
начальная	10...12
конечная	5...6
Установленная мощность, кВт	15,0
Габаритные размеры, мм	3000×1000×1000

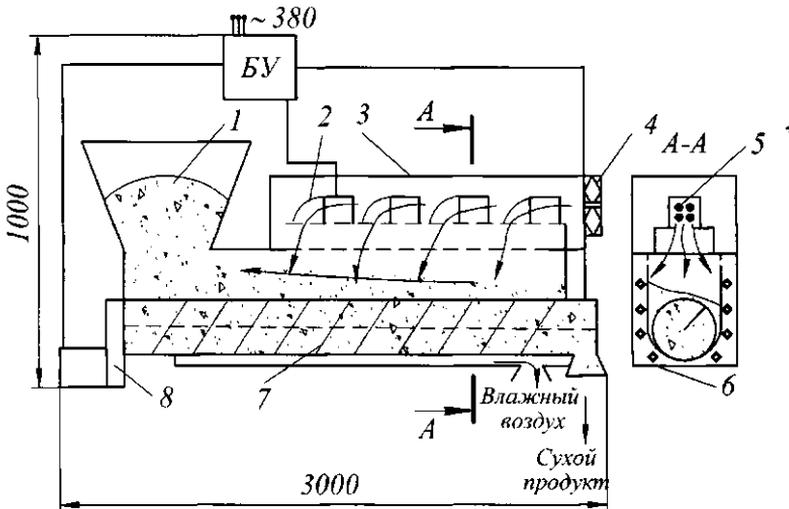


Рис. 17.22 Микроволновая сушилка (шнекового типа)

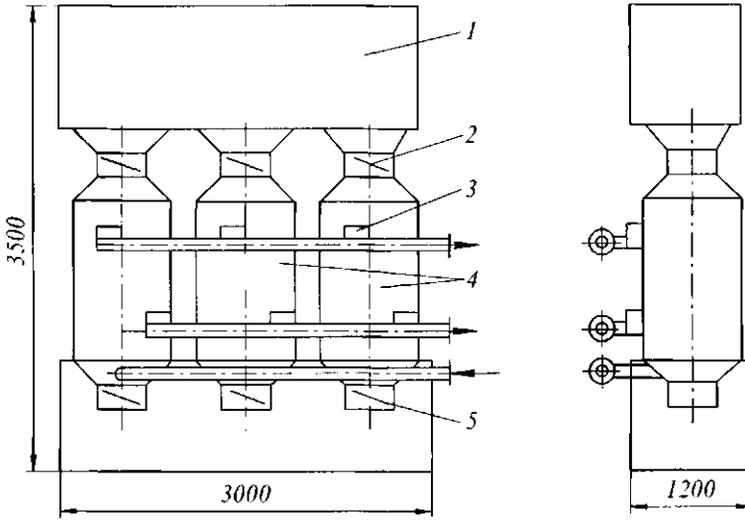


Рис. 17.23 Микроволновая сушилка (шахтного типа)

Микроволновая сушилка (шахтного типа) (рис.17.23) предназначена для сушки сыпучих продуктов (семян подсолнечника, зерна и др.). Представляет собой три вертикальные шахты 4 с размещенными на них магнетронами 3, снабженные системой охлаждения, состоящей из воздуховодов. Высушиваемые семена в шахты подаются из бункера 1 с помощью системы шибберов 2, а выгружаются с помощью заслонок 5. Сушка семян ведется комбинированным способом. Каждая из шахт работает по принципу: загрузка – СВЧ-нагрев – продувка – выгрузка. Для продувки используется подогретый воздух из системы охлаждения магнетронов. Производительность такой микроволновой сушилки составляет 150 кг/ч по семенам подсолнечника.

Техническая характеристика микроволновой сушилки (шахтного типа)

Режим работы	поточно-циклический
Производительность по семенам подсолнечника, кг/ч.....	150
Снижение влажности продукта, %	5...15
Число магнетронов, шт.	12
Установленная мощность, кВт	12

Инженерные расчеты. Объемная удельная мощность P_v ($\text{Вт}/\text{м}^3$), выделяемая в единице объема диэлектрика (пищевое сырье), определяется по формуле

$$P_v = 0,555 \cdot 10^{-10} \epsilon'' f E^2,$$

где ϵ'' – фактор потерь, равный произведению относительной диэлектрической проницаемости вещества ϵ' на тангенс угла потерь $\text{tg}\delta$; f – частота колебаний, Гц; E – напряженность электрического поля, В/м.

Длина волны λ (м) рассчитывается как

$$\lambda = c / (f \sqrt{\epsilon' \mu}),$$

где c – скорость света в вакууме, м/с; ϵ' и μ – относительная диэлектрическая и магнитная проницаемости среды.

Глубина проникновения электромагнитного поля Δ (м) в пищевой продукт определяется по формуле

$$\Delta = 9,55 \cdot 10^7 / (f \sqrt{\epsilon' \mu} \delta).$$



Семена открытий, которые случай
предоставляет всем, бесплодны, если их
не оплодотворит внимание.
ГЕЛЬВЕЦИЙ КЛОД АДРИАН (1715–1771),
французский философ-материалист

17.10 ТЕХНИКА БУДУЩЕГО: НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Зерносушилка (Пат. № 2170399 РФ, F26 В17/12) может быть использована для сушки пшеницы, подсолнечника, гречихи, кукурузы и других зерновых культур.

На рис 17.24. изображена конструкция зерносушилки: *a* – общий вид с разгрузочным устройством, *b* – схемы распределения агента сушки, *в* – фрагмент разгрузочного устройства. Зерносушилка состоит из следующих основных частей: двух шахт 1, 2, собранных из трех бункеров 3, 4, 5, внутри которых размещены жалюзийные секции 6, 7 с глухими стенками 8 и окнами 9, трех распределительных камер 10, 11, 12 агента сушки, двух воздухопроводов 13, 14, разгрузочного устройства, включающего неподвижную раму 15, на которой установлены рассекатели 17, седла 18, цилиндры 19 со штоками 20, разгрузочные планки 21 и подвижную раму 16, собранную из горизонтальных полок 22 и установленную на роликах 23. В каждом бункере имеется слой зерна 24.

Зерносушилка работает следующим образом. После заполнения сушилки зерном в распределительную камеру 12 бункера 5 подается агент сушки, который через окна 9 жалюзийных секций 6 проходит сквозь зерновой слой 24, затем выходит в жалюзийные секции 7 и через их окна 9 перемещается на противоположные стороны в воздухопроводы 13, 14. Из них агент сушки через окна 9 жалюзийных секций 6 бункера 4 обеих шахт проходит сквозь зерновой слой 24, затем выходит в жалюзийные секции 7 и через их окна 9 перемещается на противоположные стороны шахт 1, 2 в распределительную камеру 11 бункера 4, где секции развернуты на 180° относительно секций в бункерах 3, 5, что обеспечивает реверсивную подачу агента сушки.

Из распределительной камеры 11 вентилятор отсасывает агент сушки и под давлением через распределительную камеру 10 подает его в окна 9 жалюзийных секций 6 бункера 3. Пройдя через зерновой слой 24 бункера 3, агент сушки попадает в жалюзийные секции 7 и через их окна 9 выбрасывается в атмосферу. Такая компоновка многоступенчатых жалюзийных секций и воздухопроводов 13, 14 с вентилятором позволяют осуществить сушку зерна в бункерах 4, 5 под разрежением, а в бункере 3 – под давлением, при этом агент сушки используется трижды и, насыщенный влагой, с температурой 28...30° выбрасывается в атмосферу.

Просушенное зерно из шахт 1, 2 попадает в разгрузочное устройство, расположенное в их нижней части. Оно состоит из верхней неподвижной рамы 15, расположенной под ней подвижной рамы 16. На раме 15 имеются отверстия для выпуска зерна, установлены рассекатели 17, седла 18, на них цилиндры 19 со штоками 20, к

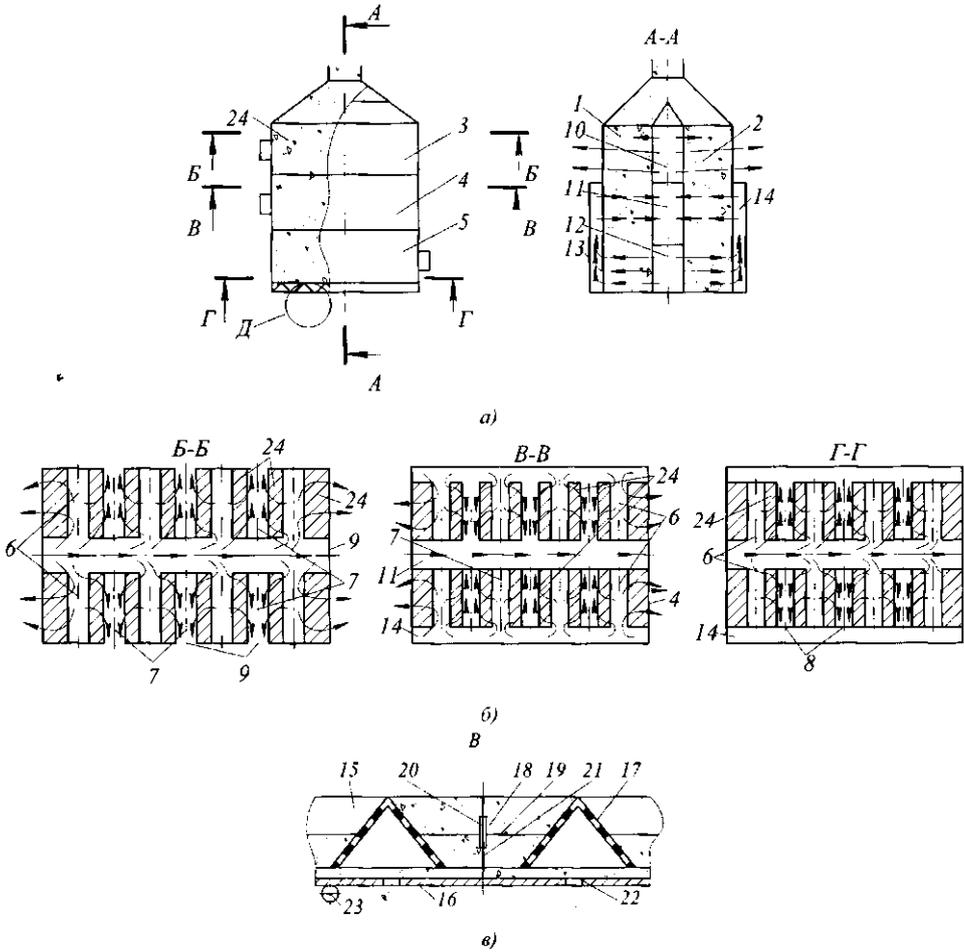


Рис. 17.24 Зерносушилка

которым крепятся разгрузочные планки 21. Подвижная рама 16, установленная на роликах 23, приводится в возвратно-поступательное движение шатуном эксцентрикового механизма.

Когда рама 16 приводится в движение, зерновые слои в шахтах сушилки также начинают двигаться вниз. Зерно из шахт поступает на рассекатели 17, его поток разделяется и стекает к отверстиям на раме 15, из них – на движущиеся возвратно-поступательно полки 22 рамы 16, откуда сго сгребают вертикально-подвижные разгрузочные планки 21, плотно, с зазором не более 5 мм, прилегающие к полкам 22. Зерно сыплется в разгрузочные щели между полками 22. Ширина полок 22 больше ширины выпускных отверстий на раме 15, что обеспечивает фиксацию зерна при остановке зернового потока.

Производительность разгрузки зерна регулирует расстояние между рамами 15 и 16 и величиной хода рамы 16.

Зерносушилка отличается тем, что имеет трехступенчатый режим сушки, агент сушки используется трижды, поочередно во всех трех бункерах, а в бункерах размещены вертикальные многоступенчатые воздухораспределительные жалюзийные сек-

ции, собранные из наклонных полок, причем каждая секция с одной стороны имеет глухую стенку, а с другой – окна и расположена так, что окна рядом стоящих секций направлены в противоположные стороны, а секции среднего бункера развернуты на 180° по отношению к секциям верхнего и нижнего бункеров, что обеспечивает реверсивную подачу агента сушки. При этом конструкция и расположение жалюзийных секций, два боковых воздуховода, соединяющих нижний и средний бункера, и вентилятор дают возможность подавать агент сушки, использованный в нижнем бункере, в средний бункер под разрежением, а в верхний под давлением, при постепенном понижении температуры агента сушки, что способствует сохранению качества зерна, экономии топлива, причем разгрузка высушенного зерна происходит равномерно. Возможен процесс как периодической, так и непрерывной разгрузки, благодаря цилиндрам со штоками, обеспечивающими возможность движения вертикально-подвижным разгрузочным планкам, плотно, с зазором не более 5 мм, прилегающим к подвижным полкам разгрузочного устройства, на которые поступает высушенное зерно, секции же, собранные из трех полок, могут использоваться как короба.

Способ сушки сыпучих пищевых продуктов и установка для его осуществления (Пат. № 2003009 РФ, F26 B11/04) относится к сушке сыпучих и гранулированных материалов во вращающихся барабанах с продувкой сушильного агента через плотный движущийся слой материала и может найти широкое применение в различных отраслях промышленности (химической, пищевой, сельском хозяйстве), в частности оно может быть использовано для сушки хлебопекарных дрожжей в барабанных установках.

На рис. 17.25. изображена схема рециркуляционной барабанной установки, на рис. 17.26. – различные варианты осуществления предлагаемого способа. Установка для сушки сыпучих пищевых продуктов состоит из сушильной камеры 1 барабанного типа с приводом вращения 2, линии 3 подачи теплоносителя в сушильную камеру 1 с установленной в ней датчиком 4 измерения относительной влажности воздуха (теплоносителя), калорифера 5, вентилятора 6, камеры смещения 7, линии 8 подвода свежего воздуха, преобразователя 12, исполнительного механизма 13, линии 14 отвода отработанного сушильного агента, трубы 15 для разделения потока отработанного сушильного агента, выполненной с возможностью возвратно-поступательного перемещения, опорных роликов 16, лабиринтных уплотнений 17, разгрузочной камеры 18, зубчатого колеса 19, реверсивного механизма 20 и средства 21 для очистки отработанного сушильного агента в линии рециркуляции.

Способ сушки сыпучих пищевых материалов, например хлебопекарных дрожжей, в барабанной установке осуществляется следующим образом. Сыпучие продукты загружают внутрь сушильной камеры 1. Одновременно включают привод вращения барабанной сушильной камеры 1, вентилятор 6 подачи теплоносителя и калорифер 5, с помощью которого добиваются заданной температуры теплоносителя, например 40...50 °С.

Пространство барабанной сушильной камеры 1 можно условно разделить на две зоны: зону «сушки» (соответствует периоду постоянной скорости сушки) и зону «досушки» (соответствует периоду падающей скорости сушки). В зоне «сушки» теплоноситель, пронизывая слой сыпучего продукта, интенсивно отдает свое тепло продукту, его температура значительно уменьшается, а влажность приближается к уровню насыщения. Таким образом, теплоноситель из этой зоны обладает низкими теплофизическими параметрами (так как его температура мала) и невысоким «су-

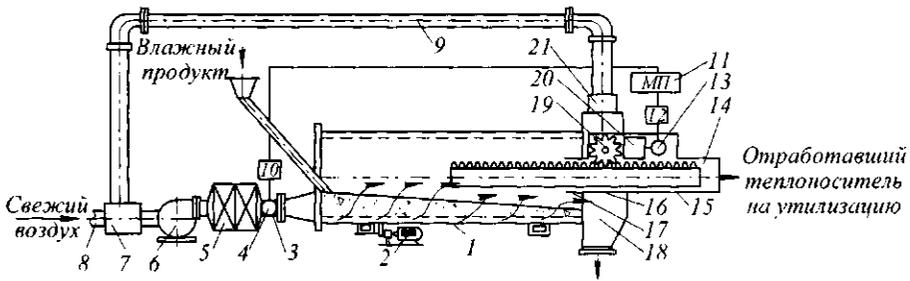


Рис. 17.25 Рециркуляционная барабанная установка

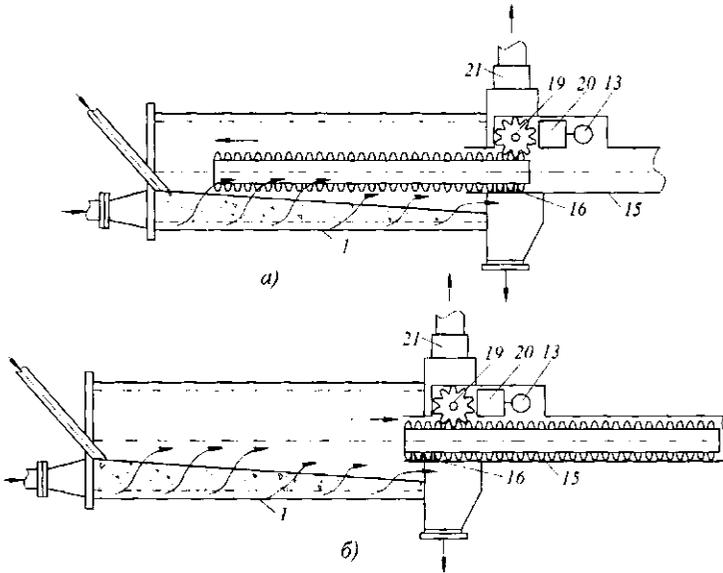


Рис. 17.26 Варианты осуществления предлагаемого способа

ильным потенциалом» (в связи с высокой его влажностью). Так как его сушильные свойства не представляют интереса для процесса сушки, то его удаляют через подвижную трубу 15 на утилизацию, где повышенная влажность теплоносителя играет положительную роль. По ходу движения продукта к камере разгрузки 18 теплофизические и сушильные свойства отработанного теплоносителя увеличиваются (т.е. в зоне «досушки» интенсивность влагоудаления из продукта снижается, а температура отработанного теплоносителя возрастает). Поэтому для вторичного использования наиболее ценный для процесса сушки теплоноситель из зоны «досушки», обладающий низкой влажностью и неплохим «сушильным потенциалом», благодаря линии рециркуляции подается в камеру смешения 7, в которой он смешивается со свежим воздухом, поступающим по линии 8. Затем данная смесь вентилятором 6 нагнетается в линию 3, предварительно нагреваясь в калорифере 5 до заданной температуры, например 40...50 °С. Относительную влажность подогретой смеси в линии 3 определяют с помощью датчика 4 и вторичного прибора 10.

При отклонении относительной влажности подаваемого в барабанную сушильную камеру 1 теплоносителя в сторону уменьшения от предельно-заданного значения, например 30...35 %, микропроцессор 11, в который предварительно вводят

предельно допустимое значение относительной влажности подаваемого теплоносителя в камеру 1, выдает корректирующий сигнал через преобразователь 12 исполнительному механизму 19 и зубчатому колесу, перемещает трубу 15 для разделения потока отработавшего теплоносителя в направлении подачи в сушилку теплоносителя. При этом в линию рециркуляции начинает поступать отработавший теплоноситель с увеличивающейся по мере движения трубы 15 влажностью. Как только величина относительной влажности подаваемого в барабанную камеру 1 теплоносителя достигнет предельно заданного значения, например 30...35 %, то прекращается подача корректирующего сигнала с микропроцессора 11.

При отклонении относительной влажности подаваемого в барабанную камеру 1 теплоносителя в сторону увеличения, микропроцессор 11 выдает корректирующий сигнал исполнительному механизму 13, который перемещает трубу 15 в направлении выхода теплоносителя из сушилки до максимально возможного положения. Предельным положением будет являться конец барабана. При движении трубы в этом направлении будет происходить уменьшение поступления в линию рециркуляции отработавшего теплоносителя с повышенной влажностью. Движение будет осуществляться до тех пор, пока величина относительной влажности не достигнет предельнозаданного значения, например 30...35 %. В случае достижения трубой предельного положения, а влажность теплоносителя при этом не достигает заданного значения, полностью перекрывают линию рециркуляции 9.

Способ сушки сыпучих пищевых продуктов в установке барабанного типа *отличается* тем, что после разделения на части отработанного сушильного агента часть последнего с более высокими теплофизическими параметрами вводят в подаваемый поток свежего воздуха. При этом осуществляют измерение влажности потока полученной смеси свежего воздуха и части отработавшего сушильного агента с более высокими теплофизическими параметрами на входе в сушильную камеру. Сравнивают измеренное значение влажности с заранее заданным и последующим регулированием влажности потока полученной смеси, подаваемой на вход в сушильную камеру, путем изменения количества вводимой части отработанного сушильного агента с более высокими теплофизическими параметрами.

Установка для сушки сыпучих пищевых продуктов *отличается* тем, что она дополнительно снабжена контуром регулирования влажности потока полученной смеси свежего воздуха и части отработавшего сушильного агента с более высокими теплофизическими параметрами, содержащим датчик влажности, размещенный на входе в сушильную камеру, связанный с микропроцессором, подключенным через преобразователь к исполнительному и реверсивному механизмам. При этом труба для разделения потока отработанного сушильного агента выполнена с возможностью возвратно-поступательного перемещения посредством опорных роликов, смонтированных в разгрузочной камере.

Вакуумный способ сушки сыпучих материалов и установка для его осуществления (Пат. № 2100718 РФ, F26 B5/04) относится к вакуумной сушке сыпучих и гранулированных продуктов, может быть использована в различных отраслях промышленности (химической, пищевой, а также в сельском хозяйстве).

На рис. 17.27 изображена схема установки для непрерывной вакуумной сушки сыпучих продуктов для реализации предлагаемого способа.

Установка для непрерывной вакуумной сушки сыпучих и гранулированных продуктов состоит из корпуса 1 с системой вакууммирования и удаления паров и

смонтированным внутри него транспортирующим устройством, выполненным в виде двух конвейеров 2, 3, расположенных один под другим, нагревательных элементов 4, 5, изолирующей плиты 13, желобов 9, 10, загрузочного 6 и разгрузочного 7 устройства. При этом транспортирующий орган верхнего конвейера 2 выполнен в виде ряда закрепленных на шарнирах элементов, установленных с возможностью вращения, которые при нахождении в зоне сушки располагаются на направляющих 12, образуя при этом сплошную несущую поверхность, а лента нижнего конвейера 3 снабжена поперечными скребками по всей длине.

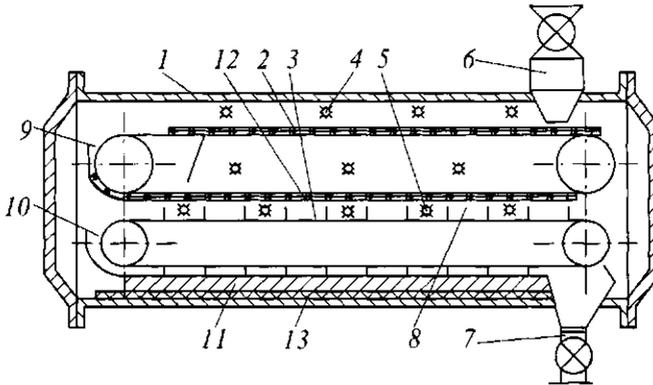


Рис. 17.27 Установка для непрерывной вакуумной сушки

Способ сушки сыпучих, гранулированных продуктов в установке непрерывной вакуумной сушки осуществляется следующим образом.

Сыпучий продукт подается через загрузочное устройство 6 внутрь сушильной камеры 8, пространство которой можно условно разделить на две зоны: зону «сушки» (соответствует периоду постоянной скорости сушки) и зону «досушки» (соответствует периоду падающей скорости сушки). В камере продукт попадает на верхнюю ветвь первого транспортера 2. При движении транспортирующей ленты по направляющим 12 продукт проходит под ИК-облучателями 4, под действием которых происходит интенсивное удаление влаги из материала. В конце ветви транспортера рамки с продуктом опрокидываются и высушиваемый материал пересыпается на низлежащее полотно, при этом происходит интенсивное перемешивание продукта. Выравнивание слоя материала по полотну осуществляется специальными приспособлениями 9, после чего процесс «сушки» продолжается. Дойдя до конца второй ветви транспортера, продукт, пересыпаясь на верхнюю ветвь нижнего транспортера 3, попадает в зону «досушки». «Досушка» продукта на верхней ветви транспортера 3 происходит под действием ИК-облучателей 5, мощность которых значительно ниже, чем в зоне «сушки», и количество подводимой энергии зависит от остаточной влажности материала в данный момент времени, что позволяет поддерживать определенную температуру продукта, не допуская его перегрева. В конце ветви продукт по желобу 10 пересыпается на греющую плиту 11, по которой скребками конвейера 3 перемещается в сторону разгрузочного устройства 7. Температура плиты 11 убывает по ходу движения ленты конвейера 3 так, чтобы температура продукта на ней оставалась постоянной.

Способ вакуумной сушки сыпучих продуктов отличается тем, что величину периода постоянной и падающей скорости сушки регулируют изменением скорости

движения транспортирующих органов конвейера, а количество подводимой к продукту энергии зависит от наличия в нем связанной влаги и регулируется мощностью ИК-излучения.

Установка для непрерывной вакуумной сушки сыпучих продуктов отличается тем, что транспортирующий орган верхнего конвейера выполнен в виде ряда закрепленных на шарнирах элементов, установленных с возможностью вращения, которые при нахождении в зоне сушки расположены на направляющих, образуя при этом сплошную несущую поверхность. Лента нижнего конвейера снабжена поперечными скребками по всей длине. В качестве нагревательных элементов используют ИК-излучатели различной мощности и греющую плиту, дополнительно установленную под конвейером, с возможностью регулировки ее температуры в сторону убывания по ходу движения транспортирующей ленты.

Сушилка фонтанирующего слоя для дисперсных материалов (Пат. № 2178242 РФ, F26 В17/00) относится к технике сушки, комбинированной обработке дисперсных материалов и может быть использовано химической, парфюмерной, пищевой и смежных с ними отраслях промышленности.

На рис. 17.28. изображен общий вид сушилки. Сушилка состоит из цилиндро-конической сушильной камеры 1, имеющей вертикальные прямоугольные окна, выполненные в цилиндрической части камеры, закрытые накладками 2, изготовленными из материала с низкими диэлектрическими потерями на высоких частотах (например, фторопласт), высокопотенциальных электродов 3, кольцевой шины 4, экранирующего кожуха 5, патрубков 6 для подачи и 9 для вывода отработанного сушильного агента, соответственно, устройства для выгрузки высушенного материала 10, включающего бункер 7, переливной порог 8, шлюзовый затвор 11, патрубок 12 для подачи исходного материала, шлюзовый затвор 13. Роль низкопотенциальных электродов выполняют участки заземленного корпуса сушильной камеры 1, заключенные между вертикальными прямоугольными окнами 14. Шина 4 и электроды 3 изготовлены из алюминия или другого материала с высокой электропроводностью. Наличие в конструкции экранирующего кожуха 5, шлюзовых затворов 11, 13 в местах загрузки и выгрузки соответственно, обусловлено необходимостью экранирования электромагнитного поля во внутреннем объеме сушильной камеры.

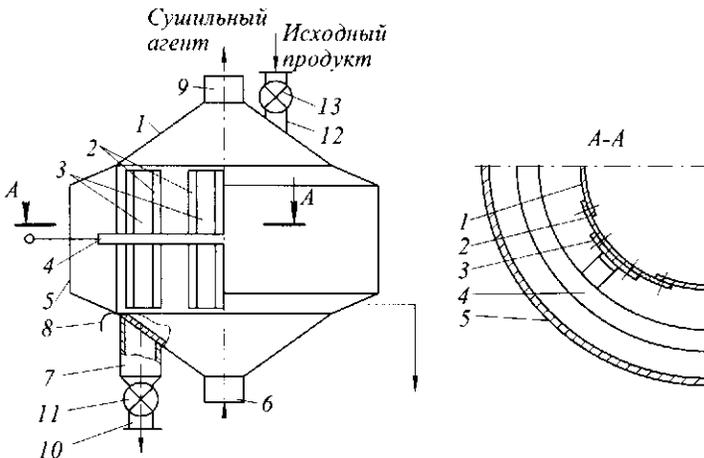


Рис. 17.28 Сушилка фонтанирующего слоя для дисперсных материалов

Сушилка работает следующим образом. Исходный материал поступает в сушильную камеру через патрубок 12. В нижней части сушильной камеры материал захватывается потоком сушильного агента, подаваемого снизу через патрубок 6, образуя газовзвесь. Сушилка работает в режиме фонтанирования.

В цилиндрической части камеры частицы материала проходят обработку высокочастотным электромагнитным полем. Высокочастотная энергия подводится от генератора (не показан) к кольцевой шине 4 и по ней распределяется между высокопотенциальными электродами 3.

Скорость сушильного агента монотонно убывает по высоте фонтана, частицы материала выпадают из ядра фонтана и опускаются по стенкам камеры в ее нижнюю часть, где снова подхватываются потоком сушильного агента.

Нагрев частиц материала происходит в высокочастотном электромагнитном поле за счет выделения из них тепла вследствие диэлектрических потерь. При этом чем больше влажность частицы, тем интенсивнее она нагревается в поле токов высокой частоты и, наоборот, чем меньше влажность, тем менее интенсивно осуществляется ее нагрев, таким образом, происходит равномерное высушивание материала за счет эффекта самовыравнивания влажности. Дополнительный подогрев поступающего материала, необходимый для поддержания его температуры, происходит за счет конвективного теплообмена между сушильным агентом и частицами высушиваемого материала. При этом температура сушильного агента находится в пределах обусловленных свойствами высушиваемого материала, но на 20...40 °С ниже, чем в случае только конвективного подвода тепловой энергии.

Высокочастотное поле в сушильной камере имеет сложную конфигурацию. Напряженность высокочастотного поля в рабочей камере сушилки распределена неравномерно, но это компенсируется непрерывным перемещением материала в потоке сушильного агента.

Напряженность электромагнитного поля достигает максимального значения у стенок цилиндрической части сушильной камеры и снижается по направлению к центру камеры. В конической части камеры электромагнитное поле практически отсутствует, следовательно, непрерывно перемещающиеся частицы высушиваемого материала подвергаются воздействию поля периодически, что обеспечивает импульсный подвод тепловой энергии к материалу.

Выгрузка высушиваемого материала происходит через регулируемый переливной порог 8 в бункер 7 и шлюзовый затвор 11.

Многосекционная вакуум-сублимационная сушилка со ступенчатым понижением давления (Пат. № 2131102 РФ, F26 B9/06) относится к технике сублимационной сушки и может быть использована в фармацевтической, микробиологической, пищевой и других отраслях промышленности.

На рис. 17.29. изображен разрез вакуумной камеры многосекционной вакуум-сублимационной сушилки со ступенчатым понижением давления.

Вакуумная камера состоит из секций 1, нагревателей 2, коллектора 3, при этом секция представляет собой обечайку 4 с перегородкой 5, выполненной из теплопроводного материала, разделяющей секцию на две полости 6 и 7, причем верхняя полость ограничивается съемной перегородкой 8, выполненной в виде жалюзи. При этом полости секции соединяются посредством патрубка 9 с запирающим клапаном 10, а каждая секция снабжена патрубком 11 с запирающим клапаном 12. Многосекционная вакуум-сублимационная сушилка со ступенчатым понижением давления ра-

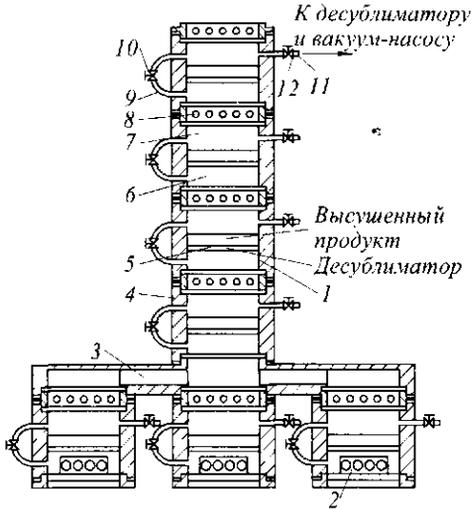


Рис. 17.29 Многосекционная вакуум-сублимационная сушилка

ботает следующим образом. Циклическая загрузка секции осуществляется путем установки очередной секции с предварительно замороженным продуктом между коллектором и последовательно соединенными секциями, подключенными к десублиматору и вакуум-насосу.

После чего верхнюю секцию исключают из последовательно соединенной части вакуумной камеры переключением десублиматора и вакуум-насоса на нижестоящую секцию и закрытием соответствующих запирающих клапанов и жалюзи.

Исключенная секция подключается к параллельно соединенной части вакуумной камеры вместо секции с высохшим продуктом путем закрытия-открытия соответствующих жалюзи и запирающих клапанов. Выгрузка высохшего продукта

осуществляется из секции, отключенной от коллектора.

В процессе работы многосекционной вакуум-сублимационной сушилки со ступенчатым понижением давления регулирование давления в каждой секции осуществляется запорными клапанами таким образом, что оно повышается по мере их удаления от десублиматора и вакуум-насоса, при этом в параллельно-соединенных секциях давление выравнивается посредством коллектора.

Тепло- и массообмен в предлагаемой сушилке осуществляется следующим образом: пар, образовавшийся в параллельно-соединенных секциях при подведении тепла к продукту от внешних нагревателей под действием перепада давления между секциями перетекает в секцию с более низким давлением, при этом происходит теплообмен между поверхностью сублимации замороженного продукта, находящегося в секции с более низким и насыщенным паром, через теплопроводящую перегородку вследствие разности температур насыщенных паров. При этом на теплопроводящей перегородке происходит конденсация (десублимация) пара, а с поверхности замороженного продукта сублимация влаги, так как процесс конденсации экзотермический.

Аналогичные процессы конденсации-испарения происходят в период постоянной скорости сушки в каждой последовательно соединенной секции.

Многосекционная вакуум-сублимационная сушилка со ступенчатым понижением давления отличается тем, что вакуумная камера состоит из параллельно-соединенных коллектором секций и подключенных к нему последовательно соединяющихся секций, представляющих собой обечайку, имеющую поперечную перегородку, которая выполнена из теплопроводного материала и разделяет секцию на две полости. Они соединяются посредством патрубка с запирающим клапаном. Верхняя полость каждой секции снабжена дополнительно перегородкой, выполненной в виде жалюзи, и патрубком с запирающим клапаном, установленным с возможностью подключения к десублиматору и вакуум-насосу.

Сушилка для сыпучих материалов (Пат. № 2152571 РФ, F26 B11/04) относится к оборудованию для сушки сыпучих материалов, например зерна.

На рис. 17.30. изображена сушилка для сыпучих материалов. Сушилка содержит металлический барабан 1, установленный с возможностью вращения на двух подшипниках скольжения 2, закрепленных на неподвижных крышках 3 в боковых отверстиях барабана 1, на внутренней цилиндрической поверхности которого выполнены два встречно наклонных ряда ребер 4. Выход СВЧ-генератора 5 соединен с системой 6 волноводно-щелевых излучателей. Система 6 имеет четвертьволновые отражатели 7 и введена в полость барабана 1 через неподвижную крышку 3 одной из боковых отверстий барабана 1. Через другую неподвижную крышку 3 введены канал подвода нагретого калорифером 9 воздуха и канал 10 отвода влажного воздуха, в другом конце которого установлен вентилятор 11. На конце канала 8 установлен перфорированный экран 12. Боковые крышки 3 установлены на опоры 13. Привод вращения 14 связан с барабаном 1 через цепную передачу 15.

Опоры 13 жестко закреплены к станине 16. Подшипники скольжения 2 набиты графитовой смазкой, которая уменьшает трение в подшипниках 2 и одновременно препятствует излучению СВЧ энергии из полости барабана 1. Для загрузки и выгрузки сыпучего материала по центру длины барабана 1 выполнено отверстие с герметичной крышкой 18.

Сушилка работает следующим образом. Через открытую крышку 18 загружают сыпучий материал 17, например зерно, затем герметично закрывают крышку 18. Включают привод вращения 14 (частота вращения от 3 до 10 об/мин), СВЧ-генератор 5, калорифер 9 и вентилятор 11. Так как барабан 1 вращается медленно, а сыпучий материал (зерно) относительно тяжелый, то он не распыляется по всему объему барабана 1, а только поворачивается на угол сыпучести примерно 45° , так что повернута на тот же угол система 6 волноводно-щелевых резонансных излучателей, снабженная четвертьволновыми отражателями 7, излучающая СВЧ энергию перпендикулярно слою сыпучего материала. За счет ребер 4 происходит перемешивание сыпучего материала для более равномерного его прогрева СВЧ энергией. Испаряемая из сыпучего материала влага нагревается горячим воздухом, поступающим по каналу 8 через перфорированный экран 12, который служит для более равномерного распределения вентиляционных потоков, и отводится через канал 10 с помощью вентилятора 11. После окончания процесса сушки металлический барабан 1 поворачивают отверстием вниз и открывают крышку 18 для выгрузки высушенной партии сыпучего материала.

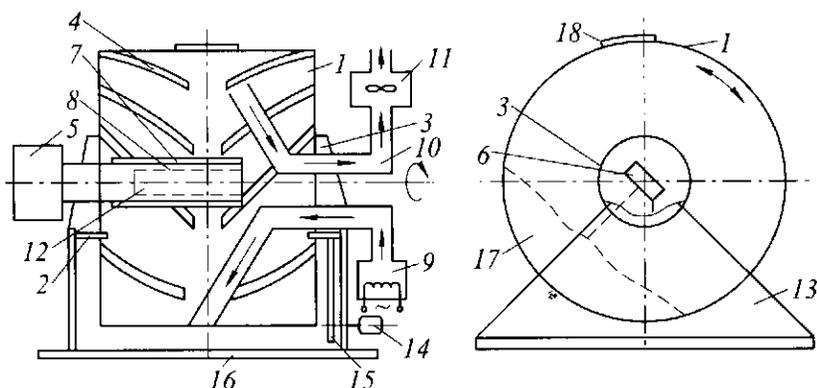


Рис. 17.30 Сушилка для сыпучих материалов

Сушилка для сыпучих материалов *отличается* тем, что нагреватели выполнены в виде системы волноводно-щелевых резонансных излучателей, а в качестве источника электромагнитных волн использован СВЧ-генератор. Волновод введен во внутреннюю полость металлического барабана через отверстие в неподвижной крышке одного из боковых отверстий барабана, а через отверстия в неподвижной крышке другого бокового отверстия барабана введены каналы подвода нагретого воздуха и отвода влажного воздуха. На внутренней цилиндрической поверхности барабана выполнены два ряда встречно-наклонных ребер с шагом $20...45^\circ$, угол наклона каждого ряда составляет $45...60^\circ$ к образующей цилиндрической поверхности барабана, при этом один конец отстоит от центра ребра. Он соединен с соответствующим основанием цилиндрической поверхности барабана. Другой конец отстоит от центра соответствующей образующей на расстояние $l = (0,1 \pm 0,01)L$, где L – длина барабана.

Сушилка *отличается* тем, что система волноводно-щелевых излучателей развернута на угол $40...45^\circ$ к основанию сушилки в направлении вращения барабана и снабжена четвертьволновыми отражателями.

Сушилка *отличается* тем, что канал подвода нагретого воздуха снабжен перфорированным экраном.

* * *

В этой главе наиболее важными являются следующие моменты:

1. Вскрытие механизма обезвоживания пищевого сырья на основе совместного рассмотрения дифференциальных уравнений движения и неразрывности вязкого несжимаемого потока позволяет по-новому обосновать и интенсифицировать процессы сушки влажного пищевого сырья.

2. Знание гидродинамических параметров и характера распределения времени пребывания частиц продукта и газа в сушильном аппарате обеспечивает разработку оптимальных режимов сушки и создание рациональных конструкций сушильных аппаратов.

3. Развитие сушильной техники и разработка комбинированных способов сушки (с использованием электромагнитных полей, перегретого пара, ИК-нагревателей, ультразвука и др.) предполагают оптимизацию следующих параметров: расход энергии на 1 кг испаренной влаги, интенсивность процесса, стоимость оборудования и качество получаемого сухого продукта.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На чем основан анализ внешнего тепло- и массообмена в теории сушки?
2. Какие способы обезвоживания применяются в пищевой технологии, их особенности, преимущества и недостатки?
3. Как классифицируются сушильные установки, применяемые в пищевой промышленности?
4. Чем отличаются прямоточные шахтные сушилки от рециркуляционных?
5. Какова техническая характеристика шахтных зерносушилок?
6. Как рассчитать число подводящих или отводящих коробов, установленных в сушильной шахте?
7. Каков принцип работы барабанных сушильных агрегатов?
8. От каких параметров зависит напряжение объема сушильного барабана по испаренной влаге?
9. В чем отличия и сходство конвейерной ленточной сушилки и шахтной рециркуляционной?
10. Как рассчитать массу высушенного продукта, выходящего из ленточной сушилки?
11. Какие условия необходимы для существования кипящего и виброкипящего слоев?
12. Каковы пути повышения производительности сушилки с виброкипящим слоем без увеличения потребляемой мощности?

13. Какова область применения распылительных сушилок и какие типы распылительных устройств вы знаете?
14. От каких параметров зависит продолжительность процесса распылительной сушки?
15. В чем различие характеристик сушилок с кипящим слоем и распылительных сушилок?
16. В чем заключается сущность, особенность и механизм процесса сублимационной сушки?
17. Чем объясняются аномальные явления воды на диаграмме ее фазового состояния?
18. Какова характеристика затрат теплоты на испарение 1 кг воды при сублимационной сушке?
19. Почему пищевые продукты подвергаются диэлектрическому нагреву, связанному с дипольной поляризацией?
20. Что такое глубина проникновения электромагнитной волны и как она определяется?

УПРАЖНЕНИЯ

Предложите в виде эскизов Ваши решения инженерных задач, связанных с развитием конструкций:

- шахтных и рециркуляционных зерносушилок;
- барабанных сушильных агрегатов;
- конвейерных сушилок;
- агрегатов с кипящим и виброкипящим слоями;
- распылительных сушилок;
- вакуум-сублимационных сушилок;
- микроволновых сушильных установок.

Эти решения должны предполагать совершенствование, модернизацию оборудования с целью достижения одного или нескольких следующих результатов:

- повышение производительности;
- повышение качества продукции;
- улучшение условий труда рабочего с точки зрения эргономики, техники безопасности и охраны труда;

- экономию времени на санитарное обслуживание оборудования;
- экономию времени на техническое обслуживание оборудования;
- экономию энергоресурсов;
- экономию конструкционных материалов;
- повышение технологичности конструкции с точки зрения изготовления и ремонта;
- улучшение дизайна оборудования;
- снижение себестоимости продукции другими, кроме перечисленных выше, путями.

Вместе с этими, преимущественно машиноведческими, аспектами рассмотрите возможность развития конструкций машин и аппаратов с точки зрения повышения качества самих технологических процессов, которые реализуются этим оборудованием. Речь идет об увеличении точности, устойчивости, надежности, управляемости и стабильности технологических процессов, а также о снижении их чувствительности к возмущающим факторам окружающей среды.

По результатам Вашей работы сделайте заключение о том, в какой мере Ваши предложения повышают готовность машин и аппаратов к эффективной автоматизации данных технологических процессов.



Всякое настоящее образование добывается
только путем самообразования.
РУБАКИН НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ (1862–1946)
русский библиограф и писатель

Глава 18

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ВЫПЕЧКИ И ОБЖАРКИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Выпечка – нестационарный процесс теплообмена с изменением агрегатного и коллоидного состояния материала, сопровождающийся перемещением и испарением влаги.

В пекарной камере происходят все виды передачи теплоты к тестовым заготовкам (излучение, конвекция и теплопроводность). Под воздействием теплоты и влаги в тесте протекают взаимосвязанные между собой физические, биохимические, микробиологические и коллоидные процессы.

Шпарка и опаливание – поверхностная тепловая обработка сырья и мясopодуктов в целях их подготовки к дальнейшей переработке.

Обжарка – процесс тепловой обработки продуктов при температуре 120...160 °С с использованием промежуточного теплоносителя (растительного или животного жира), контактирующего с сырьем. При обжаривании удаляется, главным образом, свободная влага, выделившаяся из клеток после их плазмолиза под действием высокой температуры.

Влаготепловая обработка (жарение) включает два этапа: увлажнение капельной влагой или водяным паром до заданной величины и последующая сушка перемешиваемого слоя материала при кондуктивном теплоподводе до заданной влажности и температуры.

Запекание – объемная тепловая обработка мясного сырья с целью придания готовому изделию лучшего вкуса, аромата и более нежной консистенции.



Не надо искать старое в новом,
а надо находить новое в старом.
ФРЕНКЕЛЬ ЯКОВ ИЛЬИЧ (1894–1952),
физик-теоретик, член-корреспондент АН СССР

18.1 НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫПЕЧКИ И ОБЖАРКИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Теоретический расход теплоты на выпечку Φ (кДж/кг) в расчете на 1 кг горячих изделий включает расход теплоты на нагрев теста, испарение влаги из него и перегрев образующегося из этой влаги пара до температуры смеси, выходящей из пекарной камеры

$$\Phi = \varphi(i_n - i_a) + t_k c_k (t_k - t_m) + (m_c c_c + W c_a)(t_m - t_T),$$

где φ – упек, отнесенный к массе горячей продукции, кг/кг; i_n – удельная энтальпия перегретого пара при температуре камерной смеси в пределах 180...250 °С и атмосферном давлении, кДж/кг; i_a – удельная энтальпия воды в тесте, поступающем в пекарную камеру, кДж/кг; m_k – масса корки на 1 кг горячей продукции, кг/кг; m_c – содержание сухого вещества в мякише 1 кг горячего изделия, кг/кг; c_k , c_c и c_a – соот-

ветственно удельные теплоемкости корки, сухого вещества мякиша и воды в изделии, кДж/(кг·К); t_k , t_m и t_n – температуры корки, теста (поступающего в пекарную камеру), мякиша горячей продукции, °С ($t_k = 130$ °С, $t_m = 30$ °С, $t_n = 98$ °С); W – общая влажность 1 кг изделия в момент выхода из пекарной камеры, кг/кг.

Весь процесс выпечки делится на три периода. Первый период выпечки характеризуется интенсивным внешним тепло- и массообменом, в результате которого осуществляется прогрев тестовой заготовки и увеличение ее массы за счет конденсации пара. Во втором периоде выпечки начинается углубление зоны испарения, сопровождающееся повышением температуры теста-хлеба и образованием корки. В третьем периоде выпечки образование корки и структуры мякиша препятствует дальнейшему увеличению объема хлеба, при этом скорость испарения становится постоянной.

В процессе выпечки объем тестовой заготовки увеличивается за счет увеличения объема пор под действием термического расширения в них газа (воздуха и диоксида углерода). Структурно-механические свойства теста-хлеба при этом изменяются в зависимости от влажности и температуры, кроме этого фиксируется его пористая структура и происходит стабилизация формы хлеба.

При перемещении паровоздушной среды плотность потока пара j_n [кг/(м²·с)] к поверхности тестовых заготовок можно определить по формуле

$$j_n = \Delta g / (\Delta \tau \cdot F),$$

где Δg – приращение массы конденсата за время $\Delta \tau$, кг; F – площадь поверхности тестовой заготовки, на которой конденсируется пар, м².

Этому потоку массы пара эквивалентен удельный поток теплоты q_k (кВт/м²), выделившейся при конденсации пара

$$q_k = r_n j_n,$$

где r_n – удельная теплота перегрева пара, кДж/кг.

Количество пара j_n [кг/(м²·с)], конденсирующегося на поверхности изделия, можно определить из уравнения

$$j_n = \alpha (T_c - T_n) / [r + c_n (T_c - T_n)],$$

где α – коэффициент теплоотдачи при конденсации пара, кВт/(м²·К); r – удельная теплота фазового перехода, Дж/кг; c_n – удельная теплоемкость пара, Дж/(кг·К); T_c и T_n – соответственно температура паровоздушной смеси и поверхности тестовой заготовки, К.

Коэффициент теплоотдачи определяют из уравнения

$$Nu = 0,05 Ar^{0,69} \epsilon_n^{1,68} Q^{-3,47},$$

где Nu – число Нуссельта; Ar – число Архимеда; ϵ_n – объемное содержание пара в паровоздушной среде; $Q = T_m / T_n$ – температурный симплекс, равный отношению температуры перегретого пара к температуре пара, поступающего из пароувлажнительного устройства.

Процесс обжаривания делится на два периода. В первый период обжарки температура в продукте постепенно повышается от поверхностных слоев к центральным до 96...99 °С. В этот период влага движется как наружу в виде пара и жидкости, так и к центру в виде жидкости. Во второй период обжарки температура постепенно повыша-

тся, приближаясь к температуре масла. В этот период происходят глубокие биохимические процессы, обуславливающие вкус и запахи обжаренного продукта.

В первый период обжарки интенсивность теплообмена определяется коэффициентом теплоотдачи от масла к продукту путем конвекции. Во второй период из-за образовавшейся корочки, имеющей на поверхности температуру, близкую к температуре масла, интенсивность теплообмена определяется уже коэффициентом теплопроводности корочки и ее толщиной.

При равновесии процесса, когда теплота, поступившая от пара к маслу, равна теплоте, отданной маслом продукту, интенсивность теплообмена записывается зависимостями:

– для первого периода

$$kF\tau(T_n - T_m)\beta = \alpha F_{np}\tau(T_m - T_{np});$$

– для второго периода

$$kF\tau(T_n - T_m)\beta = (\lambda_k / \delta_k)F_{np}\tau(T_m - T_{исп}),$$

где k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К); F – площадь поверхности нагрева, м²; τ – продолжительность теплообмена, с; T_n и T_m – температура пара и масла, К; β – коэффициент, учитывающий теплоту, воспринятую продуктом ($\beta = 0,6 \dots 0,7$); α – коэффициент теплоотдачи от масла к продукту, Вт/(м²·К); F_{np} – площадь поверхности продукта, соприкасающейся с маслом, м²; T_{np} – температура на поверхности продукта, К; λ_k – коэффициент теплопроводности корочки продукта, Вт/(м²·К); δ_k – толщина корочки продукта, м; $T_{исп}$ – температура испарения влаги в продукте, К.

Анализ приведенных зависимостей обжаривания показывает, что скорость движения масла вдоль поверхности интенсифицирует теплообмен только в первый период обжарки, когда еще нет корочки и передача теплоты осуществляется главным образом конвекцией, а испарение влаги происходит в поверхностных слоях продукта. Во второй период, когда образуется корочка со значительным термическим сопротивлением, скорость масла вдоль поверхности продукта очень мало влияет на интенсивность теплообмена.



Почему у меня такие хорошие студенты?
Да потому что я сам не очень умный.
ЭРЕНФЕСТ ПАУЛЬ (1880–1933),
австрийский физик-теоретик

18.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Промышленные печи, применяемые для кондитерского и хлебопекарного производства, классифицируются:

- по технологическому признаку (универсальные и специализированные);
- по производительности (малой производительности с площадью пода до 8 м², средней производительности – до 25 м², большой производительности – свыше 25 м²);
- по способу обогрева пекарной камеры (жаровые, с канальным обогревом, с пароводяным обогревом, с газовым обогревом, с электрообогревом, со смешанным обогревом);
- по типу пекарной камеры (тупиковые, сквозные);



Рис. 18.1 Классификация промышленных печей

– по степени механизации (со стационарным подом, с выдвигным подом, с конвейером подачи и электроприводом).

На рис. 18.1 представлена классификация промышленных печей.

Технологический признак определяет специализацию печи и ассортимент вырабатываемой продукции. По специализации современные печи и печные агрегаты разделяются на хлебопекарные, кондитерские, бараночные, пряничные, для выработки национальных и специальных сортов мучных изделий. По ассортименту вырабатываемой продукции печные агрегаты можно разделить на:

- универсальные печи (могут вырабатывать хлебобулочные, кондитерские, бараночные изделия различных сортов и массы в широком диапазоне);
- специализированные печи и агрегаты (вырабатывают ограниченный ассортимент баранок, печенья, пряников, формовых сортов хлеба или определенные подовые сорта хлебобулочных изделий).

По способу обогрева пекарной камеры все печи разделяются на следующие виды:

- печи с регенеративным обогревом (жаровые печи, в которых рабочая камера одновременно является и топочной, в которой периодически сжигается определенная порция топлива);

- печи с канальным обогревом (теплоносителем являются продукты сгорания, проходящие по системе каналов, через поверхность теплообмена которых теплота передается в пекарную камеру к тесту-хлебу);

- печи с пароводяным обогревом (теплоносителем является пароводяная смесь высокого давления, циркулирующая в толстостенных нагревательных трубках);

- печи с газовым обогревом (этот способ обеспечивает сжигание газа в пекарной камере);

- электрические печи (используют трубчатые электронагреватели, светлые излучатели, токи высокой частоты, а также контактный способ прогрева);

- печи с комбинированным (смешанным) обогревом (используется комбинация каналов и пароводяных трубок, а также другие варианты способов обогрева).

Пекарные камеры современных печей бывают двух типов:

- тупиковые (посадка тестовых заготовок на под и выгрузка готовой продукции производятся через одно и то же посадочное отверстие);

- проходные (посадка и выгрузка продукции осуществляется через отверстия, расположенные с противоположных сторон печи, и при двухниточном конвейере образуется наибольшая холостая ветвь, примерно равная половине всей его длины).

В печах с пластинчатым, ленточным или сетчатым конвейером проходная пекарная камера имеет форму длинного туннеля высотой 300...400 мм. Такие печи называются туннельными.

Оборудование для обработки поверхности мясного сырья периодического и непрерывного действия подразделяется на аппараты для шпарки туш свиней, шерстных и слизистых субпродуктов, а также на оборудование для опаливания, состоящее из опалочных печей и факельных горелок.

На рис. 18.2 представлена классификация оборудования для обработки поверхности мясного сырья.

Обжарочные аппараты, работающие при атмосферном давлении и под вакуумом, классифицируются:

- по виду тепловой обработки (жарка, тушение, припускание, пассерование);

- по способу передачи теплоты (конвекция, теплопередача, лучеиспускание);

– по виду греющей среды (без добавления жира, в малом количестве жира, в большом количестве жира – во фритюре).

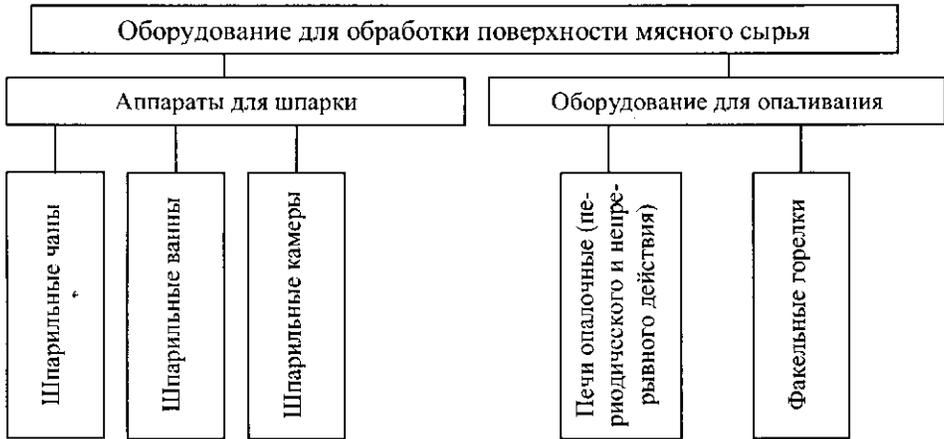


Рис. 18.2. Классификация оборудования для обработки поверхности мясного сырья

В зависимости от вида теплоносителя различают жаровни с обжариванием в горячем масле, в потоке горячего воздуха, под воздействием ИК-лучей. В жаровнях с паровым обогревом используют водяной пар давлением 0,8...1,2 МПа, который подводят в нагревательные камеры.

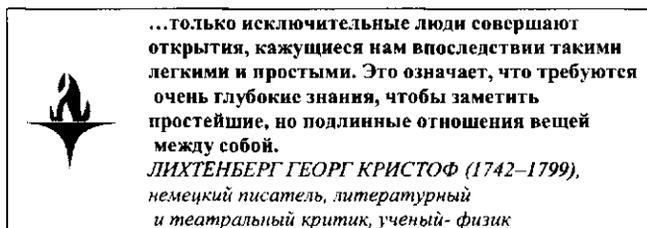


Рис. 18.3 Классификация обжарочных аппаратов, печей для запекания и жаровен

Припускание осуществляется при условии, что жидкость составляет 10...15 % массы сырья, а тушение может быть отнесено к комбинированным тепловым процессам (изделия выдерживают определенное время в жидкой среде при температуре 80...100 °С).

По принципу действия обжарочные аппараты могут быть периодического действия (сковороды, фритюрницы, грили, мангалы, жарочные шкафы) и непрерывного действия (ИК-аппараты, автоматы для жарки пончиков и пирожков, жаровни).

На рис. 18.3 представлена классификация обжарочных аппаратов, печей для запекания и жаровен.



18.3 ПЕЧИ С КАНАЛЬНЫМ ОБОГРЕВОМ

Печь РЗ-ХПА (рис. 18.4) состоит из тупиковой пекарной камеры 3, топочного устройства 9, трубчатых обогревательных каналов: каналов 4, 5 для обогрева теста-хлеба на верхней ветви 6 конвейера и двух каналов – 12 и 11 для обогрева теста-хлеба на нижней ветви 10 конвейера.

Внутри пекарной камеры размещены пароувлажнительное устройство 1 и люлечно-подиковый конвейер с верхней ветвью 6 и нижней 10. Конвейер приводится в движение приводным валом 15, на котором закреплены ведущие звездочки 14. Натяжение цепей конвейера осуществляется натяжным валом 7 и ведомыми звездочками 8.

Втулочно-роликовые цепи конвейера поддерживаются верхними 2 и нижними 13 направляющими из угловой стали, которые крепятся к консоли из уголков. К цепям с шагом звена 140 мм через каждые три звена шарнирно подвешено 36 люлек длиной 2000 мм и шириной 350 мм с вкладными подиками из листовой стали. При выпечке формового хлеба могут быть использованы узкие люльки размером 2000×220 мм. Такие люльки подвешиваются через каждые два звена (280 мм). Число таких люлек на конвейере 54.

Движение конвейера прерывистое, управление продолжительностью останова и пуском конвейера осуществляется с помощью реле времени. Останов конвейера осуществляется с помощью устройства, состоящего из кулачка, укрепленного на валу червячного колеса редуктора. После полного оборота колеса кулачок своим выступом нажимает на шпindelъ концевого выключателя, разрывает цепь и обесточивает катушку магнитного пускателя. Вследствие этого электродвигатель останавливается и движение конвейера прекращается.

Электродвигатель включается с помощью реле времени, позволяющего регулировать продолжительность оборота печного конвейера в зависимости от выпекаемого ассортимента и массы изделий.

На рис. 18.5. приведена схема газоходов системы обогрева. Газ или жидкое топливо поступают в горелочное устройство 4 (газовую горелку или форсунку).

Сжигание топлива происходит в цилиндрической футерованной огнеупорным материалом камере сгорания 5 топочного устройства 6. Продукты сгорания с высокой температурой направляются в цилиндрическую камеру смешения 7, куда поступает также поток рециркуляционных продуктов сгорания с температурой уходящих газов.

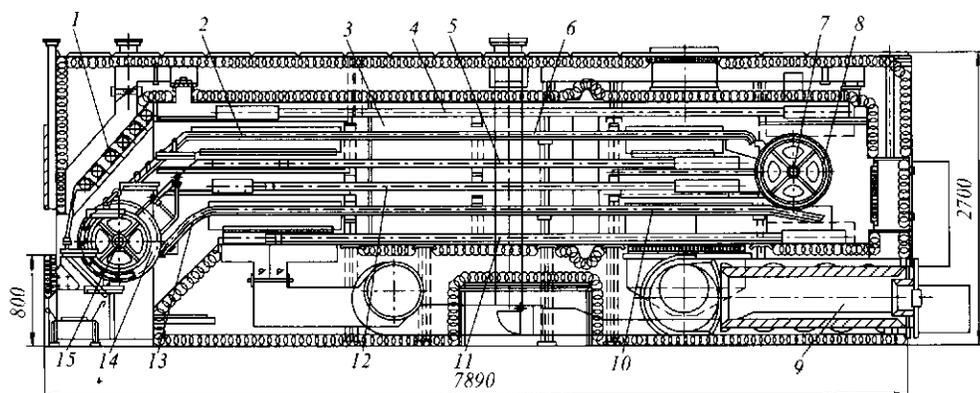


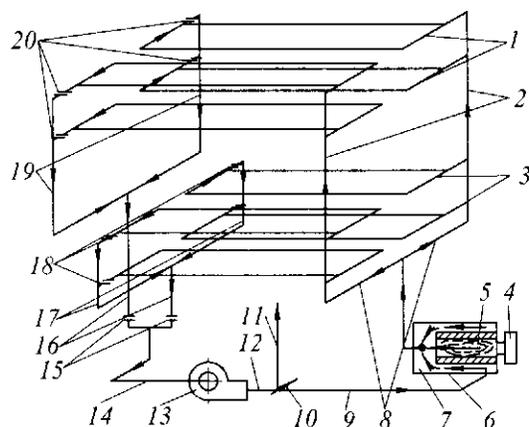
Рис. 18.4 Печь P3-XPA

Смесь продуктов сгорания из камеры смешения 7 направляется в малоинерционную канальную систему обогрева, выполненную из стальных тонкостенных труб. Температура продуктов сгорания на выходе из камеры смешения порядка 400...600 °С.

Из камеры смешения 7 (рис. 18.5) через патрубки 5 продукты сгорания через газоходы 8 направляются в боковые газоходы 2, а затем в трубчатые каналы верхнего контура обогрева 1 и одновременно (параллельно) в каналы нижнего контура обогрева 3. В боковых стенках печи имеются сборные газоходы 19 и 17. В этих газоходах установлены настроечные шиберы 20 и 18 для верхнего и нижнего контуров обогрева. При наладке печи с помощью этих шиберов регулируется равномерное поступление продуктов сгорания в каждый канал системы обогрева. Этим обеспечивается необходимый подвод теплоты в пекарную камеру.

В выходных патрубках 16 обоих контуров обогрева имеются регулировочные шиберы 15. С их помощью можно регулировать величину потоков продуктов сгорания, поступающих в верхний и нижний контуры системы обогрева.

Такая система регулирования тепловых потоков относительно печного конвейера позволяет устанавливать оптимальные тепловые режимы для выпечки разнообразного ассортимента хлеба и хлебобулочных изделий.

Рис. 18.5 Схема газоходов системы обогрева
печи P3-X11A

Сборные газоходы 16 от контуров обогрева присоединяются к общему сборному газоходу 14, который в свою очередь присоединен к дымососу 13.

Часть общего потока продуктов сгорания с температурой уходящих газов из дымососа по газоходу 12 направляется в дымовую трубу 11, а другая часть потока следует по газоходу 9, присоединенному к топочному устройству, на рециркуляцию. На газоходе 9 установлен регулировочный шибер 10, позволяющий регулировать до-

лю потока продуктов сгорания, поступающего на рециркуляцию.

Техническая характеристика печного агрегата РЗ-ХПА

Производительность, т/сут:	
по нарезным батонам массой 0,4...0,5 кг	13...15
по формовому хлебу	20...22
Рабочая площадь пода, м ²	25,2
Число люлек, шт	36
Ширина пода (длина люльки), мм	2000
Шаг цепи люлечного конвейера, мм	140
Пределы регулирования продолжительности выпечки, мин	10...100
Вид топлива	газ, жидкое
Удельный расход условного топлива, кг на 1 т хлеба	27...30
Расход пара (при выпечке пшеничных сортов хлеба), кг/ч	50...120
Установленная мощность электродвигателя, кВт:	
привода конвейера	1,1
дымососа	2,2
транспортера готовой продукции	0,55
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	3,85
Габаритные размеры, мм	7900×3300×3800
Масса печи, т	13
в том числе металлоконструкции, т	12

Печь ФТЛ-2-66 (рис. 18.6) относится к группе конвейерных люлечных тупиковых печей средней мощности с канальным обогревом пекарной камеры. Эта печь по вырабатываемому ассортименту универсальна и предназначена для выпечки хлебо-булочных, бараночных и сухарных изделий всех наименований, а также многих видов мучных кондитерских изделий.

Печь состоит из топки 1, пекарной камеры 2, цепного конвейера 3 с люльками 4 и приводного механизма. Топка печи приспособлена для сжигания дров, угля, мазута и газа. При сжигании угля применяется воздушное дутье. Воздух от центробежного вентилятора поступает под колосники и через отверстия в них проникает в слой топлива. Горячие газы направляются из топки 1 по нижнему кирпичному каналу, передающему тепло пекарной камере 2 через свод по двум вертикальным каналам, расположенным в боковых стенках печи, и далее направляются в металлический радиатор, а затем поднимаются в каналы верхнего газозода.

Цепной конвейер представляет собой две пластинчатые шарнирные цепи с шагом 140 мм, перекинутые через три пары блоков 5, укрепленных на валах. Между цепями подвешены люльки 4. Для выпечки формового хлеба люльки делают из уголковой стали в виде рамок, в которые вставляются секции из форм, а для подовых изделий применяются люльки с подиками из листовой стали с бортами с трех сторон. Всего в печи имеется 24 люльки шириной 1920 мм и длиной 350 мм.

Для выпечки формовых изделий на конвейере размещаются 36 люлек длиной 220 мм, с шагом их подвески 280 мм. На такой люлке устанавливаются 16 форм размером 235×115 (поверху). Конвейер с люльками приводится в движение от электродвигателя, соединенного ременной передачей с редуктором, а последний через цепную передачу соединен с приводным валом.

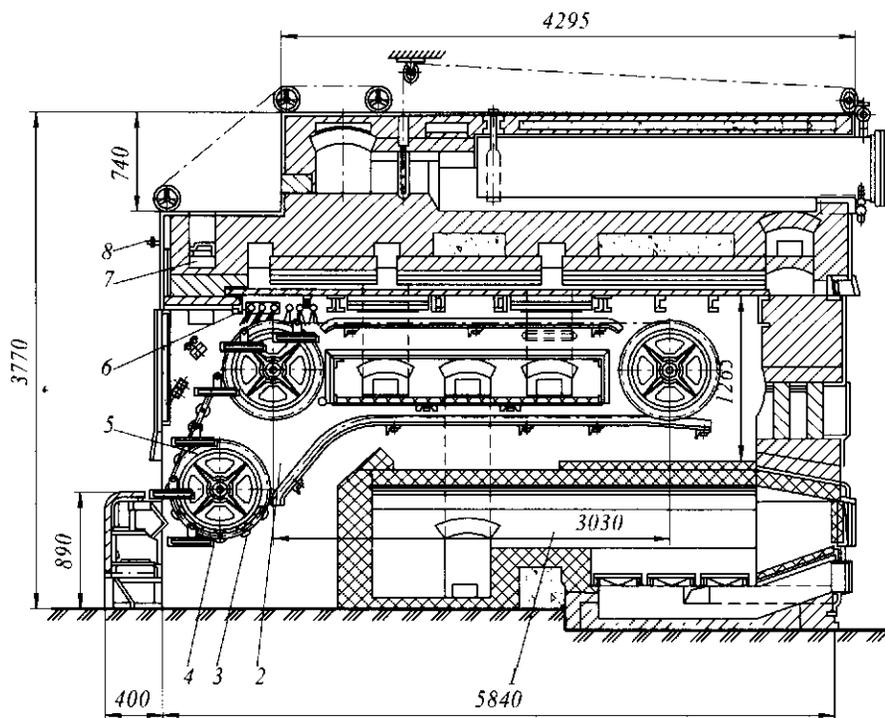


Рис. 18.6 Печь ФТЛ-2-66

Движение конвейера печи прерывистое. Регулировка продолжительности выпечки осуществляется с помощью реле времени в пределах от 7 до 100 мин за счет изменения времени остановки (выстоя) печного конвейера.

Для увлажнения среды пекарной камеры в первой зоне над четырьмя люльками установлена гребенка трубок 6 диаметром 50 мм с отверстиями, обращенными в сторону конвейера.

Пар поступает из двухтрубчатых парогенераторов диаметром 200 мм, установленных в газоходах, расположенных внизу боковых стен кладки печи, или из котельной предприятия. Избыток пара из пекарной камеры удаляется через канал 7, перекрываемый шибером, ручка 8 которого выходит к месту посадки. Паровытяжной канал соединен с бором печи.

Посадка тестовых заготовок или форм с тестом и выем готовых изделий производятся через посадочное отверстие. Включив электродвигатель привода печи, следят, когда загорится сигнальная лампа реле, и, открыв дверцу, производят посадку тестовых заготовок на подошедшую к посадочному отверстию люльку. По истечении установленного времени реле автоматически включает электродвигатель привода, а загруженная тестом люлька передвигается в верхнюю зону пекарной камеры. Последующая загрузка печи производится в той же последовательности до момента, когда первая загруженная люлька подойдет к отверстию под разгрузку. Сняв готовые изделия, люльку загружают вновь.

Печь ХПП-25 (рис. 18.7) состоит из камеры увлажнения 1, пекарной камеры 3 и топки 9. В пекарной камере расположены четырехъярусный люлечно-подиковый

конвейер 4 с 65 люльками размером 1920×220 мм или 43 люльками размером 1920×350 мм и 6 пар блоков, из которых крайний справа 7 в верхнем ряду является натяжным. Движение конвейера непрерывное.

В камере увлажнения расположены приводной 14 и направляющий 15 валы со звездочками. Конвейер приводится в движение от электродвигателя через червячный и цилиндрический редукторы, клиноременную и цепную передачи к приводному валу. Продолжительность выпечки регулируется вариатором.

Из топки 9 печи газы поступают в центральный газоход подвесного канала 8, где разделяются на два параллельных потока. Далее газы по двум боковым каналам опускаются в два нижних канала 10, а из них по двум стоякам 11 направляются в передние вертикальные газоходы 2. Отсюда по верхним каналам 6 газы поступают под водогрейные котелки.

Вертикальный газоход, отделяющийся от пекарной камеры 3 металлической стенкой, создаст в посадочной части пекарной камеры высокую температуру (зону обжарки), необходимую при выработке ржаных хлебных изделий. Для повышения влажности в эту зону подается пар по трубам 5. Пар в камеру увлажнения также подается по двум трубам 16, а для опрыскивания водой готовых изделий предусмотрена труба 12 с форсунками.

Выгрузка подовых изделий на ленточный транспортер 13 осуществляется при помощи упора, наклоняющего люльки на 30...45°.

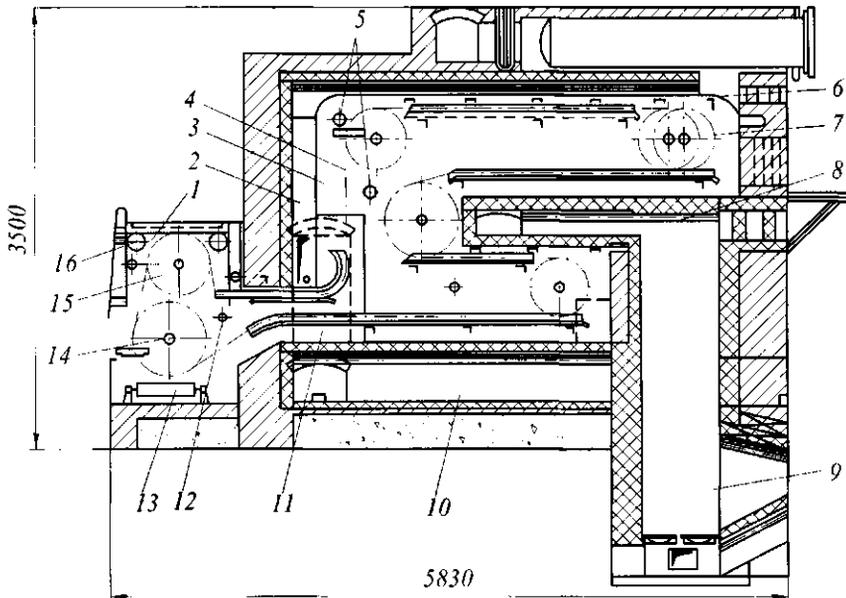


Рис. 18.7 Печь ХПП-25

Печь ГГР-1 (рис. 18.8) предусматривает наличие выносной камеры 1 для увлажнения тестовых заготовок, четырехниточного цепного конвейера 2 с 64 люльками, четырех радиаторов 3, устройства для опрыскивания водой тестовых заготовок перед пекарной камерой 5 и готовой продукции после выпечки 4.

Привод конвейера 2 печи осуществляется от электродвигателя. Топка 6 печи приспособлена для сжигания газообразного и жидкого топлива.

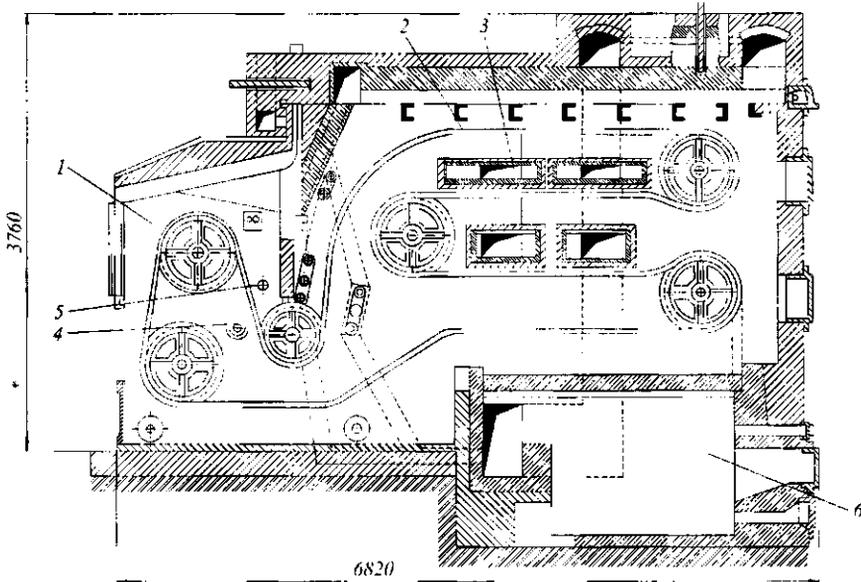


Рис. 18.8 Печь ГТР-1

Техническая характеристика хлебопекарных печей с канальной системой обогрева приведена в табл. 18.1.

Таблица 18.1 Техническая характеристика хлебопекарных печей с канальной системой обогрева

Показатель	Печи с канальным обогревом			
	ФТЛ-20	ФТЛ-2-66	ХШЛ-25	ГТР-1
Производительность, т/сут	4,7...5,9	12...14,5	25	35
Число люлек, шт.	17	24	43...65	64
Рабочая площадь пода, м ²	8,3	16,0	27...28	43,1
Ширина пода, мм	1400	1920	1920	1920
Установленная мощность электродвигателя, кВт	1,0	2,2	1,7	1,7
Габаритные размеры, мм	4100?	5840?	5830?	6820?
Масса металлоконструкции, кг	?2610?2700	?4500?3900	?3500?4300	?3760?5500
	4200	5500	8800	13 500

Инженерные расчеты. Тепловой баланс пекарной камеры составляют на 1 кг горячего хлеба (в момент его выхода из пекарной камеры), поэтому уравнение теплового баланса пекарной камеры имеет вид:

$$q_{\text{нк}} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7 + q_8;$$

где $q_{\text{нк}}$ – удельное количество теплоты, переданное в пекарную камеру на выпечку 1 кг готовой продукции, кДж/кг; q_1 – теоретическое удельное количество теплоты, затрачиваемое на выпечку 1 кг продукции, кДж/кг; q_2 – удельное количество теплоты, затрачиваемое на испарение воды и перегрев пара, поступающих в пекарную камеру на увлажнение тестовых заготовок и среды, кДж/кг; q_3 – удельное количество теплоты, затрачиваемое на нагрев вентиляционного воздуха, кДж/кг; q_4 – удельное количество теплоты, затрачиваемое на нагрев транспортных устройств, кДж/кг; q_5

удельное количество теплоты, затрачиваемое наружными поверхностями стенок пекарной камеры, кДж/кг; q_6 – удельное количество теплоты, затрачиваемое через нижнюю стенку пекарной камеры, кДж/кг; q_7 – удельное количество теплоты, затрачиваемое излучением через посадочные и разгрузочные отверстия, кДж/кг; q_8 – удельное количество теплоты, затрачиваемое на аккумуляцию элементами печного агрегата, кДж/кг.

$$q_1 = W_{исп}(i_{m1} - i_a) + g_k c_k (T_k - T_m) + (g_{см} c_x + W_x c_a)(T_m - T_m),$$

где $W_{исп}$ – количество испаренной влаги из тестовой заготовки во время выпечки – упск, отнесенной к массе горячего хлеба, кг/кг;

$$W_{исп} = (m_m - m_x) / m_x,$$

где m_m – масса тестовой заготовки, кг; m_x – масса горячего изделия (хлеба), кг; i_{m1} – удельная энтальпия перегретого пара, кДж/кг; i_a – удельная энтальпия воды при температуре теста, кДж/кг; g_k – массовая доля корки в 1 кг горячего хлеба, кг/кг; c_k и c_x – удельная теплоемкость сухого вещества соответственно корки и хлеба, кДж/(кг·К); T_k и T_m – соответственно средняя температура массы корки горячего хлеба и теста, К; $g_{см}$ – массовая доля сухого вещества в мякише горячего хлеба, кг/кг; W_x – содержание влаги в 1 кг горячего хлеба в момент его выхода из пекарной камеры, кг/кг; c_a – удельная теплоемкость воды при температуре теста, кДж/(кг·К); T_m – средняя температура мякише горячего хлеба, К.

$$q_2 = D_n(i_{m1} - i_n) + D_a(i_{n1} - i_a),$$

где D_n – массовая доля насыщенного пара, поступившего в пекарную камеру на увлажнение, кг/кг; D_a – массовая доля воды, поступившей в пекарную камеру на увлажнение, кг/кг; i_n – удельная энтальпия насыщенного пара перед паровлажнителем устройством, кДж/кг;

$$q_3 = [(W_{исп} + D_n + D_a)c_p(T_{пк} - T_a)] / (d_{пк} - d_a),$$

где c_p – удельная теплоемкость воздуха, кДж/кг; $d_{пк}$ – влагосодержание горячего влажного воздуха в сечении посадочного окна на выходе из пекарной камеры, кг/кг; d_a – влагосодержание воздуха, кг/кг;

$$q_4 = g_{мф} c_m (T''_ф - T'_ф),$$

где $g_{мф}$ – массовая доля металла форм, приходящаяся на 1 кг хлеба, кг/кг; c_m – удельная теплоемкость стали, кДж/(кг·К); $T''_ф$ – температура формы при выходе из печи, К; $T'_ф$ – температура формы при входе в пекарную камеру, К;

$$q_5 = 3,6\Phi_{oc} / П,$$

где Φ_{oc} – потеря теплоты в окружающую среду, кВт; $П$ – производительность печи, кг/ч;

$$\Phi_{oc} = \alpha_k f_n (T_n - T_a) + c_0 \varepsilon_n f_n [(0,01T_n)^4 - (0,01T_a)^4],$$

где α_k – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности к воздуху, кВт/(м²·К); f_n – площадь поверхности наружных стенок пекарной камеры, м²; T_n – температура наружной поверхности стенки, К; T_a – температура окружающего воздуха в цехе, К; c_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, кВт/(м²·К⁴); ε_n – коэффициент теплового излучения наружных поверхностей стен ($\varepsilon_n = 0,9$);

$$\alpha_k = Nu(\lambda_g / h),$$

где Nu – число Нуссельта; λ_g – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м·К); h – высота боковой стенки пекарной камеры, м;

$$P = (60 n_n n_\phi g_x) / \tau,$$

где n_n – число рабочих люлек конвейера; n_ϕ – количество форм с хлебом на люлке; g_x – масса одной буханки хлеба, кг; τ – продолжительность выпечки, мин;

$$q_6 = 3,6 \Phi_{nc} / P,$$

где Φ_{nc} – потеря теплоты пекарной камеры через нижнюю стенку печи, кВт;

$$\Phi_{nc} = (\lambda_n / \delta) f_{nc} (T_{cm} - T_{нол}),$$

где λ_n – коэффициент теплопроводности изоляционного материала, кВт/(м·К); δ – толщина стенки, м; f_{nc} – площадь поверхности нижней стенки, м²; T_{cm} – температура стенки со стороны передней камеры, К; $T_{нол}$ – температура пола, К;

$$q_7 = c_0 \varepsilon_0 f_0 \varphi [(0,01 T_{нк})^4 - (0,01 T_{cm})^4] \tau,$$

где $\varepsilon_0 = 1$ – коэффициент теплового излучения отверстия; f_0 – площадь посадочного или выгрузочного отверстия, м²; φ – угловой коэффициент; $T_{нк}$ – температура пекарной камеры (излучающей среды), К; T_{cm} – температура стен в печном зале (равна температуре воздуха), К; τ – время, в течение которого открыты посадочные и выгрузочные отверстия, с;

$$q_8 = 0,$$

поскольку печь рассчитывается для непрерывной работы при установившемся тепловом режиме.

Тепловой поток от системы обогрева в пекарную камеру $\Phi_{нк}$ (кВт) будет равен

$$\Phi_{нк} = q_{нк} P / 3,6.$$

КПД пекарной камеры $\eta_{нк}$ (%) определяется в виде

$$\eta_{нк} = (q_l / q_{нк}) 100.$$



...мой совет студентам – ходите на все лекции... бывает, что какая-то ассоциация или информация, услышанная на лекции или семинаре, порождает идею и определяет всю последующую научную жизнь. Это не преувеличение. История науки знает немало примеров, когда пламя нового научного направления загоралось от неожиданно проскользнувшей искры.
ГИНЗБУРГ ВИТАЛИЙ ЛАЗАРЕВИЧ (р. 1916).
физик, академик РАН

18.4 ПЕЧИ С КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ОБОГРЕВА

В печах с комбинированной системой обогрева (АЦХ, ХПА-40, ФТЛ-4 и др.) передача теплоты в процессе выпечки осуществляется через систему каналов и пароводяных трубок.

Печь АЦХ (рис. 18.9) является конвейерной люлечной печью сквозного действия и предназначена в основном для выпечки формового ржаного и пшеничного хлеба. Особенностью этой печи является наличие камеры для окончательной расстойки теста, связанной с печью единым конвейером.

Движение продуктов сгорания осуществляется следующим образом: из топки б газы после обогрева топочных концов пароводяных трубок 1 последовательно проходят по нижнему и верхнему рядам дымогарных труб 2, затем поступают в сборный боров.

Конвейер 3 обогревается при помощи прямых пароводяных трубок 1, размещенных между первой и четвертой ветвями, между четвертой и пятой ветвями и под пятой ветвью конвейера. Дымогарные трубы 2 расположены между первой и второй ветвями и между второй и третьей ветвями пекарной камеры 5. Холодная ветвь конвейера 4 расположена сверху.

Цепной конвейер представляет собой две пластинчато-шарнирные роликовые цепи, перекинутые через блоки, установленные на горизонтальных валах. Блок у выгрузочного фронта является приводным, блок у посадочного фронта – натяжным. Цепи конвейера с шагом 305 мм удерживаются в горизонтальном и наклонном положении направляющими из угловой стали. Между цепями подвешены люльки размером 2540×250 мм. Шаг подвески люлек 305 мм. Число люлек на конвейере зависит от числа ветвей конвейера, размещенных в печи.

Продолжительность расстойки регулируется изменением длины холостой части конвейера с помощью передвижной каретки. После расстойки формы с тестом переходят из камеры расстойного шкафа в печь, где последовательно проходят все тем-

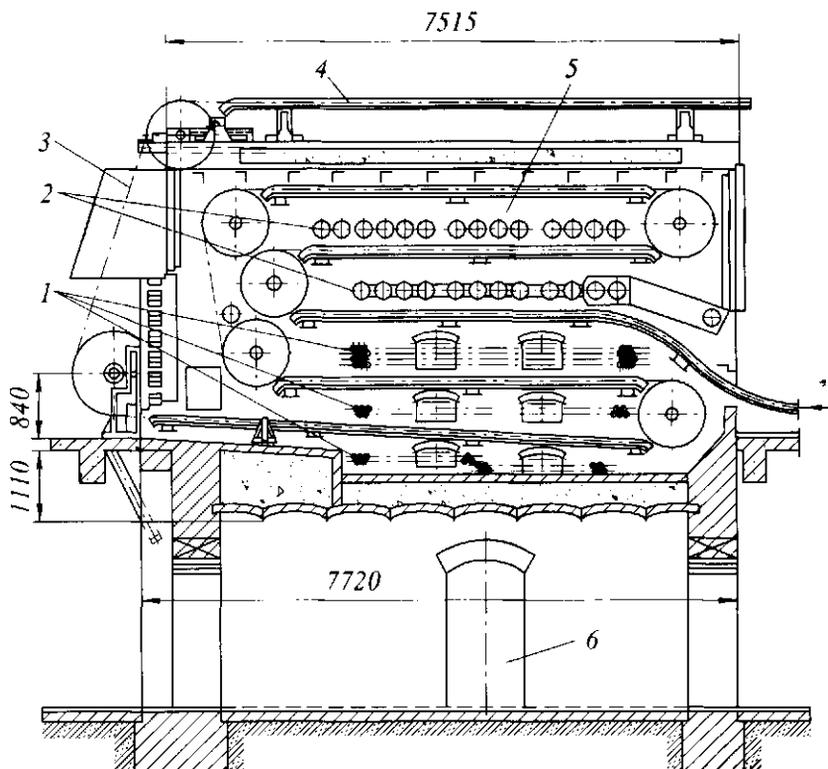


Рис. 18.9 Печь АЦХ

пературные зоны, и поступают к месту выгрузки готовой продукции.

Печь ХПА-40 (рис. 18.10) предназначена для выпечки формового хлеба из ржаной и пшеничной муки.

В пекарной камере 1 печи размещен четырехъярусный конвейер 13 из пластинчато-роликовых цепей с шагом 140 мм. На конвейере между цепями подвешены 98...100 люлек размером 1720×220 мм (шаг подвески 280 мм). Конвейер поддерживается направляющими из уголкового стали 90×60×8 мм и четырьмя парами ведомых звездочек 11, установленных на валах, подшипники которых вынесены в ниши с наружной стороны боковых стен. Ведущие звездочки 2 расположены за пределами кладки печи в металлическом кожухе. Грузовая натяжная станция находится у задних верхних звездочек 8.

Обогрев пекарной камеры смешанный: в средней части камера обогревается пароводяными трубками 9, в нижней – двумя кирпичными каналами 12 и в верхней – девятью дымогарными трубами 5 диаметром 150 мм. Нагревательные трубки длиной 5300 мм установлены в 4 ряда с шагом по горизонтали 70 мм, по вертикали 85 мм и с уклоном (в сторону топки) 40 мм на 1 м трубы. Дымовые газы из топки 10 обогревают концы нагревательных трубок, направляются по боковым каналам в нижние газоходы 12, затем по вертикальным каналам поступают в металлическую сборную камеру 4 с малым термическим сопротивлением, откуда проходят по дымогарным трубам 5 под водогрейные котелки 7, далее в боров 6 и дымовую трубу.

Конвейер печи приводится в движение от электродвигателя через вариатор скорости, который позволяет регулировать продолжительность выпечки от 38 до 55 мин.

Преимуществом печи ХПА-40 является наличие зоны обжарки в начальной стадии выпечки, что особенно важно при выработке хлеба из ржаной или ржано-пшеничной муки. Передача тепла в этой зоне происходит через металлическую стенку 3, отделяющую сборную камеру 4 от пекарной камеры печи.

В пекарной камере на расстоянии 1,2 м от посадочной дверцы над нижней ветвью конвейера установлен механизм, который опрыскивает водой одновременно

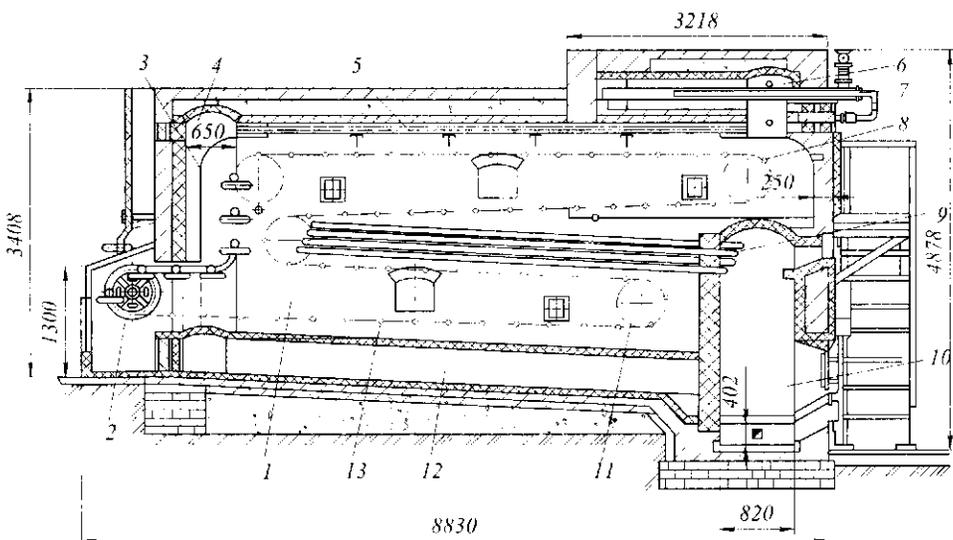


Рис. 18.10 Печь ХПА-40

четыре люльки с хлебом. Производительность печи ХПА-40 составляет 40...45 т в сутки при выработке формового хлеба из ржаной обойной муки массой 1 кг.

Техническая характеристика конвейерных люлечно-подиковых печей большой мощности с комбинированным способом обогрева пекарной камеры приведена в табл. 18.2.

Таблица 18.2 Техническая характеристика конвейерных люлечно-подиковых печей

Показатель	АЦХ			ХПА-40
	3-ярусная	5-ярусная	7-ярусная	
Производительность, т/сут	40	72	90	40...45
Число люлек в печи, шт.	64	120	160	99
Площадь пода, м ²	34,7	65	86,7	38
Ширина пода, мм	2540	2540	2540	1720
Мощность электродвигателя, кВт	2,3	2,8	2,8	1,5
Габаритные размеры, мм	7720?5890?	7720?5890?	7720?5890?	8830?3020?
	?3820	?3820	?5000	?3900
Масса металлоконструкций, кг	36 600	53 200	70 400	16 500

Инженерные расчеты. Производительность хлебопекарных печей зависит от количества хлебных изделий, находящихся на поду или в люльке, массы изделий и продолжительности выпечки.

Число изделий, размещаемых на поду или в люльке, определяется расчетом и зависит от размеров изделий и величины зазоров между ними ($a = 20...30$ мм).

Число рядов изделий n_1 , размещаемых по ширине пода или люльками, определяется по формуле

$$n_1 = (B - a) / (b + a),$$

где B – ширина пода или люльки, мм; b – ширина (диаметр) изделий, мм; a – величина зазора между изделиями, мм.

Число рядов по длине пода или люльки n_2 определяется по формуле

$$n_2 = (L - a) / (l + a),$$

где L – длина пода или люльки, мм; l – длина (диаметр) изделий, мм.

Общее число хлебных изделий N на поду или в люльке равно

$$N = n_1 n_2 [(B - a) / (b + a)] [(L - a) / (l + a)].$$

При выпечке хлебных изделий в формах зазор между ними устанавливается не менее 5 мм, а зазор между подовыми изделиями – не менее 20 мм.

Производительность конвейерной печи с ленточным или стационарным подом Π (кг/ч) определяется по формуле

$$\Pi = (60Ng) / \tau,$$

где g – масса изделия, кг; τ – продолжительность выпечки, мин.

Производительность конвейерной люлечно-подиковой печи Π (кг/ч) определяется по формуле

$$\Pi = (60Nmg) / \tau,$$

где m – число рабочих подиков в печи.

При расчете производительности печи Π (кг/ч) для выпечки кондитерских и бараночных изделий используется формула

$$\Pi = q_{\text{уд}} f_n,$$

где $q_{\text{уд}}$ – удельная производительность печного конвейера, кг/(м²·ч); f_n – рабочая площадь пода, м².

Установленная мощность печи $P_{\text{уст}}$ (кВт) определяется по формуле

$$P_{\text{уст}} = \Phi_{\text{нк}} K,$$

где $\Phi_{\text{нк}}$ – расход теплоты пекарной камеры, кВт; K – коэффициент запаса прочности печи ($K = 1,3 \dots 1,6$).

Удельный расход топлива b_m (кг на кг выпекаемых изделий) рассчитывается по формуле

$$b_m = B_m / \Pi,$$

где B_m – часовой расход топлива, кг/ч.

Для определения удельного расхода условного топлива $b_{\text{усл}}$ (кг/кг) пользуются тепловым эквивалентом топлива

$$b_{\text{усл}} = (B_m q_n) / (q_{\text{усл}} \Pi),$$

где q_n – низшее удельное количество теплоты сгорания топлива, кДж/кг; $q_{\text{усл}}$ – удельное количество теплоты сгорания условного топлива, кДж/кг.



Трудно, должно быть трудно.
Без трудностей нет творчества.
ПЛОТОВСКИЙ БОРИС БОРИСОВИЧ (1908–1990),
археолог и востоковед, академик АН СССР

18.5 ТУННЕЛЬНЫЕ ПЕЧИ С КАНАЛЬНЫМ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫМ ОБОГРЕВОМ

В туннельных печах с канальным рециркуляционным обогревом (ПХС-25М, ПХС-40, РЗ-ХПУ-25 и др.) используются ленточные поды и блочно-каркасные ограждения, а для обогрева этих печей применяется рециркуляция продуктов сгорания топлива (газ, жидкое топливо) и электроток.

Печь ПХС-25М (рис. 18.11, а) состоит из пекарной камеры, металлических каналов верхнего 2 и нижнего 3 для обогрева камеры, двух топков 4 со смесительными камерами и инжекционными газовыми горелками, ленточного пода 5 из стальной спирально-стержневой сетки, приводного 9 и натяжного барабанов 6. Последний оборудован устройством для корректирования положения сетчатой ленты путем изменения степени натяжения ее правой или левой половины. Кроме того, конвейер имеет сигнализатор, который включается, когда нарушают установленные зазоры между кромками сетчатой ленты и боковыми стенками пекарной камеры.

Для очистки сетчатого пода предусмотрена металлическая круглая щетка 8 с грузовым прижимным механизмом, которая приводится в движение от электродвигателя через червячный редуктор и две цепные передачи.

Ограждение печи каркасного типа выполнено из стальных щитов с изоляцией из минеральной ваты. Всего в печи девять внутренних секций. Для осмотра конвей-

ера и наблюдения за выпечкой в боковых стенах печи имеются смотровые лючки, а для контроля температуры среды пекарной камеры предусмотрены три термометра манометрического типа. Над посадочным и выгрузочным отверстиями имеются зонты, присоединяемые к вытяжным трубам.

В зоне посадки пекарной камеры смонтировано увлажнительное устройство, состоящее из ряда перфорированных трубок, водоотделителя, вентилей и манометра и соединенное заводской паровой системой. Для уменьшения вентиляции пекарной камеры внутри нее предусмотрены два поворотных фартука 7. Для удаления излишней влаги пекарная камера соединена двумя вытяжными отверстиями и каналами 1 с вентиляционной системой предприятия.

Печь оборудована двумя обогревательными системами (рис. 18.11, б), одна из которых (правая) обслуживает зону выпечки, а другая (левая) – зону допекания. Все конструкции обогревательной системы, находящиеся под воздействием газов с высокой температурой, изготовлены из жаростойких сталей. Кроме того, для снижения температуры газа, поступающего в каналы, применена рециркуляция.

Топки печи приспособлены для сжигания газов и жидкого топлива. Для газа применены инжекционные горелки 1 среднего давления. Горячие газы, образующиеся в топках 2 под влиянием тяги, создаваемой дымососами 4, проходят по металлическим каналам 5 и через их стенки передают тепло обеим зонам пекарной камеры. В конце системы охлажденные газы разделяются на два потока: один – 7 – направляется в дымовую трубу, другой – в смесительную камеру топки 2 для охлаждения стенок и снижения температуры топочных газов.

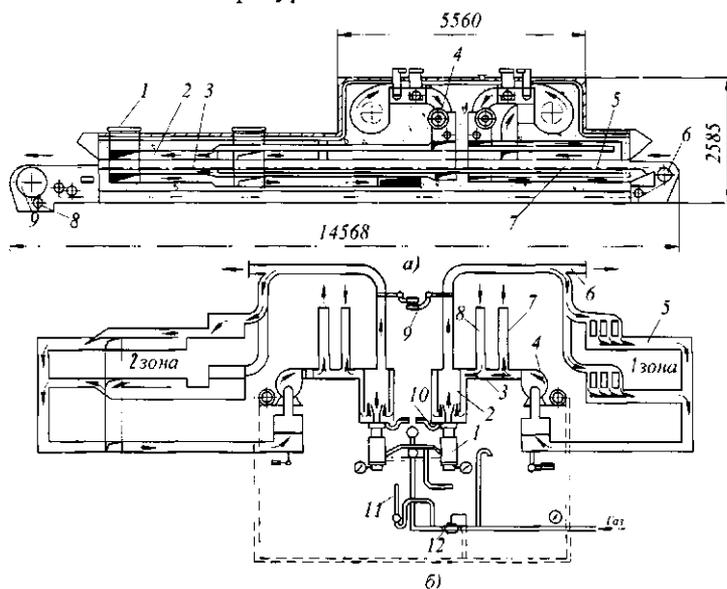


Рис. 18.11 Печь ПХС-25М: а – продольный разрез; б – тепловая схема

Обе обогревательные системы оборудованы тягомерами 10 для контроля тяги в топках, термопарами 9 с гальванометрами для замера температуры газов в конце смесительных камер топок, переносной свечой 11, взрывными клапанами 6 и специальным электромагнитным клапаном 12 для прекращения подачи газа к горелкам в

случаях остановки работы дымососов или при снижении давления в газоподаче ниже допустимого предела.

Перед розжигом печи производят продувку системы свежим воздухом. Для этого клапаном 3 перекрывается канал движения газов, и через патрубок они выбрасываются наружу, а свежий воздух через патрубок 8 и топки поступает в систему и проходит по всем каналам. Температура греющих газов поддерживается в пределах 500...600 °С, а температура уходящих газов достигает 280...350 °С.

Конвейер печи приводится в движение от электродвигателя через две клиноремные передачи, цепной вариатор, комбинированный редуктор и зубчатую передачу. В конструкции водного механизма предусмотрен ручной привод. Наличие вариатора позволяет регулировать продолжительность выпечки в пределах от 12 до 72 мин.

Техническая характеристика туннельных печей с рециркуляционным обогревом приведена в табл. 18.3.

Таблица 18.3 Техническая характеристика туннельных печей с рециркуляционным обогревом

Показатель	ПХС-25М	ПХС-40	РЗ-ХПУ-25
Производительность, т/сут	14...17	22...30	14...17
Рабочая площадь пода, м ²	25	40	28,4
Ширина пода, мм	2100	2100	2000
Установленная мощность электродвигателя, кВт	14	14	10,8
Габаритные размеры, мм	14570?3350?2950	22070?3350?2590	16900?3500?1800
Масса металлоконструкций, кг	15 000	23 000	16 500

Инженерные расчеты. Производительность туннельной печи с ленточным подом P (кг/с)

$$P = (FK3600) / \tau,$$

где F – рабочая площадь пода, м²; K – удельная загрузка 1 м² пода печи в зависимости от ассортимента изделий, кг/м²; τ – продолжительность выпечки, с.

Удельная загрузка пода печи определяется как

$$K = n \cdot m,$$

где n – количество изделий на 1 м² пода, шт./м²; m – масса заготовки, кг.

Тепловая характеристика туннельной печи определяется тепловым балансом

$$Q = Q_n + Q_{\text{пот}},$$

где Q – количество теплоты, поступающей в печь, кВт; Q_n – количество теплоты, полезно использованной печью, кВт; $Q_{\text{пот}}$ – тепловые потери, кВт.

КПД пекарной камеры туннельной печи η характеризует эффективность использования поступившей теплоты

$$\eta = (Q_m / Q_{n.k}) 100 \%,$$

где Q_m – теоретически необходимое количество теплоты на выпечку определенного количества изделий, кДж; $Q_{n.k}$ – количество теплоты, поданной в пекарную камеру для выпечки данного количества хлеба, кДж.



Я приветствую тех, кто не теряет ни одной из драгоценных минут жизни, чтобы пополнять свои знания.
САНД ЖОРЖ (1804–1876),
литературный псевдоним Авроры Дюпен,
французская писательница

18.6 ПЕЧИ С ЭЛЕКТРООБОГРЕВОМ

В печах с электрообогревом пекарные камеры обогреваются трубчатыми электрическими нагревательными элементами. Печи бывают туннельные или тупиковые и предназначены для выпечки широкого ассортимента хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

Печь П-119М (рис. 18.12) относится к тупиковым люлечно-подиковым конвейерным печам с электрообогревом и состоит из блочно-каркасного ограждения 1, пекарной камеры 2, в которой размещен двухъярусный цепной конвейер 3. Цепи конвейера втулочно-роликовые с шагом 140 мм. На конвейере через каждые три звена подвешены люльки 4 размером 1410×285 мм с высотой подвески 150 мм. На этих люльках выпекается формовой хлеб. Для выпечки подовых изделий на люльки устанавливаются съемные подики.

Передний вал конвейера приводной, а задний – натяжной. Валы опираются на подшипники качения, которые у приводного вала вынесены за пределы печи, а у натяжного расположены в нишах боковых панелей ограждения. Движение конвейера равномерно-прерывистое, осуществляется с помощью реле времени и концевого выключателя.

Обогрев пекарной камеры производится от трубчатых электронагревателей 5 мощностью 2,5 кВт. Всего в печи предусмотрены 30 нагревателей общей мощностью 75 кВт. Нагреватели установлены на обеих боковых панелях печи.

Ограждение печи представляет собой пустотелые панели шириной 250 мм из тонкой листовой стали, заполненные изоляционным материалом (минеральной ватой). Для более равномерного распределения температуры в пекарной камере между верхней и нижней ветвями конвейера размещен экран 6.

Увлажнение пекарной камеры производится паром от котельной предприятия. Пар подается тремя паровыми гребенками 10, которые увлажняют тестовые заготовки на четырех люльках. В нижней части печи при необходимости располагаются электробойлер 7 и паровой котелок 8 с электрообогревом.

Загрузка тестовых заготовок для всех изделий в печь производится вручную, а выгрузка готовых подовых изделий осуществляется механически, путем наклона люльки на угол 42° при ее движении и соприкосновении с копирами 9 у боковых стен камеры.

Вся аппаратура управления, регулирования и контроля температурного режима установлена на щите шкафного типа. Перед началом работы на потенциометрах устанавливается заданная температура. Разогрев печи до рабочей температуры производится вручную постепенно – вначале включается только одна группа электронагревателей. При достижении заданной температуры пекарной камеры переходят на автоматический режим обогрева печи. Время разогрева печи от холодного состояния до рабочей температуры составляет не менее 2,5 ч.

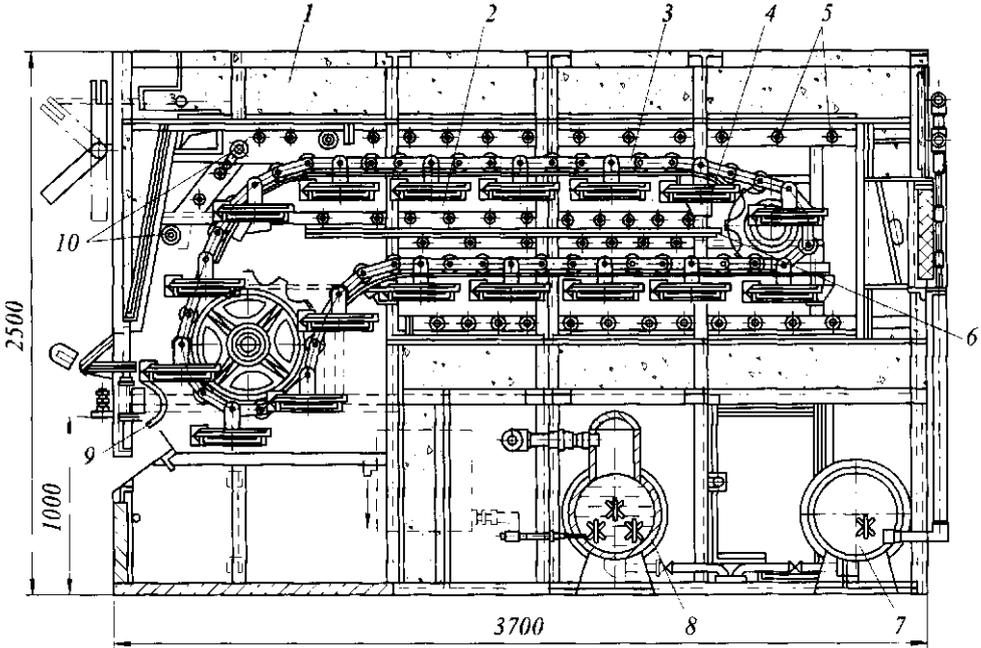


Рис. 18.12 Печь П-119М

Печь П-104 (рис. 18.13) относится к группе тупиковых конвейерных люльочно-подиковых печей средней мощности с электрообогревом и состоит из блочно-каркасного ограждения 1, пекарной камеры 3, в которой размещен двухниточный конвейер 4 с втулочно-роликовыми цепями с шагом 140 мм.

На конвейере через каждые три звена подвешены 34 люльки 5 размером 1920×350 мм со съемными подиками. Передний вал 11 конвейера приводной, а задний 8 натяжной. Валы опираются на подшипники качения, которые у приводного вала вынесены за пределы печи, а у натяжного расположены в нишах боковых панелей. Направляющие звездочки 2 крепятся на консольных осях. Движение конвейера печи

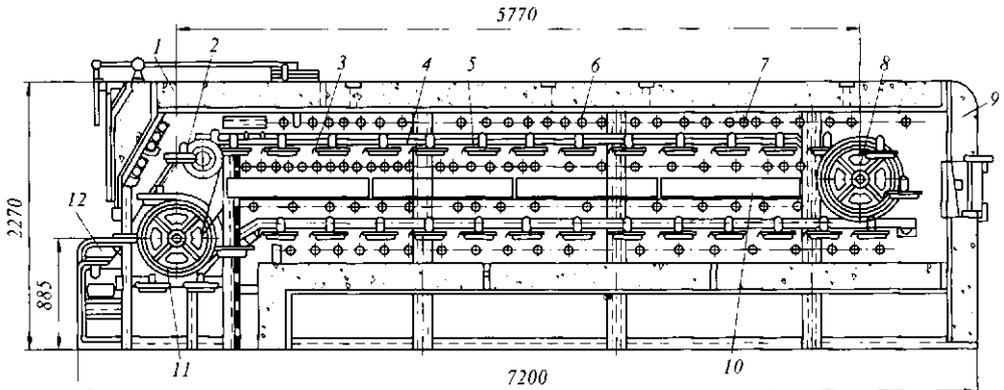


Рис. 18.13 Печь П-104

равномерно-прерывистое, осуществляемое с помощью реле времени и концевого выключателя, установленного у приводной звездочки. Привод печи состоит из электродвигателя, клиноременной передачи, червячного редуктора и цепной передачи.

Пекарная камера обогревается 72 трубчатыми электронагревателями 6 мощностью 2,5 кВт каждый. Суммарная мощность всех нагревателей 180 кВт. Нагреватели разбиты по зонам пекарной камеры на четыре группы в соответствии с тепловыми нагрузками. Для контроля теплового режима по зонам предусмотрены четыре термомпары 7. Температура может регулироваться автоматически и вручную.

Ограждение печи выполнено из пустотелых металлических панелей 9, заполненных минеральной ватой. Между верхней и нижней ветвями конвейера размещены кобры 10, что позволяет лучше регулировать температуру среды пекарной камеры.

Для увлажнения пекарной камеры в течение 2...2,5 мин паром, поступающим от котельной предприятия, предусмотрены три гребенки, расположенные над первыми от посадочного устья четырьмя люльками.

Посадочный фронт и устье печи позволяют применить механизмы типа ПС-1-59 и др., аналогичные по конструкции для посадки тестовых заготовок подовых изделий. В случае применения посадчика ПС-1-25 посадочное отверстие опускается на 180 мм. Для разгрузки подовых изделий применены ранее описанные приспособления. Готовые изделия разгружаются на ленточный конвейер 12 с индивидуальным приводом.

Таблица 18.4 Техническая характеристика печей с электрообогревом

Показатель	Туннельные печи				
	Г4-ХПС-25	Г4-ХПС-40	А2-ХПЯ-50		ПСК-8
Производительность, т/сут	10...15	15...25	25		7,2
Рабочая площадь пода, м ²	25	40	50		8,5
Ширина пода, мм	2100	2100	2100		2100
Установленная мощность, кВт:					
электродвигателя	4,5	4,5	7,8		3,3
электронагревателей	240	335	460		135
Количество люлек, шт			-		-
Габаритные размеры, мм	16 200×3270× ×1500	22 600×3270× ×1500	27 300×3052× ×1415		650×1850× ×1550
Масса металлоконструкций, кг	13 000	16 500	16 420		8270
Производительность, т/сут	2...5	19...21	9...12	15...20	20...25
Рабочая площадь пода, м ²	8,8	23,3	11,2	18,2	25,2
Ширина пода, мм	1410	1920	2000	2000	2000
Установленная мощность, кВт:					
электродвигателя	1,1	2,75	1,1	1,1	1,1
электронагревателей	75	180	75	120	180
Количество люлек, шт	18	34	24/16*	39/26	54/36
Габаритные размеры, мм	3920×2895× ×2270	7200×3485× ×2270	4235×35 40× ×1920	6340×3 540× ×1920	8445×3540× ×1920
Масса металлоконструкций, кг	4900	10 135	5750	7735	10 520

* Ширина люлек 220 или 320 мм

Печь Г4-ХПС-40 (рис. 18.14) состоит из пекарной камеры 4, приводной и натяжной станций, на барабанах 1 и 11 которых натянута спирально-стержневая сетка

3, закрепленная на тяговых цепях 5. Пекарная камера состоит из 6 секций, установленных на опорах, соединенных в одну камеру. Пространство между секциями и обшивкой заполнено минеральной ватой 7. Обогрев пекарной камеры осуществляется двумя рядами ТЭНов 6, которых в печи находится 170 шт.

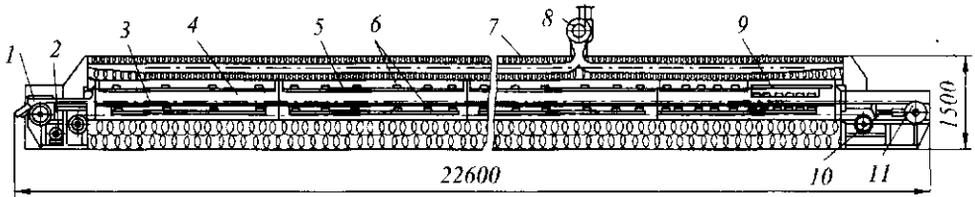


Рис. 18.14 Печь Г4-ХПС-40

Печь имеет систему вентиляции 8 для удаления паров из пекарной камеры и пароувлажнительное устройство 9, размещенное в первой секции. Пекарная камера 4 разбита на 4 зоны с индивидуальным регулированием и контролем температурного режима. Натяжение тяговых цепей производится натяжным устройством 10. Привод 2 печи состоит из электродвигателя, ременной передачи, вариатора и системы звездочек.

В табл. 18.4 приведена техническая характеристика печей с электрообогревом.

Инженерные расчеты. Использование электроэнергии в печах с электрообогревом основано на законе Джоуля – Ленца:

$$Q = I^2 R \tau,$$

где Q – количество теплоты, Дж; I – сила тока, А; R – сопротивление проводника, Ом; τ – продолжительность включения, с.

Тепловой баланс пекарной камеры электрической печи сопротивления представляется в следующем виде:

$$\Phi_{нк} = \Pi(q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7 + q_8) / 3.6,$$

где $\Phi_{нк}$ – расход теплоты, кВт; Π – производительность печи, кг/ч; $q_1 + q_2 + \dots + q_8$ – составляющие члены теплового баланса, кДж/кг.

Установленная мощность печи $P_{уст}$ (кВт) определяется по величине расхода теплоты $\Phi_{нк}$ с учетом коэффициента запаса мощности K

$$P_{уст} = \Phi_{нк} \cdot K.$$

Число ТЭНов в пекарной камере n_n зависит от установленной мощности печи, выбранной мощности одного ТЭНа и определяется соотношением

$$n_n = P_{уст} / P_n,$$

где P_n – мощность одного нагревателя, кВт.

Для равномерного распределения нагрузки между фазами (при трехфазном переменном токе) и удобства регулирования тепловой нагрузки число ТЭНов принимается равным трем.

Теплообмен в пекарной камере электрической печи сопротивления описывается теми же уравнениями, что и теплообмен в пекарной камере печи с трубчатыми поверхностями теплообмена.

Уравнение теплообмена между экраном, тепловоспринимающей поверхностью пода и средой пекарной камеры имеет вид

$$\Phi_{нк} = \alpha_k f_{эк} (T_{эк} - T_{нк}) + C_0 \epsilon_{пр} \varphi f_{эк} [(0,01T_{эк})^4 - (0,01T_{Тн})^4],$$

где $\Phi_{нк}$ – расход теплоты в рассматриваемой зоне пекарной камеры, Вт; α_k – коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/(м²·К); $f_{эк}$ – площадь поверхности экрана, м²; $T_{эк}$ – температура поверхности экрана, К; $T_{нк}$ – температура среды пекарной камеры, К; C_0 – коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела [$C_0 = 5,67$ Вт/(м²·К⁴)]; $\epsilon_{пр}$ – приведенный коэффициент теплового излучения; φ – угловой коэффициент; $T_{Тн}$ – температура тепловоспринимающей поверхности, К.

Диаметр проволоки нагревателя d (мм) определяется по формуле

$$d = \sqrt[3]{4 \cdot 10^5 \rho P_n^2 / (\pi^2 U^2 P_{уд})},$$

где ρ – удельное сопротивление нагревателя при рабочей температуре, (Ом·мм²)/м; P_n – мощность нагревателя, кВт; U – напряжение питающей сети, В; $P_{уд}$ – допустимая удельная поверхностная мощность нагревателя, Вт/см².

Расчетную длину проволоки одного нагревателя l_n (м) рассчитывают:

$$l_n = \sqrt[3]{10 P_n U^2 / (4 \pi \rho P_{уд})}.$$

Площадь поверхности проволоки нагревателя $f_{пр}$ (см²) определяется в виде

$$f_{пр} = \pi d l_n.$$

Удельная поверхностная мощность нагревателя $P_{уд}$ (Вт/см²) равна

$$P_{уд} = P_n / f_{пр}.$$



Недовольство собой есть необходимое условие разумной жизни. Только это недовольство побуждает к работе над собою.
ТОЛСТОЙ ЛЕВ НИКОЛАЕВИЧ (1828–1910),
русский писатель

18.7 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ШПАРКИ И ОПАЛИВАНИЯ

Оборудование этой группы предназначено для обработки поверхности мясного сырья с целью его подготовки к дальнейшей переработке. *Шпарка* – кратковременная тепловая обработка поверхности туш свиней, шерстных и слизистых субпродуктов при температуре теплоносителя (воды, пара) 51...83 °С с целью ослабления связи между подлежащими удалению частями (волосом, щетиной, слизистой оболочкой, эпидермисом) и самим объектом. Свиные туши в шкуре подвергают шпарке в том случае, если свинину направляют на выработку бекона и ветчинных изделий, частично – для снятия крупона. Шпарку проводят в воде или пароводяной смеси температурой 63...65 °С в течение 3...5 мин. Ее цель – ослабление луковиц щетины, которую потом удаляют машинами или вручную.

Режим шпарки субпродуктов зависит от их вида. Говяжьи языки обрабатывают горячей водой температурой 75...80 °С в течение 3...4 мин, свиные – 1,5...2, бараньи – 1...1,5; рубцы и леточки при температуре 62...65 °С, говяжьи – 2...3 мин, свиные – 8...12 мин, шерстные субпродукты при температуре 65...68 °С – от 4 до 10 мин.

Оборудование для шпарки бывает периодического и непрерывного действия, горизонтальным (шпарильные чаны и ванны) и вертикальным (шпарильные камеры).

Чан шпарильный К7-ФШ2-К (рис. 18.15) представляет собой прямоугольный резервуар 11 из толстолистовой стали, усиленный каркасом 6. На каркасе смонтирован конвейер с люльками 9 для укладки туш, подвергаемых шпарке. Конвейер перемещается по уголкового направляющим путям 5, приваренным к внутренним поверхностям боковых стенок резервуара 11, с помощью привода, расположенного под передней стенкой резервуара на каркасе 6. Привод состоит из электродвигателя 4 и редуктора 3, установленных на плите 22, снабженной защитным кожухом 21.

Пластинчатая цепь 1, снабженная роликами 2 и пластинами 10, с помощью натяжного вала 12 и натяжной звездочки 13 перемещает обрабатываемые туши вдоль резервуара и с помощью регулирующего устройства 14 и фиксатора 15 обеспечивает стабильное движение. На верхних полках каркаса имеются душевое и фиксирующее устройства для удержания туш от всплытия. Вода в душевое устройство подается центробежным насосом 18, установленным на раме 19 вместе с электродвигателем 20. Душирующее устройство состоит из оросительных 16 и соединительных 17 труб, совмещенных с водонагревателем 8. На правой верхней полке каркаса 6 установлен механизм синхронизации, связанный цепной передачей с приводным валом 25 конвейера и приводной звездочкой 24 с помощью пальца 23. На правой боковой стенке резервуара находится шаропровод с мембранным механизмом 7 и регулятором 26 температуры воды в чане.

Техническая характеристика шпарильных чанов К7-ФШ2-К

Производительность, туш в час	120
Масса обрабатываемых туш, кг	100
Габаритные размеры, мм	7340×3020×1800
Масса, кг	4700

Ванны шпарильные (рис. 18.16) применяют для предварительной шпарки субпродуктов. Ванны имеют прямоугольную форму с внутренней 4 из нержавеющей стали и внешней 2 из черного проката обшивками. Пространство между ними заполнено теплоизоляцией 6. Геометрическая вместимость ванны составляет 400 л.

Вода температурой 60...65 °С подводится в ванну через патрубок 3, а отводится через патрубок 8. Для подогрева воды и поддержания необходимой температуры в ванне имеется барботер 1. Ванна рассчитана на одновременную загрузку четырех корзин 7 вместимостью до 45 кг каждая. Корзины прямоугольные, сварные, из листовой нержавеющей стали, с перфорированными стенками. На торцовых поверхностях имеются цапфы, соединенные с коромыслом 5, предназначенным для переноса и опрокидывания корзин при их разгрузке.

Опаливание выполняют для удаления (сжигания) остатков волос и эпидермиса при обработке туш свиней и шерстных субпродуктов. Одновременно поверхность продукта дезинфицируется, а при обработке шерстных субпродуктов приобретает специфический приятный запах и желтовато-коричневый цвет.

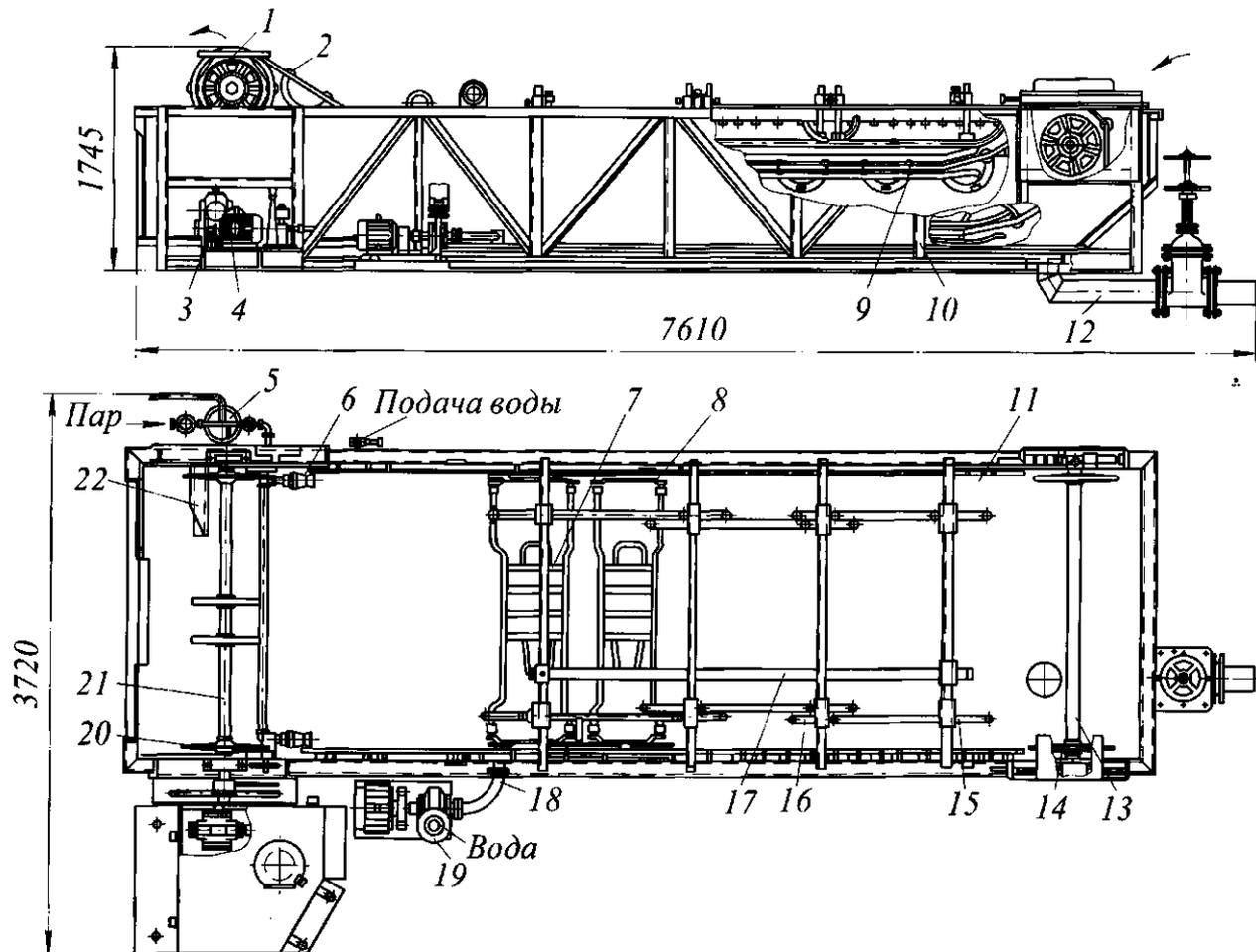


Рис. 18.15 Чан шарильный конвейерный К7-ФШ12-К

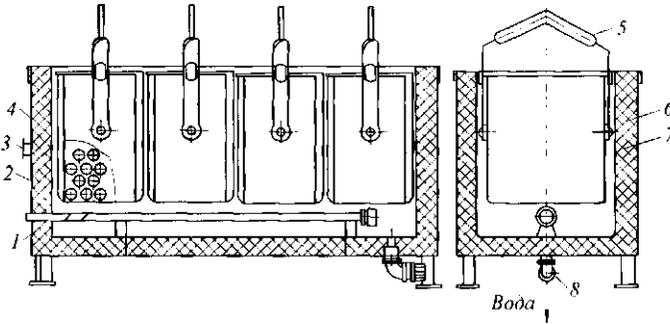


Рис. 18.16 Ванна шпарильная

Процесс осуществляется при температуре $600...800\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура открытого пламени достигает $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Опаливанию влажных субпродуктов предшествует подсушка отходящими из опалочной зоны газами температурой $300...400\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для *опаливания* применяют опалочные печи периодического и непрерывного действия; при ручном опаливании части свиных туш используют факельные горелки.

Шпарильный чан фирмы МИТ АБ (Швеция) с конвейером показан на рис. 18.17. Туши в чане перемещаются конвейером 4, установленным над резервуаром 1 на стойках 7. Конвейер состоит из двух параллельных цепей, соединенных стальными прутками 12. По нормали к пруткам крепятся рядами с шагом $0,9\text{ м}$ стальные стержни 3, образующие камеры.

Конвейер 4 приводится в движение от мотор-редуктора 5 цепной передачей с натяжной станцией 2, закрепленной на натяжном валу 11 и двумя приводными звездочками 6, закрепленными на валу 13. В каждую камеру помещают по две туши

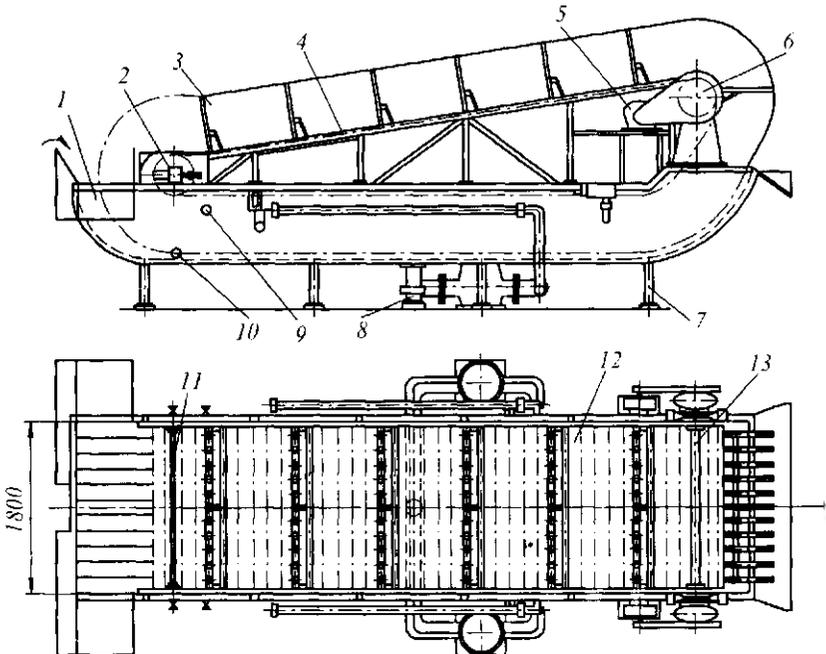


Рис. 18.17 Шпарильный чан с конвейером фирмы МИТ АБ

свиной массой до 110 кг, и они транспортируются под поверхностью воды вдоль резервуара. Темп загрузки и выгрузки синхронизирован с работой машины для удаления щетины.

Воду подают через трубу 9 и в резервуаре нагревают острым паром, подаваемым по паропроводу 10, и далее ее температура поддерживается автоматически с помощью датчиков температуры, связанных с регулятором расхода пара. Автоматически поддерживается и уровень воды в резервуаре с помощью сливной трубы 8. При санитарной обработке аппарата конвейер поднимают вверх, что позволяет проводить механическую очистку чана от загрязнений.

Изготавливают аппараты производительностью от 120 туш в 1 ч, при этом длина резервуара изменяется от 7 до 12 м.

Ротационный шпарильный чан фирмы «Село» (Голландия) показан на рис. 18.18. Он состоит из прямоугольного резервуара 5, в котором установлен герметичный барабан 2. Цапфы барабана закреплены в подшипниковых опорах 4. На внешней поверхности обечайки барабана рядами наклонно приварены стержни 3, образующие камеры, в которые механизмом загрузки 1 подаются туши. Барабан вращается, и туша погружается в горячую воду, где выдерживается в процессе движения необходимое для шпарки время. Наклон стержней обеспечивает надежную выгрузку туши из камеры, и она попадает на решетку механизма выгрузки 6.

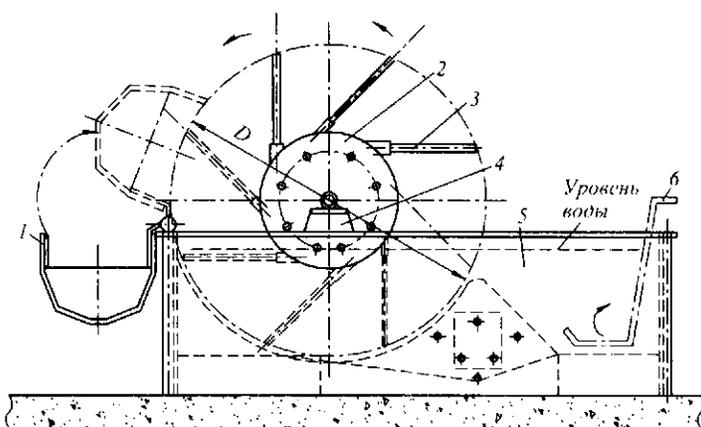


Рис. 18.18 Принципиальная схема ротационного шпарильного чана фирмы «Село»

Аппарат для шпарки кур и цыплят с горизонтальным расположением насоса (рис. 18.19) состоит из внешнего 13 и внутреннего 12 корпусов. В задней торцевой части внешнего корпуса в цилиндрическом диффузоре на валу 6 расположена крыльчатка 8 насоса, который приводится во вращение от электродвигателя 10 через клиноременную передачу 9. Подогрев воды осуществляется острым паром, который поступает по паропроводу через вентиль 2. Температура воды поддерживается регулятором расхода пара 4, соединенным с термометром 5. Аппарат устанавливают под конвейером, и тушки проходят через лопатки загрузки 3 и выгрузки 7. Производительность аппарата от 500 тушек в 1 ч, мощность электродвигателя 2,8 кВт, частота вращения насоса $11,7 \text{ с}^{-1}$. Схему установки насосов в боковых карманах применяют в унифицированных аппаратах для шпарки кур и цыплят. В зависимости от производительности эти аппараты имеют одну, две или три секции.

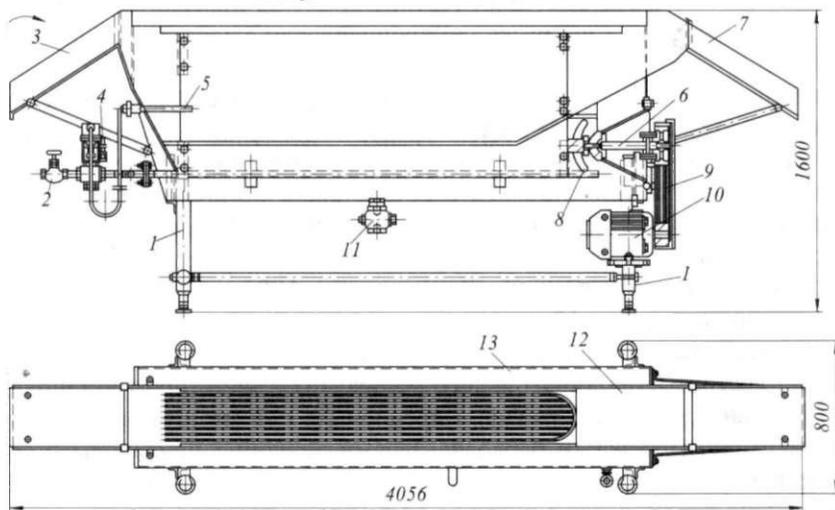
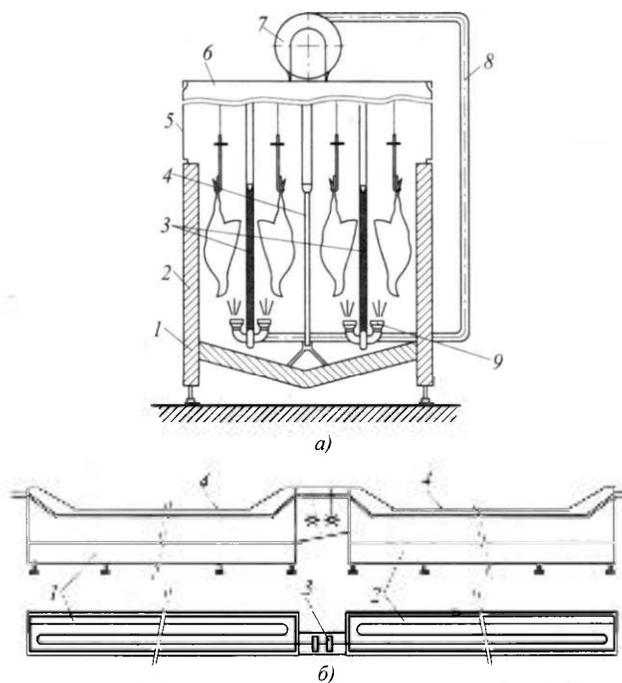


Рис. 18.19 Аппарат для шарки кур и цыплят с горизонтальным расположением насоса

Аппарат фирмы «Сторк» (Голландия) для шарки птицы с барботированием воздуха (рис. 18.20, *a*) состоит из металлического корпуса 1, покрытого теплоизоляцией 2. Корпус разделен перегородками 3 и 4 на продольные секции, через которые конвейером перемещаются тушки птицы, делая три или четыре хода вдоль аппарата.

Рис. 18.20 Аппарат фирмы «Сторк» для шарки птицы с барботированием воздуха:
a – схема аппарата; *б* – схема расположения корпусов

Перегородка 3 служит одновременно нагревателем воды, и в нее подается пар давлением 150 кПа. Верхняя часть аппарата закрыта вытяжной крышкой 6, на которой установлена воздуходувка 7. Она забирает горячий воздух из-под крышки и по воздуховоду 8 под давлением подает его к форсункам 9. В результате создаются турбулентные потоки, обеспечивающие быстрый и равномерный прогрев поверхности тушки птицы. Пространство между крышкой и корпусом аппарата закрыто боковыми панелями 5, которые можно легко демонтировать при мойке и чистке аппарата.

По сравнению с оборудованием, рассмотренным ранее, аппараты с барботированием воздуха более компактны, они характеризуются большей вместимостью по продукту (на 1 м³ объема) и меньшими потерями теплоты в окружающую среду. С исключением механических насосов упрощается обслуживание аппарата и снижаются энергозатраты.

Для уменьшения расхода воды аппарат разделен на «грязную» 1 (рис. 18.20, б) и «чистую» 2 секции. Между ними установлена переходная секция с водяным душем 3, с помощью которого тушки ополаскиваются.

Печь опалочная К7-ФОЖ (рис. 18.21, а) состоит из опорной рамы 1, подвижных полуцилиндров 7, механизма передвижения полуцилиндров 2, приспособления для закрепления туш 3, вытяжного зонта 4, трубопровода для подачи топлива и пара (воздуха) к специальным форсункам, топливной системы, предназначенной для создания факела опалки в полости между полуцилиндрами. Рама, на которую опираются полуцилиндры, выполнена из швеллера и толстолистовой стали. К ней также крепится механизм передвижения полуцилиндров, представляющий систему рычагов, через которые полуцилиндры перемещаются вручную или воздухом (паром).

Полуцилиндры футерованы с внутренней стороны огнеупорным кирпичом с прокладкой минерального войлока и асбеста. В период рабочего цикла полуцилиндры образуют емкость, в которой происходит опаливание туши. Приспособление для закрепления туши позволяет фиксировать ее с помощью пальца 5 в центре печи в период опаливания. При открывании печи туша выкатывается по наклонному рельсу 6. Вытяжной зонт предназначен для вытяжки отработанных газов и пара. Свиная туша поступает к печи в вертикальном положении. Рабочий приводит в действие рычагом механизм, который раздвигает печь на две половины. Туша по наклонному подвесному пути направляется в печь, где задерживается пальцем. В это время рабочий сдвигает полуцилиндры печи. После окончания опалки печь раскрывают и туша по наклонному пути отводится из печи; одновременно в печь поступает неопаленная туша. Рельс подвесного пути, проходящий через печь, охлаждается водой.

Печь опалочную К7-ФО2-Е (рис. 18.21, б) применяют для непрерывной опалки туш свиней полной и со снятием крупона. Она состоит из боковых пустотелых щитов 1, вытяжных зонтов 2, устройства для ориентации туш 3, подвесного пути 5, водопровода 4 для его охлаждения, контрольного электрода 6, горелочного устройства 7 и запальника.

Газ, природный или сжиженный, поступает в горелочное устройство 7 печи, где за счет инжектирования образуется горючая смесь, которая, выходя из отдельных смесителей, попадает в горелочный туннель, общий для вертикального ряда горелок.

Туши опаливаются, проходя через печь. В пустотелых боковых щитах и двойных стенках вытяжных зонтов движется охлаждающий воздух, что препятствует перегреву стенок печи и преждевременному прогоранию зонтов. Вода, вводимая на участок подвесного пути с трубопроводов, охлаждает его направляющую для туш и

используется для орошения после опалки. При опалке свиней со снятым крупном горелочные устройства печи, соответствующие его расположению, отключаются, а высота пламени регулируется по верхней границе крупона поворотными щитками.

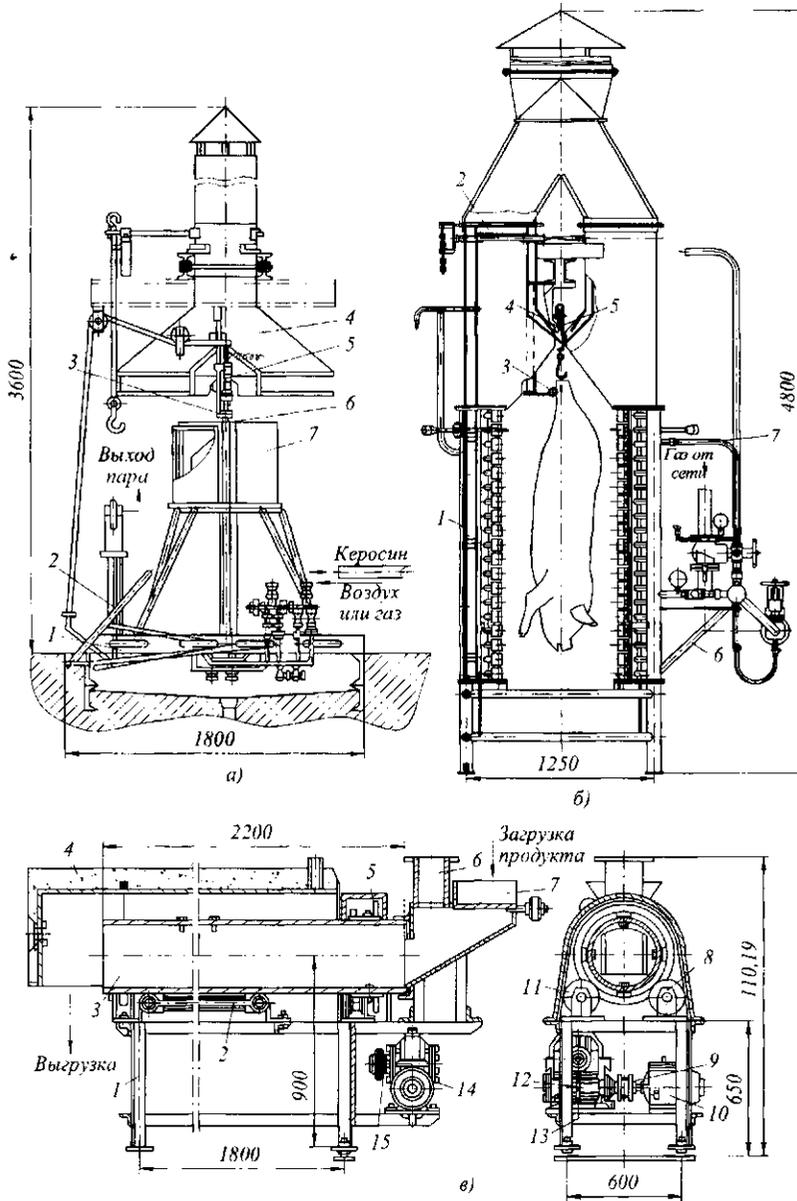


Рис. 18.21 Печи опалочные:
а - печь К7-ФОЖ; б - печь К7-ФО2-Е; в - печь Я4-ФОШ

Печь опалочная Я4-ФОШ (рис. 18.21, в) предназначена для непрерывной опалки остатков волоса с шерстных субпродуктов. Станина 1 печи сварной конст-

рукции из профильного проката, на который установлен чугунный барабан 3, вращающийся на двух парах опорных роликов 11, установленных на подшипниках 8 станине. В передней части барабана, вращающегося с частотой $0,13 \text{ с}^{-1}$, на станине установлены загрузочный люк 7 и патрубок 6 для отвода продуктов горения. Задняя часть барабана открыта для непрерывного выхода опаленных субпродуктов. Кроме того, в задней части барабана для создания зоны горения имеются 962 отверстия диаметром 22 мм, через которые пламя подается внутрь барабана. Под барабаном расположен газовый коллектор 2 с горелками. Газ к горелкам подводится по трубопроводу от газогенераторной станции или общей газовой сети через штуцер, расположенный в середине коллектора. Расход газа составляет $12...15 \text{ м}^3/\text{ч}$. Снаружи барабан закрыт кожухом 4, который на месте установки изолируют асбозуритом, асбестом или ньювелем.

Привод 14 барабана смонтирован на площадке 13, закрепленной в нижней части станины, и состоит из электродвигателя 10 мощностью 0,6 кВт и червячного редуктора 12, соединенных муфтой 9. На выходном валу редуктора установлена звездочка 15, которая с помощью цепи соединена со звездочкой 5, насаженной непосредственно на барабан. Печь монтируется с уклоном $4...8^\circ$ в сторону выхода опаленных субпродуктов и крепится фундаментными болтами. Через загрузочный люк в печь загружаются субпродукты, прошедшие обезвоживание в центрифуге. Расположенными вдоль всего барабана горелками сжигаются остатки волоса. В результате вращения и наклона барабана осуществляются непрерывная обработка и выгрузка субпродуктов из печи. Технические характеристики опалочных печей приведены в табл. 18.5.

Аппарат РЗ-ФГО (рис. 18.22) предназначен для опалки тушек птицы. Его монтируют на станине 13 под технологическим конвейером, и тушки проходят между двумя щитками 1, на которых установлено по шестнадцать горелок 6.

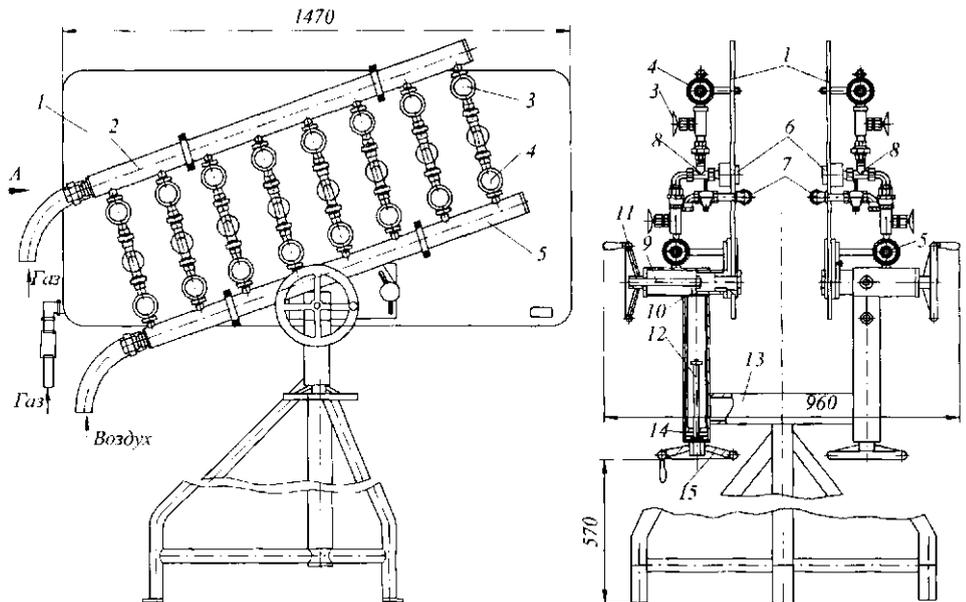


Рис. 18.22 Аппарат РЗ-ФГО для опалки тушек птицы

В горелках сгорает газозвоздушная смесь, образующаяся в смесителях 8, в которые поступают газ и воздух по трубам соответственно 2 и 5. Расход газа и воздуха регулируется кранами 3 и 4. Смесь поджигается запальниками 7. Положение каждого из щитков относительно конвейера регулируют автономно в вертикальном на 160 мм и горизонтальном на 150 мм направлениях с помощью ходовых винтов 9, 12, гаек 10, 14, маховиков 11, 15.

Таблица 18.5 Техническая характеристика опалочных печей

Показатель	К7-ФОЖ	К7-ФО2-Е	Я4-ФОШ
Производительность, туш в час	200	120...240	500
Продолжительность опалки, с	18...20	15	25...30
Скорость конвейера, м/с	-	0,03; 0,06	-
Габаритные размеры, мм	2500×2150×15 000	2100×2350×11 500	3500×1000×1500
Масс, кг	2310	2000	750

Инженерные расчеты. Расход пара в шпарителях D_n (кг/с) определяют по формуле

$$D_n = \Phi_{\text{общ}} / (i_n - i_k),$$

где $\Phi_{\text{общ}}$ – общий расход теплоты, Вт; i_n, i_k – удельная энтальпия греющего пара и конденсата, Дж/кг.

Общий расход теплоты $\Phi_{\text{общ}}$ (Вт) рассчитывается как

$$\Phi_{\text{общ}} = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 + \Phi_6,$$

где Φ_1 – расход теплоты на нагрев продукта, Вт; Φ_2 – расход теплоты на нагревание аппарата, Вт; Φ_3 – расход теплоты лучеиспусканием и конденсацией, Вт; Φ_4 – потери теплоты из-за утечки пара через уплотнения, Вт; Φ_5 – расход теплоты с открытой поверхности аппарата, Вт; Φ_6 – расход теплоты на подогрев воды, доливаемой в аппарат, Вт.

Пропускная способность шпарильного чана Π_q (шт/мин) рассчитывается как

$$\Pi_q = L / (l \cdot \tau),$$

где L – рабочая длина чана, м; l – расстояние между тушами, м; τ – продолжительность обработки, мин (при температуре шпарки 62...64 °С).

Производительность шпарильных ванн для шерстных субпродуктов Π_n (кг/с) определяется по формуле

$$\Pi_n = (V \rho \xi) / \tau_q,$$

где V – объем шпарильной ванны, м³; ρ – плотность сырья, кг/м³; ξ – коэффициент заполнения ванны ($\xi = 0,7...0,8$); τ_q – продолжительность цикла, с ($\tau_q = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$, здесь τ_1 – продолжительность загрузки, с; τ_2 – длительность шпарки, с; τ_3 – продолжительность выгрузки, с).

Длительность шпарки τ_2 (с) определяется по формуле

$$\tau_2 = q_1 / [k_1 \alpha_m (T_c - T_n - \Delta T)],$$

где q_1 – удельное количество теплоты, кДж/м² ($q_1 = 1250...2500$); k_1 – коэффициент, учитывающий условия теплообмена ($k_1 = 0,4...1,0$); α_m – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К) ($\alpha_m = 480...2400$ – для воды при свободной циркуляции; $\alpha_m = 900...4800$ –

для воды с принудительной циркуляцией; $\alpha_m = 11\ 000 \dots 16\ 000$ – для кипящей воды); T_c, T_n – температура греющей среды и средняя температура поверхности, К; ΔT – температурное сопротивление волосяного покрова, К ($\Delta T = 5 \dots 15$ К).

Тепловой баланс опалочной печи в общем виде выражается следующей зависимостью:

$$\Phi_{\text{общ}} = \Phi_1 + \Phi_2,$$

где $\Phi_{\text{общ}}$ – общий расход теплоты, поступающей в опалочную печь, Вт ($\Phi_{\text{общ}} = (17 \dots 25) \cdot 10^6 n$, здесь n – число туш); Φ_1, Φ_2 – расход полезной теплоты, используемой для опалки туш, и потери теплоты, Вт.

Для определения потерь теплоты Φ_2 необходимо учитывать нагрев всех элементов опалочной печи, соприкасающихся с газом, нагрев охлаждающей воды и потери с уходящими газами, температура которых составляет $900 \dots 950$ °С.

Производительность опалочных печей периодического действия Π_n (кг/с) определяется по формуле

$$\Pi_n = (z \cdot m) / \tau_n,$$

где z – число туш, помещаемых в печь, шт.; m – масса туши, кг; τ_n – продолжительность цикла опалки, с ($\tau_n = \tau_3 + \tau_0 + \tau_6$, где τ_3 – продолжительность загрузки туши, с; τ_0 – продолжительность опалки, с; τ_6 – продолжительность выгрузки туши, с).

Производительность непрерывнодействующих опалочных печей Π_n (кг/с) определяется как

$$\Pi_n = (z_0 \cdot m \cdot t) / \tau_d,$$

где z_0 – число туш, находящихся на единице длины печи, шт/м; m – масса туши, кг; t – шаг подвески туш, м; τ_d – продолжительность движения туши через печь, с.

Мощность электродвигателя N (кВт) привода конвейера опалочной печи

$$N = (F v g \eta_a) / 1000 \eta,$$

где F – тяговое усилие привода, Н; v – скорость конвейера, м/с ($v = L / \tau_d$, где L – длина рабочей части конвейера, м; $\tau_d = 18 \dots 20$ – продолжительность опалки, с); η_a – коэффициент запаса мощности ($\eta_a = 1,2 \dots 1,25$); η – КПД привода ($\eta = 0,7 \dots 0,75$).



... Человек, который хочет стать ученым, должен как можно скорее развить в себе способность много работать... К этому я добавил бы еще одно качество, особенно важное для ученого, – абсолютная честность. Человек, склонный искажать факты, приписывать себе не принадлежащие ему идеи, никогда не сможет стать настоящим ученым...
*ЛАВРЕНТЬЕВ МИХАИЛ АЛЕКСЕЕВИЧ (1900–1980),
математик и механик, академик АН СССР*

18.8 ОБЖАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ, ПЕЧИ ДЛЯ ЗАПЕКАНИЯ И ЖАРОВНИ

Жаровня ПГ-150М (рис. 18.23) предназначена для обжаривания кукурузных хлопьев, выходящих из двухвальцовочной плющильной установки для зерна, и состоит из корпуса 8, скребкового транспортера 23, барабана 12, опорных роликов 21, газовых горелок 22, газопровода 11, привода и электрооборудования.

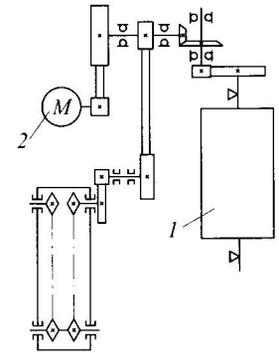
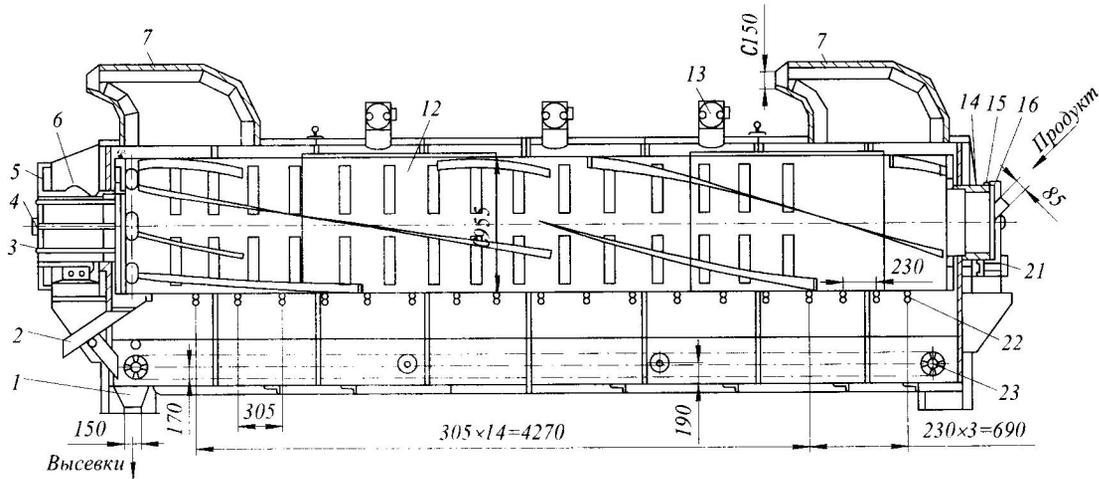
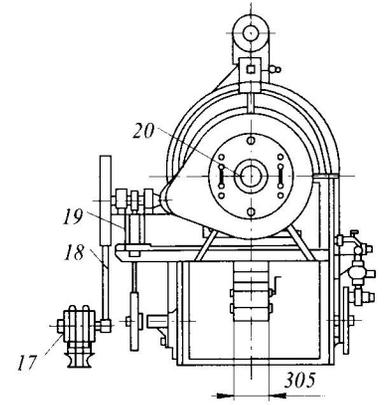
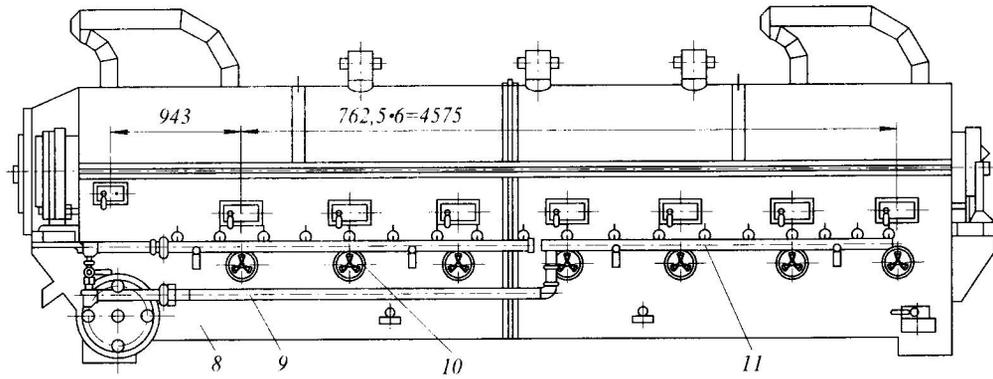


Рис. 18.23 Жаровня ПГ-150М

Сварной корпус 8 состоит из боковых и торцевых стенок, плоского днища и крышки. Стенки корпуса заполнены изоляционным слоем из листового асбеста. На корпусе смонтированы патрубки с поворотными клапанами 13, смотровые дверки 9, газоходы 7, воздушные люки 10, желоба 1 и 2.

Барабан 12 представляет собой сварной цилиндр, состоящий из обечайки и торцевых стенок, к которым крепятся патрубки 3 и 14. На патрубке 3 установлены зубчатое колесо 5, съемный бандаж с ребордой 6, крышка 4 со смотровым окном 20, а на патрубке 14 – съемный бандаж 15 и крышка 16 с загрузочным отверстием. Внутри обечайки барабана приварены винтовые лопасти для перемещения продукта в процессе обжаривания. Обечайка барабана имеет участки в виде цилиндрических сит с отверстиями диаметром 3 мм и сплошные цилиндрические участки. Со стороны выгрузки на обечайке предусмотрены отверстия для вывода продукта. Барабан своими бандажными опирается на опорные ролики 21, смонтированные на торцевых стенках корпуса печи. В нижней части корпуса, под барабаном, проходит скребковый транспортер 23, предназначенный для удаления мелких частиц продукта – высевок.

Под сплошными участками обечайки барабана размещены горелки 22, газ в которые поступает по газопроводу 11. Привод барабана состоит из электродвигателя 17, клиноременной 18 и зубчатых передач. Привод скребкового транспортера осуществляется посредством клиноременной передачи 19 от ведомого вала 18.

Кукурузные хлопья через загрузочное отверстие поступают в горизонтальный цилиндрический барабан. Сплошные цилиндрические участки вращающегося барабана прогреваются пламенем горелок. Винтовыми лопастями обечайки продукт в процессе обжаривания перемещается к выгрузочным желобам.

В результате теплового воздействия происходит выделение влаги, свертывание белков и поджаривание хлопьев, влажность которых при этом снижается с 14...16 до 1,5...5 %. Благодаря карамелизации сахара на поверхности хлопьев, последние становятся влагонепроницаемыми, что позволяет хранить их длительное время.

Мелкие частицы хлопьев (высевки) через цилиндрические сита барабана падают на дно печи и скребковым транспортером перемещаются к выходному желобу.

Обжаренные хлопья проходят через отверстия в конце цилиндра и по желобу выводятся из барабана.

Горячий воздух, насыщенный водяными парами, удаляется через патрубки с поворотными клапанами.

Обжарочный аппарат «Пробат» (рис. 18.24) предназначен для обжаривания кофе и устанавливается в линиях производства натурального и растворимого кофе.

Аппарат состоит из корпуса с вращающимся внутри обжарочным барабаном 1, охлаждающей чаши 4 диаметром 2,5 м, камнеотборника 3 и бункера 2 для обжаренного кофе.

В корпусе предусмотрены люки для наблюдения за работой горелок и проветривания топочного производства после окончания работы.

В верхней части корпуса находится вентилятор для отвода газов из барабана. На корпусе установлен бак для воды с регулирующим устройством. В топочном пространстве расположена газовая горелка, имеющая три зоны сгорания газа в зависимости от его количества.

Внутри барабана закреплены лопасти, размещенные по винтовой линии, которые служат мешалкой, а по оси барабана проходит полая труба для подачи воды в барабан.

С одной стороны (с торца) барабан оборудован глухой стенкой с окном, в которой смонтирован краник для отбора пробы обжаренного кофе и размещен термометр для контроля температуры дымовых газов. С другой стороны стенка барабана сетчатая.

Обжаренный кофе автоматически выгружается из барабана в охлаждающую чашу через щель, образующуюся между барабаном и торцевой крышкой. Дно чаши изготовлено из перфорированной стали. Внутри чаши размещены мешалки. Кофе охлаждается воздухом, который подается вентилятором через слой зерен сверху и отбирается внизу чаши, что не создает условий для образования псевдооживленного слоя.

Камнеотборник установлен в пневмотрубопроводе. В последнем имеется выдвижная сетка, а сбоку сделаны щели, размер которых регулируется вручную зашпонкой. При закрытых щелях камни не отделяются. Отрегулированный размер щелей уменьшает поток воздуха через сетчатое дно, благодаря чему захватываются только зерна кофе, а камни остаются на сетке. Сетчатое дно периодически вынимают для очистки от камней.

Очищенные зерна кофе или смесь разных сортов (240 кг) поступают в предварительно разогретый до 215...220 °С обжарочный барабан, причем температура в нем сначала резко снижается, а затем постепенно повышается до заданной (160...180 °С).

Обжаривание продолжается 20...23 мин. В это время кофе интенсивно перемешивается. К концу обжаривания в барабан в течение 50 с подают воду для увлажнения зерен, после чего кофе перемешивается в среде дымовых газов и водяного пара, выход которых из барабана на это время закрывается. Это снижает потери ароматических веществ.

Нормальный режим работы обжарочного аппарата обеспечивается автоматически взаимодействием систем вентиляции, пневмоавтоматики и обогрева. Вентиляционная система оборудована одним приточным и двумя вытяжными вентиляторами. Воздушная и отопительная системы аппарата управляются автоматически в соответствии с заданным режимом работы. Таким образом, наличие центрального управления позволяет задавать и автоматически поддерживать технологический режим обжаривания.

Аппарат ТНА-240 (рис. 18.25) предназначен для обжаривания кофе, ячменя, ржи, цикория, сои и т.п. Управление аппаратом ведется в автоматическом режиме по любой из шести программ.

Аппарат состоит из обжарочного барабана 1, охладителя 4, дожигателя 2 и загрузочного бункера 3. Охладитель представляет собой чашу круглой формы с вращающимися лопатками, перемещающими продукт для интенсивного охлаждения, оснащен вентилятором и циклоном-очистителем.

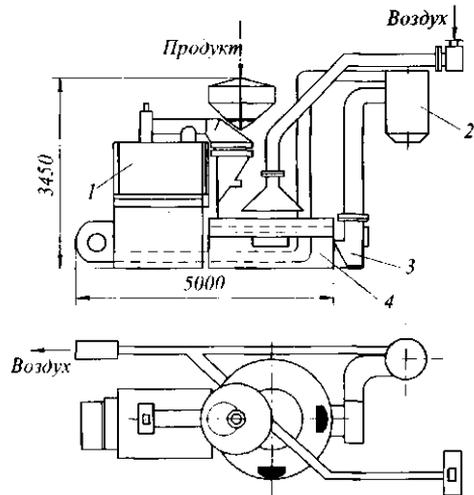


Рис. 18.24 Обжарочный аппарат «Пробат»

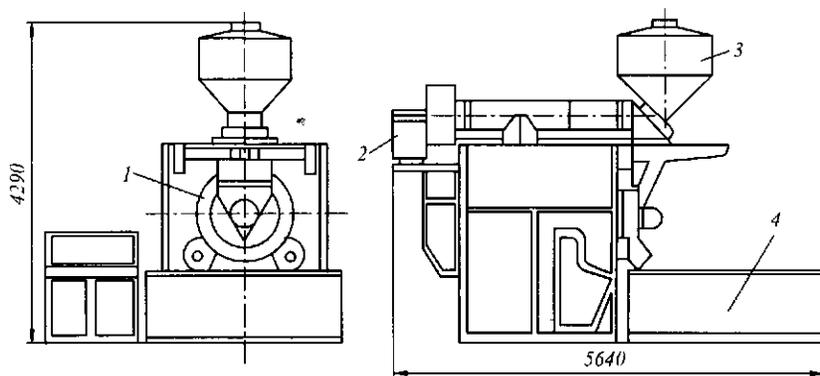


Рис. 18.25 Обжарочный аппарат ТНА-240

Когда в обжарочном барабане достигается нужная температура и загрузочный бункер заполнен, продукт поступает в барабан и обрабатывается в заданном режиме. После обжаривания продукт выгружается через переднюю торцевую крышку барабана в охладитель.

Процессы загрузки, обжаривания и выгрузки продукта автоматизированы.

Аппарат снабжен дожигателем дыма, который установлен у выхода вентилятора всасывания и служит для очистки воздуха, выбрасываемого в окружающую среду. Раз в неделю производится чистка дожигателя. Техническая характеристика обжарочных аппаратов приведена в табл. 18.6.

Таблица 18.6. Техническая характеристика обжарочных аппаратов

Показатель	ПГ-150М	«Пробат»	ТНА-240
Производительность, кг/ч:			
по кукурузным хлопьям	150	—	
по зерновым	—	—	1000
по кофе	—	700	1500
по мятке	—	—	..
Единовременная загрузка, кг	—	240	7...8
Расход теплоты, кДж/ч	1 700 000	1 676 000	838 000
Установленная мощность, кВт	2,2	12	42
Габаритные размеры, мм	6920×2300×2560	5000×3090×3450	4500×4500×4500
Масса, кг	5640	6000	5000

Сушильно-обжарочный аппарат (рис. 18.26) предназначен для сушки вареных круп и обжарки кофе, какао-бобов и сои в кипящем слое перегретым паром атмосферного давления. Он состоит из цилиндрического корпуса 1 с вертикально установленным роторным валом 2 с лопастями 3.

Цилиндрический корпус разделен верхней и нижней газораспределительными решетками 4, образующими нижнюю входную зону, среднюю рабочую зону и верхнюю зону для отвода отработанного теплоносителя.

Нижняя и верхняя зоны соединены патрубками 5 с рециркуляционным контуром 6, представляющим собой сварной каркас, внутри которого установлены перегородки 7 с сетками 8 для улавливания примесей в отработанном перегретом паре.

Для подачи перегретого пара в рабочую зону используется вентилятор 9 высокого давления. Вентилятор приводится во вращение с помощью электродвигателя 10 и ременной передачи. Нагнетательный фланец вентилятора через переходную часть

контура соединяется с электрокалорифером, в котором на торцевой крышке 16 устанавливаются ТЭНы 15. Электрокалорифер патрубком 5 соединяется с нижней зоной аппарата. Рециркуляционный контур имеет патрубок 11 для отвода избытка пара, образующегося в процессе сушки или обжарки пищевых продуктов.

На верхней крышке цилиндрической части аппарата устанавливается дозатор, работающий от роторного вала и синхронно загружающий секции аппарата продуктом. На нижней решетке секции выполнено разгрузочное окно с лотком 12 для выгрузки готового продукта из аппарата. На верхней решетке над загрузочной зоной установлен патрубок, соединенный с дозатором, подающим сырье в секцию.

Роторный вал с лопастями вращается с помощью привода 13, включающего вариатор и открытую коническую передачу.

Для снижения потерь тепла в окружающую среду аппарат имеет тепловую изоляцию 17. Цилиндрическая часть, рециркуляционный контур, вентилятор, электрокалорифер и приводы расположены на сварной раме 14. Аппарат комплектуется пультом управления.

Аппарат работает следующим образом. После установления в аппарате необходимой температуры для соответствующего процесса сырье дозатором подается в секцию и при вращении роторного вала перемещается вдоль газораспределительной решетки. Перегретый пар, подаваемый вентилятором в нижнюю зону, проходит через решетку и приводит сыпучий продукт в состояние кипения. При вращении ротора такой слой легко перемещается и, по мере приближения к разгрузочному отверстию, продукт высушивается или обжаривается. Отработанный перегретый пар поступает через верхнюю зону в рециркуляционный контур и, проходя через каналы большего сечения, снижает скорость, что способствует удалению из потока взвешенных частиц. При обжарке кофе образуется легкая шелуха, которая задерживается решетками. Излишек пара, образованного при испарении влаги из продукта, удаляется через отводной патрубок. Остальная часть пара, очищенная от взвешенных частиц, вентилятором вновь подается в калорифер, подогревается и многократно участвует в процессе обработки продукта.

В результате рециркуляции пара повышается тепловая эффективность сушильно-обжарочного аппарата.

Одним из показателей обжарочных аппаратов является удельная площадь поверхности нагрева $f_{\text{уд}}$ (отношение поверхности нагрева к поверхности зеркала масла). Для большинства обжарочных аппаратов удельная поверхность составляет в среднем $5,5 \dots 6,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Температуру масла между сетками поддерживают при обжаривании овощей на уровне $120 \dots 160 \text{ }^\circ\text{C}$, при обжаривании рыбы – $140 \dots 180 \text{ }^\circ\text{C}$. При работе обжарочного аппарата температура масла может снижаться из-за уменьшения давления греющего пара и коэффициента теплопередачи или прекращения отвода конденсата, а также при увеличении загрузки аппарата сырьем сверх расчетной.

Время обжаривания τ (с) зависит от плотности ткани, формы и размеров сырья, температуры масла в сетке и толщины слоя обжариваемого продукта. Обычно продолжительность обжаривания составляет $5 \dots 18$ мин.

Производительность обжарочных аппаратов G (кг/с) зависит от видов обжариваемого сырья, процент у жарки которых различен, от площади поверхности нагрева, конструкции нагревательной камеры, ее состояния, параметров греющего пара и

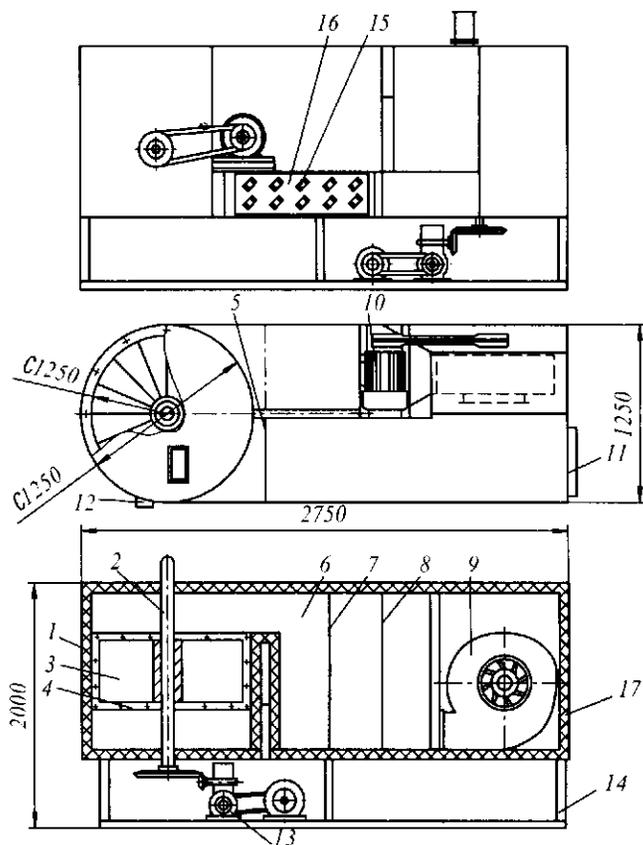


Рис. 18.26 Сушильно-обжарочный аппарат

режима работы. Часовая производительность обжарочного аппарата ($\text{кг}/\text{м}^2$): для овощей – 30...35, для рыбы – 25...30.

Расход пара D_n (кг на 1000 кг сырья) при обжаривании в жаровнях с водяной подушкой: лука (истинный процент у жарки 64) 1100...1150, моркови (56 %) 1000, баклажанов (41...53,5 %) 780...1000, кабачков (42...44 %) 800, рыбы 500...550. В жаровнях без водяной подушки расход пара на 1000 кг сырья меньше на 110...120 кг . Расход пара на нагревание масла до температуры обжаривания составляет примерно 0,15...0,20 кг на 1 кг подогреваемого масла.

Вода, находящаяся под слоем горячего масла, обычно сменяется непрерывно. Расход воды зависит от ее начальной и конечной температуры. При начальной температуре воды 15...18 $^{\circ}\text{C}$ и температуре выходящей воды 50...60 $^{\circ}\text{C}$ расход ее составляет 1...1,5 л на 1 кг обжариваемого сырья.

Запекание – процесс нагревания мясopодуKтов горячим воздухом или продуктами сгорания газа при температурах 80...280 $^{\circ}\text{C}$ в ротационных или шахтных печах, при котором потери сока или жира ниже, чем при варке в воде, а выход готовых продуктов выше. Этот процесс применяют при производстве кулинарных изделий, колбас, мясных хлебцев, соленых мясных продуктов и др.

Техническая характеристика сушильно-обжарочного аппарата

Производительность, кг/ч:	
по готовому продукту	800
по сырому продукту	1200
Установленная мощность привода, кВт:	
вентилятора высокого давления	18
ротора	0,5
калорифера	30
Температура перегретого пара в секции, °С	150...300
Скорость псевдоожижения, м/с	3,5...5,2
Диаметр ротора, м	1,2
Габаритные размеры, мм	2790×1250×2030
Масса, кг	660

Печь ротационная К7-ФП2-Г (рис. 18.27) предназначена для запекания мясных хлебцев, буженины, карбонада и других изделий без оболочки, а также стерилизации условно годного мяса. Она представляет собой термоизолированную цилиндрическую камеру 9, закрепленную на опоре 12. Стенки камеры трехслойные: два внешних слоя — облицовка из нержавеющей стали, а внутренний — теплоизоляция. В камере имеются проход для загрузки и выгрузки продукции с подъемной дверцей 1 с противовесом 15 и проход с отражателем 13 для подачи горячего воздуха, получаемого при сгорании в горелках 11. Продукт подают на люльки 10 ротора, диски 14 которого установлены на валу 5 и соединены между собой стержнями 6, несущими люльки. Электродвигатель 3 и редуктор 2 смонтированы на стойке 4, прикрепленной к каркасу печи. Газы покидают рабочую зону через трубу 7 с задвижкой 8.

Печь относят к установкам периодического действия. Процессы подсушки, обжарки и варки мясопродуктов осуществляются один за другим. При этом продукт в формах или лотках, установленных на люльках ротора, непрерывно перемещается в камере в потоках паровоздушной смеси. Из камеры воздух по отсасывающим воздуховодам поступает в коллектор, откуда вентилятором засасывается и направляется

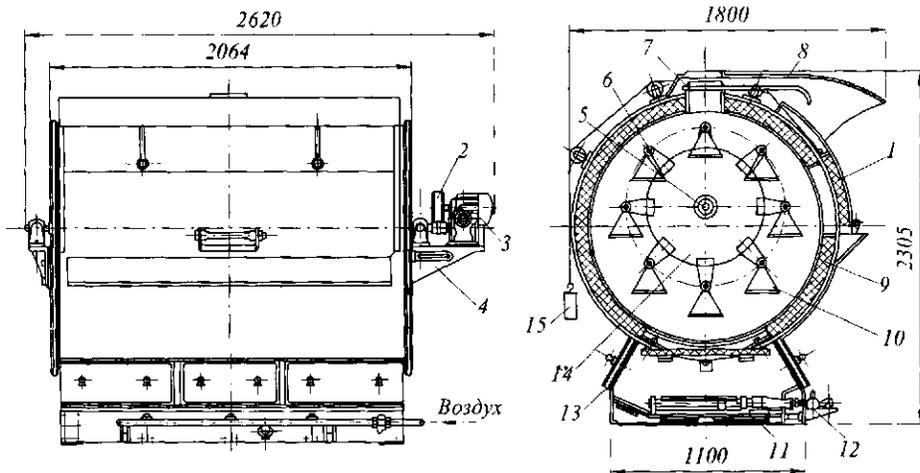


Рис. 18.27 Печь ротационная К7-ФП2-Г

на нагревательные элементы, а затем по промежуточному воздуховоду в центральный распределительный воздуховод и дальше к продукту. Для увлажнения среды используют острый пар.

Техническая характеристика печи ротационной К7-ФП2-Г

Производительность, кг/ч	110
Частота вращения ротора, с ⁻¹	0,06
Установленная мощность, кВт	43,55
Занимаемая площадь, м ²	4,7
Масса, кг	2330

Конвейерная шахтная печь (рис. 18.28) расположена в шахте 1, внутри которой смонтированы две синхронно движущиеся цепи 2, несущие люльки для установки на них форм с обрабатываемой продукцией.

Шахта снабжена двумя проемами 3 и 4, в которых смонтированы звездочки 5 и 6. При обегании этих звездочек люльки выносятся в помещение и позволяют осуществлять операции загрузки и выгрузки в зоне низких температур. Ведущая станция конвейерных цепей, включающая электродвигатель 7, два червячных редуктора 8 и два ведущих вала 9 со звездочками 10, снабжена специальными приборами для периодического включения электродвигателя, сообщающего конвейеру пульсирующее движение. Натяжной станцией служит ось с двумя звездочками 11, остальные – направляющие.

Газовые инжекционные горелки 12 в количестве четырех штук смонтированы на полках 13, расположенных между тяговыми цепями в нижней части шахты. Для мон-

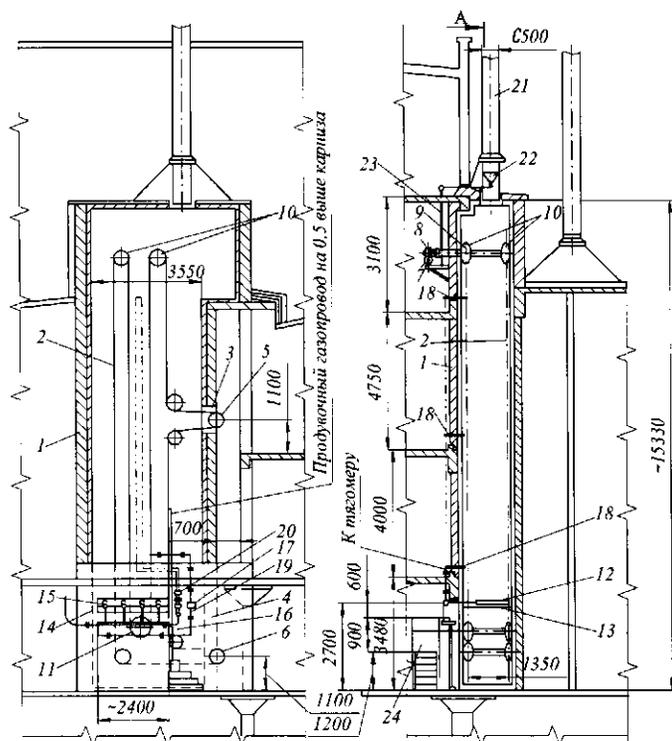


Рис. 18.28 Конвейерная шахтная печь

тажа горелок в стене шахты сделан проем, закрытый монтажной плитой 14, в которой предусмотрены глазки 15 для ввода переносного запальника 16. Для контроля за ходом процесса предусмотрены: один тягомер 17 на давление 0...25 мм вод. ст.; три термометра 18 сопротивления на температуру от 0 до 500 °С; один напоромер 19 на давление 0...400 мм вод. ст.; три логометра 20. Отвод продуктов горения производится трубой 21 диаметром 500 мм с заслонкой 22, регулируемой тросом 23. Для обслуживания горелок предусмотрена площадка 24.

Техническая характеристика конвейерной шахтной печи

Производительность, кг/ч:	
по мясным хлебам	800
по буженине	300
по карбонату	420
Средняя скорость цепи конвейера, м/мин	5
Габаритные размеры, мм.....	5700×3700×15 350

Чанная жаровня Ж-68. Повсеместно распространенным аппаратом для проведения операции влаготепловой обработки мятки, и особенно второго этапа жарения (сушки), является чанная жаровня Ж-68 (рис. 18.29, а).

Хотя в настоящее время для оснащения высокопроизводительных шнековых пресов стали применяться чанные жаровни с большим диаметром чана и большим числом чанов (до семи), в конструкции чанных жаровен нет принципиальных изменений, поэтому рассмотрим конструкцию наиболее распространенной шестичанной жаровни.

Основным элементом жаровни являются чаны, в которых можно организовать проведение обоих этапов процесса жарения. Учитывая одновременность протекающих этапов жарений, обычно выделяют для этапа увлажнения один верхний чан, а для этапа сушки – все остальные чаны.

Чаны 7 бывают разной конструкции – чугунные литые, стальные сварные.

Основными частями чана являются днище 1 и обечайка 2 (рис. 18.29, б) Кондуктивный теплоподвод к обрабатываемому в чане материалу через стенки чана производится от конденсирующегося в рубашке водяного пара. В чугунных литых конструкциях чана рубашка расположена в пустотелом днище. Стальная сварная конструкция чана позволяет сделать рубашки 3 как в днище, так и в обечайке.

При конструировании обечаек надо учитывать, что пар, подаваемый в них, имеет давление до 0,7 МПа, а деформации стенок, особенно днищ, из-за необходимости обеспечения наименьшего зазора между ними и мешалкой 6 на валу 5, должны быть минимальными. При чугунном днище толстые стенки и перемычки между верхней и нижней частями днища обеспечивают жесткость конструкции. Сварное стальное днище изготавливают из двух дисков (верхнего и нижнего), и жесткость конструкции обеспечивается установкой анкерных связей 4 по всей площади днища с шагом 250...300 мм.

Для отвода материала из чана в днищах предусмотрены перепускные отверстия размером 350×350 мм. Подача пара и воды регулируется вентилями 8. Автоматический перепуск с поддержанием заданного уровня материала в чанах обеспечивается перепускными клапанами различного типа (рис. 18.30).

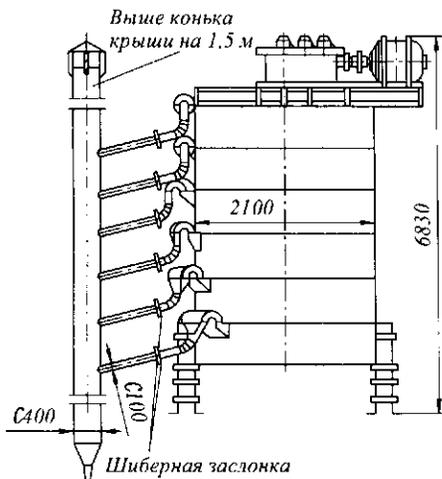
При секторном перепуске (рис. 18.30 а) сектор 1 с частью цилиндрической поверхности, перекрывающей квадратное перепускное отверстие, соединен в единое целое с хвостовиком 3, в рабочем положении опирающимся на слой материала в ниже-

расположенном чане. В месте соединения сектора и хвостовика расположены втулки. Через них проходит ось 2, вокруг которой возможно поворачивание секторного перепуска.

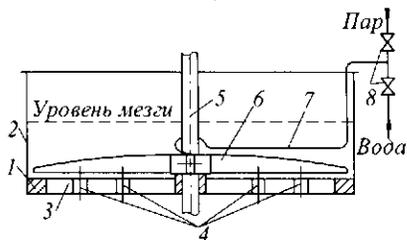
При работе (в случае достаточной высоты слоя материала в нижерасположенном чане) хвостовик секторного перепуска, опираясь на поверхность слоя, занимает такое положение, что жестко связанный с ним сектор перекрывает полностью перепускное отверстие.

При понижении уровня материала в нижерасположенном чане в результате перепуска части материала в последующий чан хвостовик, опирающийся на поверхность материала, вынужден опуститься, а это возможно лишь в случае поворота его вместе с сектором вокруг оси. При этом сектор уже не перекрывает полностью перепускное отверстие. Появляется щель, через которую материал из вышеразположенного чана пересыпается в нижерасположенный, и уровень там повышается с соответствующим подъемом хвостовика и поворотом сектора в обратном направлении. При достижении требуемой высоты слоя сектор, повернувшись, полностью перекрывает перепускное отверстие, и пересыпание материала прекращается.

Принцип работы перепускного клапана Линка (рис. 18.30, б) тот же, но конструкция его отличается от конструкции секторного перепускного клапана (рис. 18.30, а). Под квадратным перепускным отверстием в днище укреплен такого же сечения короб 7 со скошенным дном, которое прикрывается закрепленным на шарнире днищем 2 с хвостовиком 3. Хвостовик опирается на поверхность слоя материала

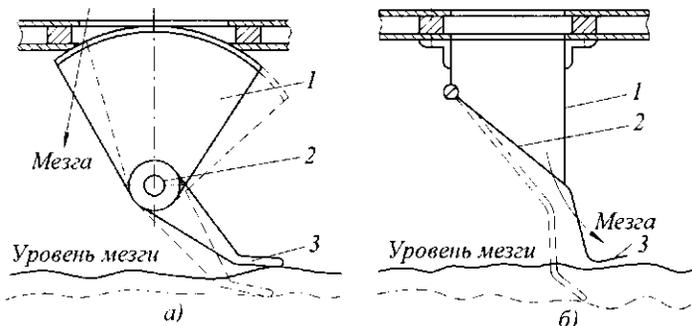


а)



б)

Рис. 18.29 Чанная жаровня Ж-68



а)

б)

Рис. 18.30 Автоматические перепускные клапаны
а – секторный перепускной клапан; б – перепускной клапан Линка

ла в нижерасположенном чане. Как и в описанном выше случае секторного перепуска, при изменении уровня слоя материала в нижерасположенном чане днище поворачивается на оси, и образующая щель позволяет материалу из вышерасположенного чана пересыпаться в нижерасположенный.

При кондуктивном теплоподводе наибольшую температуру приобретают слои материала, примыкающие к греющей поверхности. Если не осуществлять отвод прогретого материала, то интенсивность теплопередачи уменьшится, так как снизится движущая сила процесса (разность температур), и появится опасность пригорания материала к поверхности нагрева. Для устранения указанных отрицательных явлений по геометрической оси чанов проходит вал, к которому в каждом чане крепятся двухлопастные мешалки, называемые ножами. Нижняя плоскость ножей проходит практически вплотную к днищу, поверхность которого, в связи с этим, протачивается на станке. Рабочая передняя плоскость ножей, которая при вращении мешалки непосредственно оказывает давление на слой обрабатываемого материала, наклонена к горизонтальной плоскости под углом от 28 до 60°. Ножи изготавливают из чугуна или стали в виде двух частей (двух лопастей), которые соединены на валу с помощью стяжных болтов. В месте закрепления ножей на валу для предохранения их от проворачивания имеется шпонка.

Если оба этапа жарения проводят в чанной жаровне, то увлажнение осуществляется в верхнем чане. Применяют различные способы ввода влаги. Наиболее эффективный, но в последнее время не используемый из-за конструктивной сложности, осуществляется через лопасти мешалки – ножи.

Применяют подвод через трубу с отверстиями. Если просто разместить трубу над слоем материала, распределение влаги по всей массе неэффективно, а подача пара в этом случае не обеспечивает увлажнения. Размещение трубы внутри слоя дает более эффективное увлажнение, но при этом надо помнить о возможности забивания отверстий материалом. В связи с этим отверстия делают диаметром не более 3 мм и располагают их с противоположной стороны трубы по ходу движения материала. Для закрепления положения трубы в слое она крепится у стенки обечайки с помощью специального кронштейна, а другой конец трубы заглушен и сгибается петлей вокруг вертикального вала.

Техническая характеристика чанной жаровни Ж-68

Производительность, т/сут	150
Диаметр чана (внутренний), мм	2100
Высота чана, мм.....	528
Общая площадь поверхности нагрева чанов, м ²	33,5
Рабочее давление пара, МПа	0,6
Частота вращения мешалки, об/мин	32
Установленная мощность привода жаровни, кВт.....	30
Общая высота жаровни, мм	6830
Масса, кг.....	12000

Чаны в жаровне установлены один на другом, и на крышке верхнего чана находится рама с приводом, включающим электродвигатель и редуктор. Вся жаровня смонтирована на трех колоннах. Ведущий вал редуктора и вал жаровни соединены продольно-свертной муфтой, в заточке которой подвешен вал, проходящий через подшипники скольжения, расположенные в днищах чанов жаровни. Подшипники

представляют собой чугунные стаканы с бронзовыми втулками, внутри которых имеются каналы для ввода консистентной смазки с помощью колпачковых масленок.

Для отвода паров, образующихся при сушке мезги в чанах жаровни, имеется аспирационная система, которая представляет собой трубу-стояк, соединенную индивидуально с каждым чаном. Тяга в аспирационной системе естественная.

Автоматизированная паромасляная жаровня АПМП-1 (рис. 18.31) с автоматическим регулированием процесса обжаривания овощей при производстве овоще-закусочных консервов состоит из загрузочного конвейера – элеватора «Гусиная шея» 9, ванны 1, конвейера 2, привода печи 8, установки для транспортировки и фильтрации масла, трубопроводов масла, пара и воды, помоста. Ванна печи представляет собой каркас со стенками и днищем и разделена перегородкой 5 на два отсека 3 и 7. В комплект ванны входят нагревательные камеры 6, охладители 4, корытообразный кожух, барботеры, вытяжные зонты. Снаружи ванна изолирована теплоизолирующим слоем с деревянной обшивкой.

Техническая характеристика паромасляной печи АПМП-1

Производительность, кг/ч	2000
Площадь поверхности нагрева, м ²	45,5
Средняя масса масла в печи, кг	950±50
Расход пара при давлении 1,0...1,2 МПа, кг/ч	1440
Продолжительность обжарки, мин	5...22
Скорость ленты, м/с	0,005...0,02
Расход воды, поступающей в охладитель, м ³ /ч	2
Суточный коэффициент сменности (расчетный) при	
обжаривании кабачков	2
обжаривании баклажанов	6,6
Объем бака, м ³ :	
напорного	1,6
фильтрационного	1,6
Установленная мощность электродвигателя, кВт	6,1
Габаритные размеры, мм	12 700×3640×3710
Масса, кг	10 500

Нагревательные камеры и охладители являются теплообменниками, состоящими из плоскоовальных труб, вваренных в прямоугольные коллекторы.

Разгрузочное устройство представляет собой каркас с размещенными на нем приводной станцией и щитком, прикрывающим ленту конвейера, защитным кожухом, вибратором и поддоном для стока масла; загрузочное устройство – каркас с размещенными на нем натяжной станцией и защитным кожухом.

Конвейер состоит из двух валов с двумя цепными блоками каждый, натяжного устройства, направляющих, двух шарнирных грузовых цепей с прикрепленной к ним лентой с лотками из перфорированных листов.

Привод жаровни включает электродвигатель, два редуктора и тахогенератор, привод элеватора «Гусиная шея» – электродвигатель и два редуктора.

Установка для транспортирования и фильтрации масла включает напорный и фильтрующий баки, фильтр, консольно-моноблочный насос, поплавковый регулятор и трубопроводы с запорной арматурой.

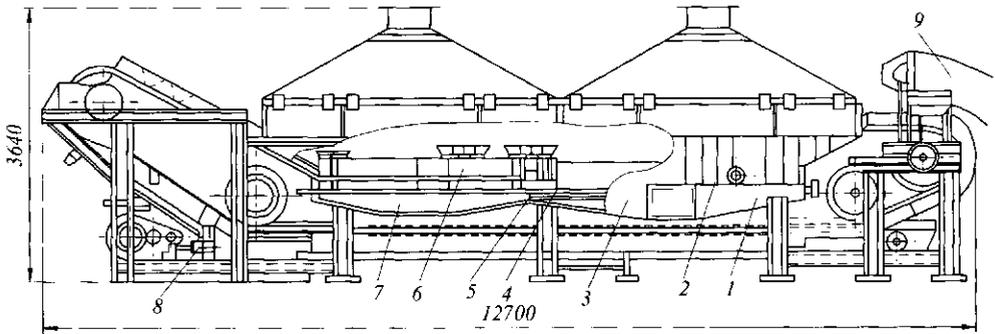


Рис. 18.31 Автоматизированная паромасляная жаровня АПМП-1

Жаровня с электроподогревом масла (рис. 18.32) предназначена для обжаривания рыбных палочек. Под двойным дном 2 ванны 1 расположены две секции электроспиралей 3, каждая мощностью по 50 кВт. Масло, подаваемое циркуляционным насосом 4 в полость двойного дна, нагревается от включенных секций электроспиралей до 180...200 °С и подается через щелевой коллектор в печь. Масло, проходя через узкую щель ($h_{щ} = 1...1,5$ мм), дросселируется и поступает в ванну со скоростью 12...15 м/с (скорость масла в ванне около 0,2 м/с). С другой стороны ванны масло стекает через патрубок 5 в барабанный фильтр 6 для грубой очистки, а оттуда насосом 4 снова нагнетается для нагрева в полость двойного дна ванны, одновременно часть масла тонко фильтруется через бумагу.

При обжаривании в печи находится одновременно около 1100 кг масла и добавляется около 65 кг/ч свежего масла. Коэффициент сменяемости масла при двухсменной работе равен 1. Продукт перемещается в ванне с помощью двух конвейеров, расположенных один над другим. Рыбные палочки, уложенные на сетчатую металлическую ленту конвейера 8, при движении плотно прижимаются к ленте конвейера 7 и в таком положении вместе с лентами погружаются в горячее масло.

Продолжительность обжаривания в печи 1...3,5 мин. При скорости движения ленты 0,07 м/с производительность печи составляет 400 кг/ч. Обжаренные рыбные палочки непрерывно поступают в воздушный охладитель.

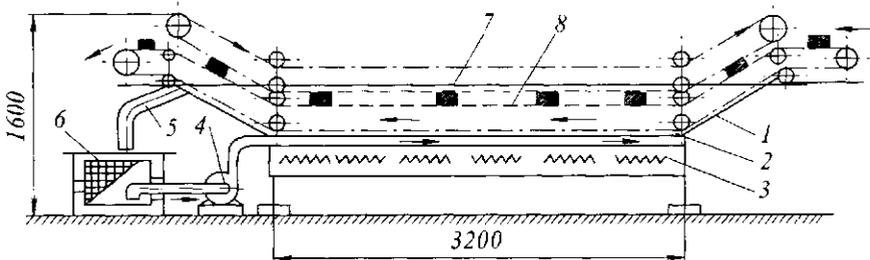


Рис. 18.32 Жаровня с электроподогревом масла

Инженерные расчеты. Расход теплоты в обжарочных аппаратах складывается из отдельных статей. Расход теплоты на нагревание продукта Φ_1 (кДж/с)

$$\Phi_1 = Pc(T_4 - T_3),$$

где Π – производительность печи по сырью, кг/с; c – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К); T_3 и T_4 – начальная и конечная температура продукта, К.

Расход теплоты на испарение влаги при обжаривании Φ_2 (кДж/с)

$$\Phi_2 = 0,01\Pi x_u r,$$

где x_u – истинный процент у жарки; r – удельное количество теплоты, расходуемое на испарение, кДж/кг.

Расход теплоты на нагревание сеток Φ_3 (кДж/с)

$$\Phi_3 = \Pi / m_{np} m_c c_1 (T_2 - T_0),$$

где m_{np} – масса продукта в одной сетке, кг; m_c – масса одной сетки ($m_c = 3 \dots 6$ кг); c_1 – удельная теплоемкость стали, кДж/(кг·К); T_2 – средняя температура активного слоя масла, К; T_0 – начальная температура сеток, К.

Расход теплоты на нагревание доливаемого масла Φ_4 (кДж/с)

$$\Phi_4 = 0,01\Pi Q c_2 (T_2 - T_1),$$

где Q – расход масла на обжаривание сырья, % к массе сырья; c_2 – удельная теплоемкость масла, кДж/(кг·К); T_1 – начальная температура масла, К.

Расход теплоты на нагревание охлаждающей воды Φ_5 (кДж/с)

$$\Phi_5 = \Pi c_w q_w (T_6 - T_5),$$

где c_w – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К); q_w – удельный расход охлаждающей воды, кг на 1 кг сырья; T_5 и T_6 – начальная и конечная температура охлаждающей воды, К.

Потери теплоты в окружающую среду путем конвекции и лучеиспускания Φ_6 (кДж/с)

$$\Phi_6 = F_a \alpha_0 (T_7 - T_e),$$

где F_a – площадь поверхности аппарата, м²; α_0 – суммарный коэффициент теплоотдачи конвекцией и лучеиспусканием, кВт/(м²·К); T_7 – температура на поверхности аппарата, К; T_e – температура воздуха, К.

Общий расход теплоты $\Phi_{общ}$ (кДж/с)

$$\Phi_{общ} = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 + \Phi_6.$$

Площадь поверхности нагрева печи F (м²)

$$F = \Phi_{общ} / (k\Delta T).$$

По площади поверхности нагрева устанавливают размеры нагревательной камеры.

Расход пара в обжарочном аппарате D_n (кг/с)

$$D_n = \Phi_{общ} / (i - i_k),$$

где i и i_k – удельная энтальпия пара и конденсата, Дж/кг.

Производительность обжарочного аппарата Π (кг/с) может быть найдена из уравнения общего расхода теплоты:

$$\Pi = [Fk(T_n - T_2) - \Phi_6] / [c(T_4 - T_3) + 0,01x_u r + m_c / m_{np} c_1 (T_2 - T_0) + 0,01Qc(T_2 - T_1) + c_a q_a (T_a - T_5)] ,$$

где k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К); T_n – температура греющего пара, К.

Производительность печей для запекания Π_3 (кг/с) определяется в виде

$$\Pi_3 = (zma) / \tau_3 ,$$

где z – число рам; a – число изделий, навешиваемых на одну раму; m – масса одного изделия, кг; τ_3 – продолжительность запекания, с.

Продолжительность сушки τ_c (с) от начальной W_n до конечной влажности мезги W_k определяется по формуле

$$\tau_c = 2,66 \cdot 10^8 (lg W_n - lg W_k) / [T^3 (2,669 - lg H) (0,554\omega + 1)] ,$$

где T – температура греющей поверхности (принимается равной температуре конденсации насыщенного водяного пара и берется из таблиц водяного пара в зависимости от давления греющего пара $P_{гр}$), К; H – высота слоя материала в чане, мм; ω – угловая скорость вращения мешалки, с⁻¹ ($\omega = \pi n / 30$, где n – частота вращения мешалки, мин⁻¹).

Определение продолжительности жарения в общем случае $\tau_{ж}$ (с) в жаровне

$$\tau_{ж} = [\tau_c / (n_q - 1)] + \tau_c = \tau_c n_q / (n_q - 1) ,$$

где n_q – число чанов в жаровне.

Чтобы определить диаметр и высоту чана жаровни, необходимо вначале определить продолжительность нахождения мезги в одном чане τ_1

$$\tau_1 = \tau_{ж} / n_q .$$

Задаваясь необходимой производительностью жаровни по мятке (Π , т/сут), находим массу мезги $m_{ж}$ (кг), обрабатываемой в одном чане

$$m_{ж} = \Pi \tau 1000 / (24 \cdot 60) .$$

При принятых H и ρ_m массу материала в чане можно определить как

$$m_{ж} = (\pi D^2 / 4) H \cdot 10^{-3} \rho_m ,$$

где D – диаметр чана жаровни, м; H – высота слоя материала в чане, мм; ρ_m – объемная масса мезги, кг/м³ ($\rho_m = 450$ кг/м³).

Отсюда можно определить диаметр чана жаровни

$$D = \sqrt{4 \cdot 10^3 m_{ж} / \pi H \rho_m} .$$



Никогда не удастся быть таким счастливым,
как в те часы, когда работа не оставляет
ни минуты свободной.
ФАБР ЖАН-АНРИ-КАЗИМИР (1823–1915),
французский ученый-энтомолог

18.9 СВЧ-УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЫРЬЯ И ПОЛУФАБРИКАТОВ

СВЧ-нагрев позволяет значительно интенсифицировать технологические процессы пищевых производств, особенно комбинируя его с традиционными способами энергоподвода, такими, как выпечка, обжарка, запекание, размораживание, сублимация, стерилизация, бланширование и др.

Эффективность СВЧ-аппарата зависит от работы генератора СВЧ-магнетрона и определения сферы его использования в технологической цепи.

Для промышленной обработки сырья и полуфабрикатов разрешено использовать только отдельные участки СВЧ-диапазона волн: $f = 900 \pm 15$ МГц и $f = 2400 \pm 50$ Гц.

На рис. 18.33 приведена принципиальная схема установки для СВЧ-стерилизации (пастеризации) жидких пищевых сред. Установка состоит из электромагнитной системы ЭС 9 с системой фторопластовых трубопроводов 10, рекуперативного теплообменника 4, предварительного нагревателя 5, гидравлической системы с клапанными устройствами 2 и датчиками 6 для измерения температуры, магнетронов 8, блоков питания 12 и управления 11, расходомера 1, возбудителей 7 электромагнитных полей.

Применение рекуперативного теплообменника, позволяющего производить предварительный нагрев обрабатываемой жидкости и охлаждение ее после стерилизации, способствует улучшению энергетических характеристик установки и уменьшению потребляемой СВЧ-мощности.

Нагреватель, встроенный в гидравлическую систему между теплообменником и ЭС, дает возможность значительно уменьшить время выхода на нормальный режим работы, и при установившемся режиме может быть отключен.

Из-за сравнительно высокой стоимости СВЧ-энергии экономически выгоднее применять предварительный подогрев обрабатываемого пищевого продукта перед пропуском его через ЭС. Осуществление СВЧ-стерилизации и СВЧ-пастеризации

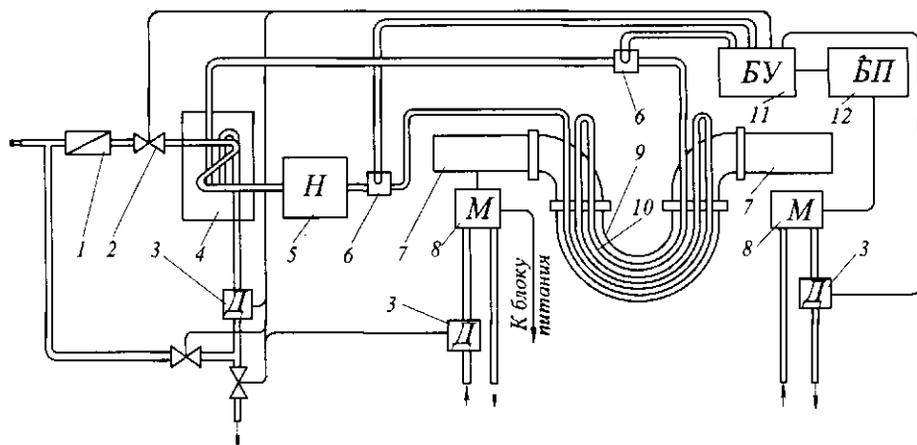


Рис. 18.33 Принципиальная схема установки для СВЧ-стерилизации (пастеризации)

в ЭС целесообразно при температурах, близких к температурам стерилизации или пастеризации соответствующих материалов.

Регулятор расхода, клапанная система, датчики 3 температуры и протока обеспечивают поддержание необходимой температуры и длительности стерилизации и пастеризации.

В пищевой промышленности может быть применена ЭС-установка с двумя магнетронами. Это повышает ее надежность при длительной непрерывной работе. Возбудители смонтированы на обоих концах ЭС. При выходе из строя одного магнетрона сигнал с соответствующих датчиков подается на блок питания – включается второй магнетрон.

В пищевой промышленности широко распространена стерилизация и пастеризация пищевых продуктов (соков, пива, тортов, компотов и т.д.) в таре. Для этих целей разработана специальная СВЧ-установка (рис. 18.34).

Установка состоит из ЭС, изготовленной на основе прямоугольного волновода сечением $0,220 \times 0,104$ м, внутри которого с помощью цепного конвейера 6 перемещается обрабатываемый продукт 1 в таре. Цепной конвейер выполнен из фторопласта, что обеспечивает малое поглощение энергии элементами конвейера. При установке элементов конвейера иной формы можно обрабатывать пищевые продукты в таре различного типа и размера (банки, бутылки и т.д.).

Тяговая звездочка 4 цепного конвейера закреплена на выходном валу привода. В приводе 2 установлен электродвигатель постоянного тока, что позволяет изменять скорость конвейера в широких пределах и тем самым подбирать рациональный режим обработки. В качестве источника применен магнетронный генератор с выходной мощностью 25 кВт с частотой 915 МГц. Особенностью установки является то, что возбуждение электромагнитного поля в рабочем волноводе осуществляется с помощью возбуждителя 3, имеющего несколько щелей связи, расположенных таким образом, что поглощение энергии пищевым продуктом происходит равномерно.

В данной установке применена гребенчатая шлюзовая система 5, каждый шлюз

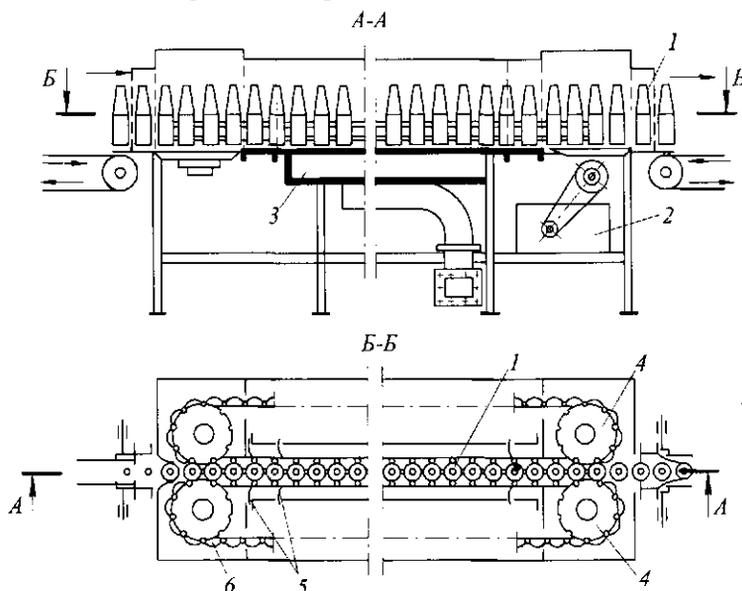


Рис. 18.34 Принципиальная схема СВЧ-установки

которой состоит из трех гребенок, выполненных из специального материала, поглощающего СВЧ-энергию. Расстояние между гребенками рассчитано в зависимости от размера тары. В результате при перемещении конвейера в каждый момент времени одна из трех гребенок шлюзового устройства всегда закрыта. Это позволяет снизить излучение в окружающее пространство СВЧ-энергии до допустимого уровня. Кроме того, соответствующее расположение щелей возбуждения обеспечивает равномерное поглощение электромагнитной энергии обрабатываемым продуктом, и на первые гребенки шлюзовых устройств падает не более 2...5 % мощности генератора.

Каркас установки имеет подъемные устройства, позволяющие выставлять уровень конвейера установки при встраивании ее в производственные линии.

Примером модульного исполнения конвейерной установки может служить «Гигатрон-Ф», причем при размораживании пищевых продуктов эти установки снабжаются устройствами для продувки холодного воздуха температурой -30°C через активную зону, что позволяет практически избежать краевого эффекта. Продолжительность размораживания от начальной температуры продукта -20 до $-2...0^{\circ}\text{C}$ составляет 10...15 мин. При размораживании в «Гигатроне-Ф» блоков рыбы (щука, сардины), рыбного филе креветок, мяса наблюдается снижение потерь массы по сравнению с размораживанием в воде на 3...10 %.

На рис. 18.35 приведена конвейерная модульная установка «Гигатрон-30F». В зависимости от колебательной мощности магнетронов 6 такие гигатроны в режиме размораживания обеспечивают производительность 200...3000 кг/ч. При этом число модулей 3 колеблется от 2 до 6. Обрабатываемый продукт 1 загружают на ленту транспортера 9, снабженного плавным регулируемым приводом. Модули со стороны загрузки и выгрузки снабжены устройствами для предотвращения утечки СВЧ-энергии. Узел ввода энергии 2 обеспечивает питанием магнетроны в каждой модульной секции.

Понижение температуры воздушной среды осуществляется с помощью приборов охлаждения, которые являются составным элементом холодильной установки. Холодильная установка полностью автоматизирована, что позволяет поддерживать заданные температурные режимы. Воздух, охлажденный до -30°C , по каналу 5 поступает в рабочую камеру 7. Для санитарной обработки рабочей камеры боковые стенки 8 всех модулей выполнены откидными. Закрытое их состояние фиксируется запорами 4.

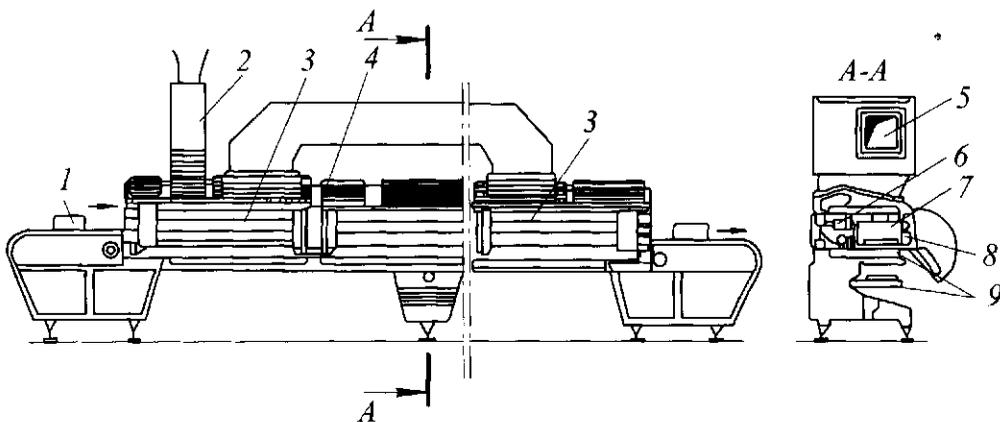


Рис. 18.35 Принципиальная схема конвейерной модульной установки «Гигатрон-30F»

Инженерные расчеты. Для рационального построения технологического процесса и выбора геометрии продукта необходимо учитывать глубину проникновения электромагнитной энергии в материал.

Ослабление энергии электрического поля в пищевом продукте выражается экспоненциальной зависимостью

$$E = E_0 \exp(-kx),$$

где E – энергия на глубине x ; E_0 – начальная энергия; k – постоянная ослабления поля.

Постоянную ослабления поля k можно определить из соотношения

$$k \approx 2\pi f \operatorname{tg} \delta \sqrt{\mu},$$

где f – круговая частота колебаний, Гц; μ – магнитная проницаемость продукта, Гн/м.

Глубина проникновения электромагнитной энергии в продукт Δ (м) при условии ослабления до 37 % определяется как

$$\Delta = (1/k) \sqrt{\epsilon'} (2\pi f \epsilon' \sqrt{\mu}),$$

где ϵ' – относительная диэлектрическая проницаемость.

Для расчета глубины равномерного нагревания R_0 изделий цилиндрической формы рекомендуется формула

$$R_0 = \lambda x_0 / (2\pi \sqrt{\epsilon'}),$$

где R_0 – радиус, соответствующий равномерному нагреву в СВЧ-поле, м; λ – длина волны, м; x_0 – координата точки.

Удельная мощность N_0 (Вт/м³), расходуемая на нагревание продукта, равна

$$N_0 = 4,17(\rho c / \eta_T)(\Delta T / \Delta \tau),$$

где ρ – плотность продукта, кг/м³; c – теплоемкость продукта, Дж/(кг·К); η_T – термический КПД процесса; ΔT – приращение температуры за интервал времени $\Delta \tau$, К; $\Delta T / \Delta \tau$ – темп нагрева образца, К/с.

Продолжительность нагревания τ_n (с) в СВЧ-аппарате кулинарных изделий при оптимальной загрузке определяется по формуле

$$\tau_n = mc(T_k - T_n) / (N\eta\xi),$$

где m – масса продукта, кг; T_n, T_k – начальная и конечная температура продукта, °С; N – мощность СВЧ-аппарата, Вт; η – КПД аппарата; ξ – коэффициент поглощения.

Продолжительность тепловой обработки колбасных изделий τ_T (с) определяется по формуле

$$\tau_T = (A / T_c)(1/\beta),$$

где A, β – коэффициенты, зависящие от вида продукта (для докторской колбасы $A = 137 \cdot 10^3$, $\beta = 0,79$, для чайной $A = 35 \cdot 10^3$, $\beta = 0,63$); T_c – температура стерилизации, °С ($t_c = 86$ °С).



Величие народа не измеряется его численностью, как величие человека не измеряется его ростом; единственной мерой служит его умственное развитие и его нравственный уровень.
*ВИКТОР ГЮГО (1802–1885),
французский поэт, романист, публицист*

18.10 ТЕХНИКА БУДУЩЕГО: НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Двухъярусная хлебопекарная печь (Пат. № 2151509 РФ, А21 В1/28) относится к двухъярусным тоннельным хлебопекарным печам, основанным на принципе рециркуляции продуктов сгорания в каналах системы обогрева, и может быть использована для выработки широкого ассортимента хлебобулочных изделий.

На рис. 18.36 изображена хлебопекарная печь: *a* – общий вид, *b* – неполный продольный разрез печи с трубчатыми каналами, *в* – неполный продольный разрез печи с коробчатыми каналами. Хлебопекарная печь состоит из пекарной камеры в виде двух туннельных ярусов, верхнего 1 и нижнего 2. В начале каждого яруса расположено пароувлажнительное устройство 3. Внутри каждого яруса размещается также конвейерный под 4, состоящий из рабочей 5 и холостой 6 ветви. Система обогрева печи включает в себя топочное устройство, имеющее камеру сгорания 8 и камеру смешения 9, верхний распределительный коллектор 10 верхнего яруса, нижний распределительный коллектор 11 верхнего яруса, верхний распределительный коллектор 12 нижнего яруса и нижний распределительный коллектор 13 нижнего яруса. Хлебопекарная печь также содержит верхний передний теплопередающий канал 14 верхнего яруса, верхний задний теплопередающий канал 15 верхнего яруса, а также нижний передний теплопередающий канал 16 верхнего яруса и нижний задний теплопередающий канал 17 верхнего яруса, а также верхний передний теплопередающий канал 18 нижнего яруса, верхний задний передающий канал 19 нижнего яруса, нижний передний теплопередающий канал 20 нижнего яруса и нижний задний теплопередающий канал 21 нижнего яруса.

В каждом распределительном коллекторе установлены шиберы 22 для регулирования проходного сечения каждого входного участка 23 теплопередающих каналов 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21. При этом каждый ярус имеет свой подводящий и отводящий газоход. Так, верхний ярус имеет подводящий газоход 24 и отводящий газоход 25. Также нижний ярус имеет подводящий газоход 24 и отводящий газоход 27.

Для наиболее эффективного регулирования тепловых потоков в двухъярусной печи предусматривается, что теплопередающие каналы автономной системы обогрева ярусов выполнены трубчатыми U-образными, состоящими из прямоточных 28 и противоточных 29, по отношению к направлению движения рабочей ветви 5 конвейерного пода 4 пучков обогревательных труб, подключенными своими входными отверстиями 23 к верхним 10, 12 и нижним 11, 13 распределительным коллекторам с установленными в них шиберами 22 входных участков обогревательных труб. При этом входные участки обогревательных труб верхнего предельного канала и нижнего предельного канала установлены так, что прямоточный пучок обогревательных труб размещается к рабочей ветви конвейерного пода ближе, чем противоточный пучок.

Для дополнительного регулирования теплового потока, направленного на тестовые заготовки в первый период их выпечки, между прямоточными 28 и противоточными 29 пучками обогревательных труб верхнего переднего U-образного канала

14, 18, возле верхнего распределительного коллектора 10, 12 может быть установлен секционный экран 30 с возможностью частичного или полного выдвижения за пределы пекарной камеры.

В конструкции печи предусматривается также то, что теплопередающие каналы автономной системы обогрева ярусов могут быть выполнены трубчатыми прямыми или коробчатыми. Для установления накопления конденсата на внешней поверхности хлебопекарной печи в зоне ее нагрузки 31 передняя стенка 32 пекарной камеры каждого яруса, содержащая зону парового увлажнения, может быть снабжена обогревателем 33, подключенным к системе обогрева печи.

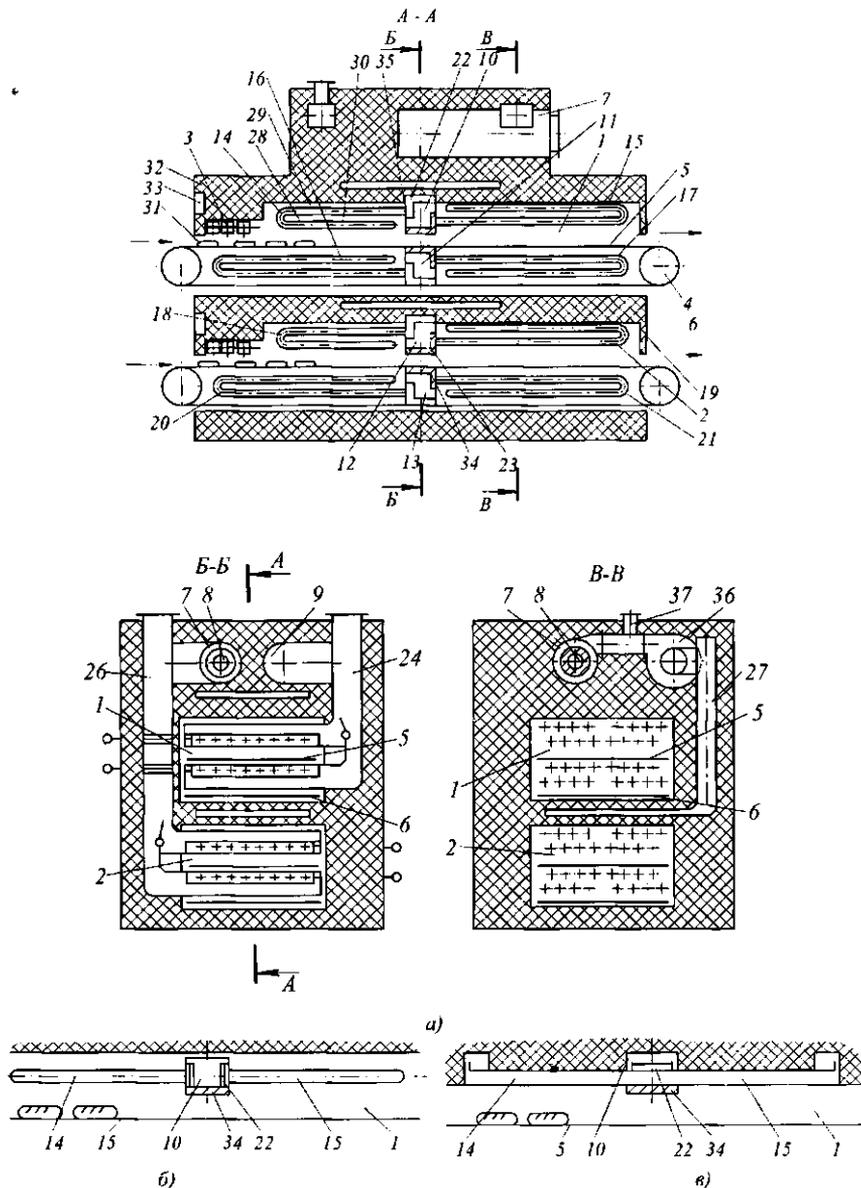


Рис. 18.36 Двухъярусная хлебопекарная печь

Для смягчения теплового удара, направленного на тестовые заготовки в центральной части каждого яруса, нижнюю стенку 34 верхнего распределительного коллектора и верхнюю стенку 35 нижнего распределительного коллектора каждого яруса, обращенные к рабочей ветви 5 конвейерного пода 4, теплоизолируют.

В итоге, в каждом ярусе 1 и 2 образуются две зоны выпечки с регулируемым подводом тепла – передняя и задняя, каждая из которых имеет также отдельное регулирование верхнего и нижнего теплоподводов к рабочей ветви 5 конвейерного пода 4.

Хлебопекарная печь *отличается* тем, что каждый тоннельный ярус снабжен автономной системой обогрева с собственным топочным устройством и рециркуляционным вентилятором, при этом подводящий газопровод одного яруса размещен с противоположной стороны по отношению к подводящему газопроводу другого яруса, а отводящий газопровод каждого яруса расположен с противоположной стороны по отношению к подводящему газопроводу; *отличается* тем, что теплопередающие каналы автономной системы обогрева каждого яруса выполнены трубчатыми U-образными, состоящими из прямооточных и противоточных по отношению к направлению движения рабочей ветви конвейерного пода пучков обогревательных труб, подключенные своими входными участками к верхним и нижним распределительным коллекторам с установленными в них шиберами входных участков обогревательных труб верхнего переднего канала и нижнего переднего канала установлены так, что прямооточный пучок обогревательных труб размещен ближе к ветви конвейерного пода, чем противоточный пучок; *отличается* тем, что теплопередающие каналы автономной системы обогрева каждого яруса выполнены трубчатыми прямыми; *отличается* тем, что теплопередающие каналы автономной системы обогрева каждого яруса выполнены коробчатыми; *отличается* тем, что между прямооточными и противоточными пучками обогревательных труб верхнего переднего U-образного канала возле верхнего распределительного коллектора установлен секционный экран с возможностью частичного или полного выдвигания за пределы пекарной камеры; *отличается* тем, что длина секционного экрана составляет не более 50 % от длины противоточного пучка обогревательных труб верхнего переднего U-образного канала; *отличается* тем, что передняя стенка пекарной камеры каждого яруса, содержащая зону парового увлажнения, снабжена обогревателем, подключенным к системе обогрева печи; *отличается* тем, что в каждом ярусе нижняя стенка верхнего распределительного коллектора и верхняя стенка нижнего распределительного коллектора, обращенные к рабочей ветви конвейерного пода, теплоизолированы; *отличается* тем, что внутренняя поверхность топочного устройства футерованы жаростойким волокнистым материалом, выдерживающим температуру соответственно 1250 °С в камере сгорания и 750 °С в камере смешения.

Хлебопекарная печь (Пат. № 1743529 РФ, А21 В1/22 F26 В23/04) используется на предприятиях хлебопекарной промышленности.

На рис. 18.37 изображена хлебопекарная печь: *а* – общий вид; *б* – сечение пекарной камеры. Печь состоит из пекарной камеры 1 с дверцей для установки тележки-стеллажа 2 и механизма 3 вращения. Между стенкой пекарной камеры и наружной обшивкой расположен блок 4 нагревателей, вентилятор 5, нагнетающий воздухопровод 6. В блоке нагревателей установлены электронагреватели 7 и теплоаккумулирующие стержни 8. Между наружной обшивкой и камерой находится теплоизоляция 9. Пекарная камера закрывается дверцей 10. В камере установлен парогенератор 11.

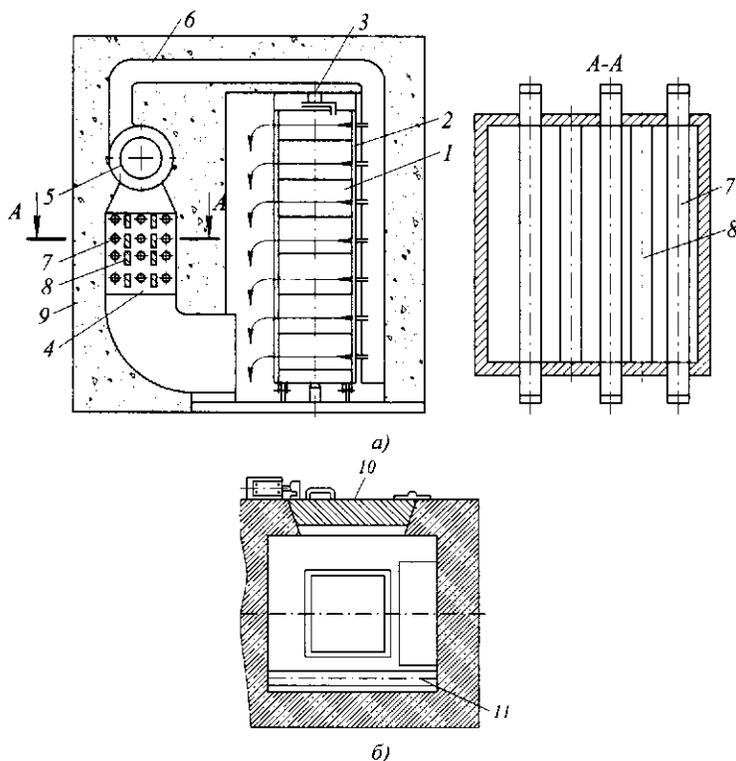


Рис. 18.37 Хлебопекарная печь

Хлебопекарная печь отличается тем, что, с целью повышения производительности и снижения энергоемкости, блоки нагрева воздуха снабжены теплоаккумуляторами, размещенными между электроэлементами, а вентилятор оснащен приспособлением для его включения и выключения соответственно при закрывании и открывании дверцы рабочей камеры.

Устройство для вертикальной шпарки туш свиней (Пат. № 1597140 РФ, А22 В5/08). Целью изобретения является сокращение расхода теплоносителя.

На рис. 18.38. изображено устройство, общий вид. Устройство для вертикальной шпарки туш свиней содержит стойки 1 с платформами 2, на которых установлены электропривод 3 и звездочки 4, взаимодействующие с замкнутыми цепями 5 и 6.

Скорость вращения цепей 5 и 6 синхронизирована, и они расположены во взаимно параллельных плоскостях и через шаровые опоры 7 связаны с опорной рамой 8. Теплоизолированная камера выполнена в виде зеркально установленных обечаек 9 и 10, закрепленных на раме 8. Приспособление для подачи теплоносителя выполнено в виде парораспределителя. Термостойкая обечайка 9 через гибкий трубопровод 11 и парораспределитель 12 связана с парогенератором (не показан). Для устранения утечек горячего и повышенной влажности воздуха по периметру обечаек 9 и 10 закреплен резиновый кожух 13, в котором размещены постоянные магниты (не показаны). Кроме того, обечайки 9 и 10 по периметру также гофрированы.

Для обеспечения надежного контакта закрытых обечаек предусмотрен электромагнитный замок, включающий магнитопровод 14 с катушкой 15, которые закреп-

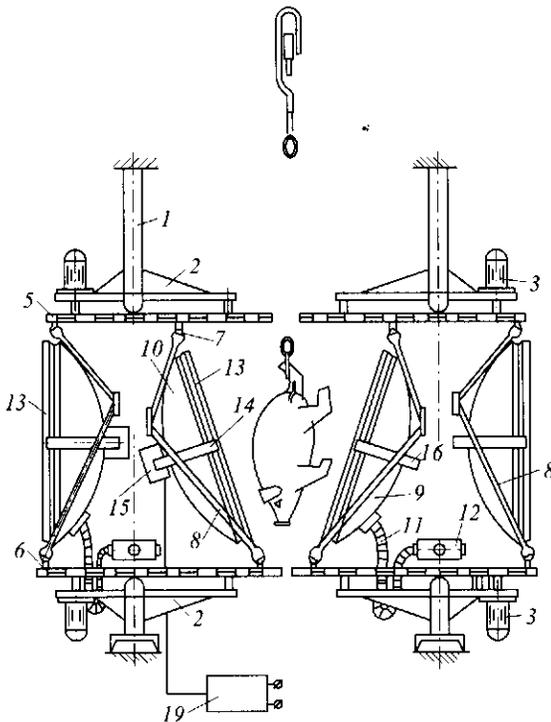


Рис. 18.38 Устройство для вертикальной шпарки туш свиней

обечайками 9 и 10, и в момент загрузки обечайки 1 и 10 открыты, а животное находится между ними в центре. По мере перемещения животного обечайки 9 и 10 смыкаются, при этом рама 8 поворачивается в шаровых опорах 7 из-за изменения траектории цепей 5 и 6.

Блоком 19 управления подается напряжение на катушку 15 электромагнита, который притягивает магнитопровод 16 с обечайкой 9. Взаимное перемещение обечайек 9 и 10 возможно из-за шаровых опор и отклонений гибких цепей 5 и 6. Магниты в резиновом кожухе 13 притягиваются, обеспечивая герметизацию внутреннего пространства, ограниченного обечайками 9 и 10. К моменту смыкания обечайек 9 и 10 шестерни 17 цепью 18 поворачивает парораспределитель 12. При этом увлажненный горячий воздух от парогенератора по гибкому трубопроводу 11 подается в камеру с животным, образованную обечайками 9 и 10. Процесс шпарки заканчивается на выходе обечайек 9 и 10 из рабочей зоны, при этом парораспределитель 12 соединяет камеру дымососом.

Блок 19 управления снимает напряжение с катушки 15 электромагнита. Электропривод 3 цепей 5 и 6, преодолевая сопротивление магнитов в резиновом кожухе 13, размыкает обечайки 9 и 10. Животное подается на скребмашину, а обечайки 9 и 10 вновь попадают в зону загрузки.

Устройство для вертикальной шпарки туш свиней отличается тем, что, с целью сокращения расхода теплоносителя, теплоизолированная камера выполнена в виде двух обечайек с электромагнитным замком, каждая обечайка по периметру снабжена магнитами, а приспособление для подачи теплоносителя выполнено в виде парорас-

лены на арматуре рамы 8 обечайки 10. Магнитопровод 16 также закреплен на арматуре рамы 8 обечайки 9.

Для организации рабочей и загрузочной зон ветви цепей 5 и 6 на входе смещены относительно центральной линии звездочками 4.

Управление катушкой 15 электромагнитного замка, а также синхронизация вращения цепей 5 и 6 осуществляются блоком 19 управления. Для удаления горячего воздуха повышенной влажности из обечайек 9 и 10 перед их открытием предусматривается дымосос (не показан), который связан с парораспределителем 12.

Животное с линии обескровливания подается механизмом перемещения в зону с определенным интервалом загрузки, при этом цепи 5 и 6 перемещаются с

пределителя, связанного с одной из обечаек посредством гибкого трубопровода, при этом обечайки установлены с возможностью смыкания и размыкания; отличается тем, что каждая обечайка по периметру выполнена гофрированной.

Печь для обжарки пищевых продуктов (Пат. № 2041700 РФ, А47 J37/12) представлена на рис. 18.39: *а* – общий вид; *б* – транспортирующая лента; *в* – перфорированный барабан в аксонометрической проекции; *з* – спираль – поверхность; *д* – спираль – кривая линия; *е* – сечение Г-Г, спираль вала (3/4 первого витка); *ж* – вид по стрелке В, прямоугольное отверстие; *з* – последняя 1/4 (четверть) первого витка. Предлагаемая печь для обжарки пищевых продуктов содержит теплоизолированную ванну 1, на торцовых стенках которой установлен вращающийся перфорированный барабан 2, закрытый сверху кожухом 3, имеющим загрузочный лоток 4 и вентиляционный патрубок 5. В нижней части ванны 1 смонтированы нагревательные элементы 6, а также термодатчик 7. Днище ванны 1 с помощью магистрали 8 соединяется с атмосферой и с масляным бачком 9, служащим для поддержания постоянного уровня масла в ванне 1 в процессе работы. Барабан 2 состоит из полого вала 10, на котором закреплены два перфорированных диска 11 и 12 и звездочка 13. С противоположной стороны на валу 10 имеется несколько расположенных равномерно по окружности выгрузных отверстий 14. По всей длине пространства между дисками 11 и 12 лента в сечении имеет форму спирали 15, между началом и концом которой на валу 10 выполнено отверстие 16 прямоугольной формы. Во внутренней цилинд-

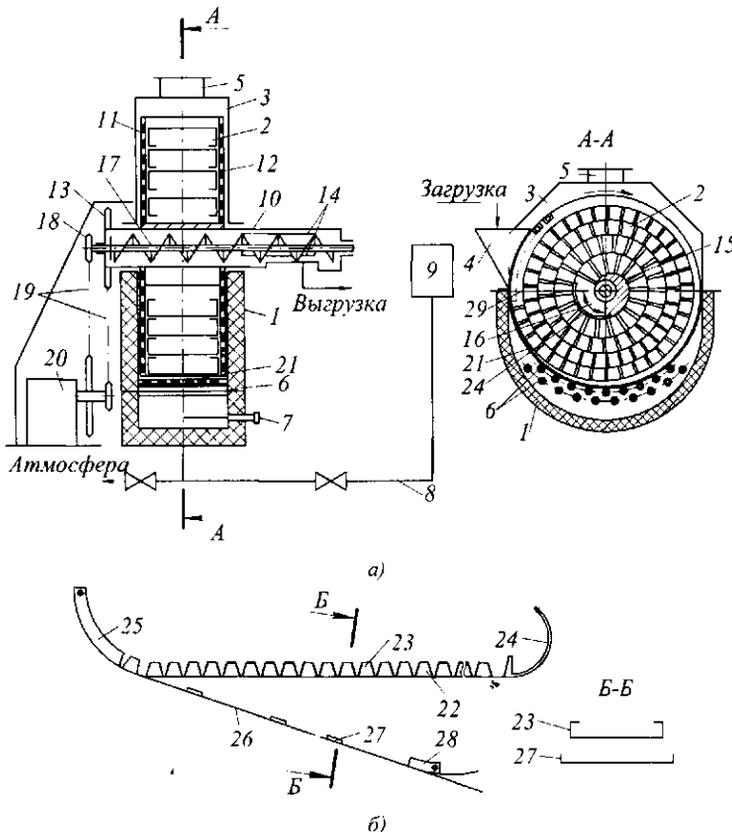


Рис. 18.39 Печь для обжарки пищевых продуктов

рической полости вала 10 смонтирован вращающийся шнек 17 с закрепленной на нем звездочкой 18. Звездочки 13 и 18 с помощью роликовых цепей 19 соединены с блоком звездочек на выходном валу привода 20 вращения. Барабан 2 отделен от нагревательных элементов 6 полуцилиндром 21 из ситовой стали.

В пространстве между перфорированными дисками 11 и 12 установлена транспортирующая лента 22, которая представляет собой в развернутом виде перфорированную ленту с отбортованными под прямым углом, разновеликими по высоте зубцами 23. Зубцы 23, плавно сопрягаясь, друг с другом, позволяют ленте 22 по местам сопряжения зубцов сворачиваться в спираль (разворачиваться в ленту), образуя канал переменного сечения. Внутренний конец ленты 22 соединен с опорной пластиной 24, выполненной в виде отрезка спирали и образующей геометрическое продолжение ее участка в пределах одного витка. Наружный конец ленты 22 соединен с запорной скобой 25, служащей для крепления наружного конца ленты 22 заподлицо с наружной поверхностью и в любом положении по окружности перфорированных дисков 11 и 12. С запорной скобой 25 соединена замыкающая пластина 26 с отбортованными зубцами 27 и скобой 28, служащей для охвата наружной поверхности перфорированных дисков 11 и 12.

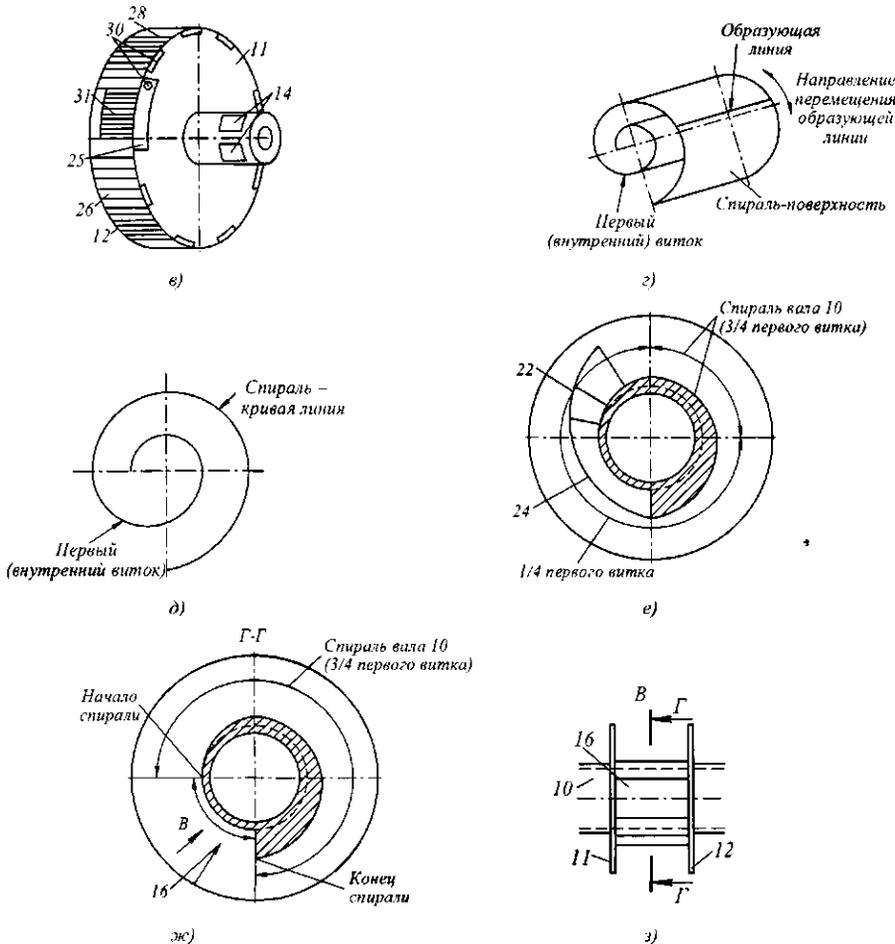


Рис. 18.39 Продолжение

Транспортирующая лента 22 через опорную пластину 24 крепится к валу 10, образуя первый виток спирали, а затем наматывается на него, формируясь в спиралеобразный канал 29 переменного сечения, наружный конец ленты 22 через запорную скобу 25 и оси 30 закрепляется заподлицо с наружной поверхностью перфорированных дисков 11 и 12, а через скобу 28 и оси 30 замыкающая пластина 26 охватывает перфорированные диски 11 и 12 по наружной цилиндрической поверхности, образуя приемное отверстие 31, через которое сырой продукт из загрузочного лотка 4 попадает в спиралеобразный канал 29, выходной конец которого замыкается на отверстие 16 перегрузки готового продукта в зону шнекового транспортера (шнека) 17.

Теплоизолированная ванна 1 заполняется растительным маслом до определенного уровня, затем включаются нагревательные элементы 6 для разогрева масла до необходимой температуры: при этом температура масла и поддержание ее в определенном диапазоне отслеживаются с помощью термодатчика 7 и автоматики. Включается привод 20 вращения, и через цепные передачи барабан 2 и шнек 17 начинает вращаться. Передаточное отношение звездочек 13 и 18 с соответствующими звездочками блока на выходном валу привода 20 вращения выбрано таким, что скорость вращения шнека 17 значительно выше скорости вращения барабана 2. При подходе и совмещении отверстия 31 барабана 2 с загрузочным лотком 4 сырой продукт поступает в канал 29 на дно барабана 2 и начинает перемещаться в нем, поднимаясь снизу вверх (с периферии к центру барабана 2) благодаря инерционной массе продукта и низкому коэффициенту трения относительно стенок. При выходе из спиралеобразного канала 29 продукт поступает в отверстие 16, где под собственным весом он перегружается в шнековый транспортер 17 и затем выгружается по нему через отверстия 14 наружу.

Скорость вращения барабана 2, а также его конструктивные параметры (диаметр, форма и количество спиралей, сечение каналов) определяют, исходя из технологического процесса обжаривания продукта и производительности печи. Транспортирующая лента 22 выполнена таким образом, что позволяет постепенно (от периферии к центру барабана 2) увеличить поперечное сечение канала с целью уменьшения сопротивления перемещению продукта по нему, а также благодаря простоте сборки и разборки позволяет легко производить санитарную инспекцию барабана 2 в процессе работы.

Благодаря предложенной конструкции барабана обеспечивается высокая производительность печи при непрерывном технологическом процессе с относительно продолжительным циклом тепловой обработки продукта (например, картофель «Фри»).

Печь для обжарки пищевых продуктов отличается тем, что барабан снабжен укрепленными по его торцам перфорированными дисками, наружная поверхность вала между дисками представляет собой спираль, по длине которой в стенке выполнено прямоугольное отверстие, между дисками установлена транспортирующая лента, внутренний конец последней через опорную пластину закреплен на конце спирали, образуя виток, остальная часть ленты свернута в спираль, формируемую витком, а наружный конец ленты через запорную скобу закреплен у загрузочного отверстия заподлицо с наружной поверхностью перфорированных дисков, при этом оба диска по периметру соединены между собой посредством цилиндрической пластины, в которой выполнено прямоугольное отверстие для загрузки продукта; отличается тем, что транспортирующая лента выполнена с сопрягаемыми между собой отбортованными равновеликими по высоте зубцами.

Сверхвысокочастотная печь (Пат. № 2149520 РФ, Н05 В6/64), применяется для тепловой обработки пищевых продуктов.

На рис. 18.40 показан общий вид сверхвысокочастотной печи. Сверхвысокочастотная печь содержит камеру 1 нагрева, изготовленную из металла. В верхней стенке 2 камеры 1 выполнено отверстие 3 для ввода СВЧ-энергии. СВЧ-генератор 4, обычно магнетрон, своим выходом подсоединен к отрезку 5 волновода, короткозамкнутого с другого конца и снабженного отверстием в середине широкой стенки для введения в него элемента устройства связи. Отрезок 5 волновода закреплен на одной из боковых стенок камеры 1 с помощью фиксатора 6. Устройство связи выполнено в виде отрезка коаксиальной линии с внутренним проводником 7 и внешним проводником, состоящим из втулки 8 и элемента 9, соединенными между собой резьбовым соединением.

При этом внутренний проводник 7 изолирован от внешнего проводника с помощью опорной шайбы 10, выполненной из радиопрозрачного материала, например фторопласта – 4. Металлическая втулка 8 припаяна к отрезку 5 волновода. Часть поверхности 11 верхней стенки 2 вокруг отверстия 3 связи выполнена гофрированной и по периметру указанного отверстия соединена с втулкой 8 пайкой таким образом, что отрезок 5 волновода размещен с зазором относительно верхней стенки 2 камеры 1 нагрева. Верхний конец внутреннего проводника выполнен в виде полусферы 12 и размещен внутри отрезка 5 волновода. Нижний конец указанного проводника 7 посредством потайного винта 13 подвижно соединен с излучателем 14, выполненным в виде диска и связанным посредством короткозамыкателя 15 с экраном 16, выполненным в виде прямоугольной пластины, например квадратной формы, и расположенным над излучателем 14. Излучатель 14 и экран 16 выполнены из проводящего электромагнитные волны материала. Экран 16 подвижно соединен с нижним концом втулки 8, благодаря чему он может вращаться в горизонтальной плоскости. На внешней поверхности верхней стенки 2 установлен регулятор 17 наклона отрезка 5 волновода, представляющий собой, например несколько подпружиненных винтов, закрепленных на продолжении нижней широкой стенки отрезка 5 волновода и опирающихся на внешнюю поверхность стенки 2. Кроме того, сверхвысокочастотная печь содержит вращающуюся подставку 18 для размещения продуктов, которая подсоединена к двигателю.

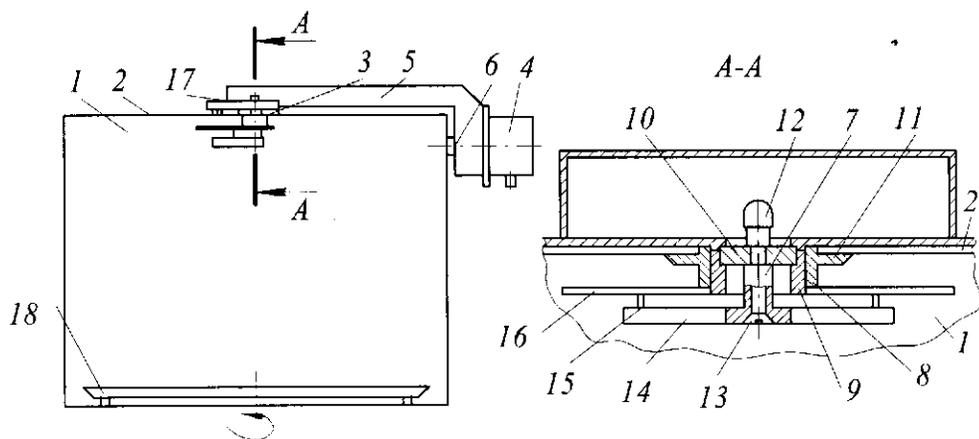


Рис. 18.40 Сверхвысокочастотная печь

Вначале, в отсутствии продукта, производят регулировку распределения электромагнитной энергии внутри камеры 1, нагревая с целью получения равномерного ее распределения по всему объему камеры 1. Процесс регулировки включает в себя два этапа. На первом этапе с помощью фиксатора 6 и подпружиненных винтов устанавливают отрезок 5 волновода в горизонтальное положение, и регулировку распределения энергии осуществляют путем поворота в горизонтальной плоскости излучателя 14 вокруг незатянутого винта 13. Благодаря тому, что экран 16 соединен с нижним концом втулки 8 подвижно и жестко с излучателем 14 посредством короткозамыкателя 15, экран 16 меняет свое положение в зависимости от поворота излучателя 14. Для каждого фиксированного положения излучателя 14 при включенном СВЧ-генераторе 4 снимают картину распределения электромагнитной энергии внутри камеры 1, например, с помощью термочувствительной бумаги. Следует заметить, что сочетание форм экрана 1 (прямоугольная пластина) и излучателя 14 (диск) способствует созданию дифракционного эффекта на краях указанных элементов, приводящего к возбуждению дополнительных собственных колебаний волн внутри камеры 1 нагрева, а следовательно, к более равномерному распределению электромагнитной энергии по всему объему камеры 1. Итак, сравнивая картины распределения электромагнитной энергии, выбирают то положение излучателя 14, при котором распределение наилучшее. Измерения показали, что равномерность распределения достигает величины 90 %. С помощью винта 13 жестко фиксируют положение излучателя 14 таким образом, что он уже не может вращаться в горизонтальной плоскости. После этого приступают ко второму этапу регулировки распределения электромагнитной энергии внутри камеры 1. Фиксатор 6 отпускают, и отрезок волновода перемещается в вертикальной плоскости, а подпружиненные винты регулятора 17 позволяют удерживать отрезок 5 волновода в строго фиксированном положении. Благодаря жесткому подсоединению втулки 8 к отрезку 5 волновода, расположенного с зазором относительно внешней поверхности верхней стенки 2, а также использованию гофрированной поверхности 11 вокруг отверстий 3 связи, при перемещении отрезка волновода в вертикальной плоскости будут менять свое положение в пространстве и втулка 8, и внутренний проводник 7, а также излучатель 14, экран 16, жестко связанные друг с другом посредством короткозамыкателя 15. Таким образом, при изменении наклона отрезка 5 волновода происходит изменение положения в вертикальной плоскости излучателя 14 внутри камеры 1 нагрева. Для каждого фиксированного положения отрезка 5 волновода при включенном СВЧ-генераторе 4 снимают картину распределения электромагнитной энергии внутри камеры 1 нагрева, например, с помощью термочувствительной бумаги. Из нескольких положений отрезка 5 волновода выбирают то, которое соответствует более равномерному распределению энергии, и тогда это положение отрезка 5 волновода жестко фиксируют с помощью фиксатора 6. Таким образом, второй этап позволяет осуществить более тонкую регулировку распределения энергии внутри камеры 1 нагрева и достичь ее равномерности порядка 95 %. После произведенной настройки сверхвысокочастотной печи осуществляют нагрев продуктов. Для этого их размещают на подставке 18, которая подсоединена к двигателю, осуществляющему ее вращение вокруг оси для улучшения качества обработки продуктов. Плотно закрывают камеру 1 нагрева. Включают СВЧ-генератор 4 и двигатель. СВЧ-энергия от СВЧ-генератора 4 поступает в отрезок 5 волновода, внутрь которого помещен верхний конец внутреннего проводника 7 отрезка коаксиальной линии (устройства связи), выполненный в виде

полусферы 12, а затем через излучатель 14, выполненный в форме диска и соединенный с нижним концом упомянутого проводника 7, в камеру 1 нагрева, в которой возбуждает кругополяризованное поле. Отметим, что преобразование волны H_{10} , распространяющейся по отрезку 5 волновода, в Т-волну в отрезке коаксиальной линии осуществляется с минимальными потерями (порядка 0,1 дБ) благодаря выбору конструкции устройства связи и излучателя 14. Кругополяризованное поле воздействует на продукты, осуществляя их нагрев. Вращение подставки 18 с размещенными на ней продуктами также способствует повышению качества их обработки.

Сверхвысокочастотная печь отличается тем, что в нее введен регулятор наклона отрезка волновода.

* * *

В этой главе наиболее важными являются следующие моменты:

1. При выпечке в пекарной камере происходят все виды передачи теплоты (излучение, конвекция и теплопроводность), обеспечивающие нагрев теста, испарение влаги из него и перегрев образующегося пара до температуры смеси, выходящей из этой камеры.

2. Производительность хлебопекарной печи зависит от количества хлебных изделий, находящихся на поду или в люльке, массы изделий и продолжительности процесса выпечки.

3. В процессе обжарки в первом периоде влага перемещается как наружу продукта, в виде пара и жидкости, так и к его центру, в виде жидкости, а во втором периоде – температура продукта постепенно повышается, приближаясь к температуре масла.

4. Расход теплоты в обжарочных аппаратах складывается из расходов теплоты на нагрев продукта, на испарение влаги, на нагрев сеток и доливаемого масла, на нагрев охлаждающей воды и потерь в окружающую среду.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как осуществляется процесс выпечки в трех периодах тепло- и массообмена?
2. На что расходуется затрачиваемая теплота при выпечке тестовых заготовок?
3. Какие виды хлебопекарных печей известны? Приведите их основные недостатки и преимущества.
4. Каковы основные направления повышения тепловой эффективности хлебопекарных печей?
5. Какова механика движения газов в печных агрегатах?
6. Какие выводы можно сделать из анализа основных элементов и механизмов печного агрегата?
7. Какие выводы можно сделать, сравнивая характеристики печей с каналным обогревом?
8. Каково устройство и каков принцип действия печи с комбинированным обогревом ХПА-40?
9. Что такое коэффициент рециркуляции газов и как он рассчитывается применительно к печи ПХС-25М?
10. На что расходуется электроэнергия, потребляемая печью с электрообогревом П-119М?
11. С какой целью используется оборудование для обработки поверхности мясного сырья?
12. К каким выводам приводит сравнительная характеристика опалочных и ротационных печей?
13. С какой целью используется обжарка в пищевой технологии?
14. Из каких основных статей складывается расход теплоты в обжарочных печах?
15. Какие виды обжарочных аппаратов известны и каковы их недостатки?
16. Для каких целей предназначена жаровня ПГ-150М и каков ее принцип действия?
17. Какова сравнительная характеристика аппаратов для обжаривания и жаровен?
18. Как рассчитать диаметр чана шестичанной жаровни?
19. С какой целью используется СВЧ-нагрев в пищевой технологии и каковы его преимущества?
20. Как рассчитывается удельная мощность, расходуемая на нагрев продукта с использованием энергии электрического поля?

УПРАЖНЕНИЯ

Предложите в виде эскизов Ваши решения инженерных задач, связанных с развитием конструкций:

- печей с капальным обогревом;
- печей с комбинированной системой обогрева;
- туннельных печей с канальным рециркуляционным обогревом;
- печей с электрообогревом;
- оборудования для шпарки и опаливания;
- обжарочных аппаратов, печей для запекания и жаровней;
- СВЧ-установок для обработки сырья и полуфабрикатов.

Эти решения должны предполагать совершенствование, модернизацию оборудования с целью достижения одного или нескольких следующих результатов:

- повышение производительности;
- повышение качества продукции;
- улучшение условий труда рабочего с точки зрения эргономики, техники безопасности и охраны труда;

- экономию времени на санитарное обслуживание оборудования;
- экономию времени на техническое обслуживание оборудования;
- экономию энергоресурсов;
- экономию конструкционных материалов;
- повышение технологичности конструкции с точки зрения изготовления и ремонта;
- улучшение дизайна оборудования;
- снижение себестоимости продукции другими, кроме перечисленных выше, путями.

Вместе с этими, преимущественно машиноведческими, аспектами рассмотрите возможность развития конструкций машин и аппаратов с точки зрения повышения качества самих технологических процессов, которые реализуются этим оборудованием. Речь идет об увеличении точности, устойчивости, надежности, управляемости и стабильности технологических процессов, а также о снижении их чувствительности к возмущающим факторам окружающей среды.

По результатам Вашей работы сделайте заключение о том, в какой мере Ваши предложения повышают готовность машин и аппаратов к эффективной автоматизации данных технологических процессов.



Точное логическое определение понятий –
главнейшее условие истинного знания.
СОКРАТ (469–399 до н.э.),
древнегреческий философ

Глава 19

АППАРАТЫ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ И ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Охлаждение – процесс понижения температуры пищевых сред (но не ниже криоскопической) с целью задержания биохимических процессов и развития микроорганизмов. Это один из основных способов холодильного консервирования продуктов без изменения их структурного состояния. По принципу переноса теплоты способы охлаждения подразделяются на три группы:

- путем конвекции (охлаждение в воздухе продуктов, упакованных в непроницаемые искусственные или естественные оболочки, а также в жидких средах);
- в результате фазовых превращений (интенсивное испарение части содержащейся в продукте воды при его вакуумировании);
- смешанным теплообменом (передача теплоты осуществляется конвекцией, радиацией и за счет теплообмена при испарении влаги с поверхности продукта).

Замораживание – процесс понижения температуры ниже криоскопической на 10...30 °С, сопровождаемый переходом почти всего количества содержащейся в продукте воды в лед. Способы замораживания (контактные и бесконтактные) подразделяются на четыре группы:

- замораживание в кипящем хладагенте;
- замораживание в жидкостях как промежуточных хладоносителях;
- замораживание в воздухе как промежуточном хладоносителе;
- самозамораживание (испарительное).



...только имея ясную перспективу будущего,
мы можем правильно направлять нашу работу
в настоящем.
КАПИЦА ПЕТР ЛЕОНИДОВИЧ (1894–1984),
физик, академик АН СССР

19.1 НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ОХЛАЖДЕНИЯ И ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Процесс охлаждения пищевых продуктов условно рассматривается как отвод теплоты от тела, в котором отсутствуют внутренние источники теплоты. В этом случае количество теплоты, отводимой от продукта при охлаждении Q (кДж), представляется как произведение массы продукта G (кг) на его удельную теплоемкость c_0 [кДж/(кг·К)] и на разность начальной t_1 и конечной t_2 (°С) среднесобъемных температур

$$Q = Gc_0(t_1 - t_2).$$

Практически удобно пользоваться таблицами или диаграммами энтальпий пищевых продуктов и определять отводимую теплоту как произведение массы продукта на разность начальной i_1 и конечной i_2 (кДж/кг) удельных энтальпий

$$Q = G(i_1 - i_2).$$

При охлаждении мяса, птицы, молока, рыбы, плодов и овощей в них протекают биохимические экзотермические процессы. Внутренние тепловыделения q (кДж/кг) могут составлять до 10 % для животных и до 30 % для растительных продуктов от общего количества отводимой при охлаждении теплоты.

Влияние испарения и конденсации на теплоту охлаждения учитывают в том случае, когда капельно-жидкая влага испаряется с поверхности продукта в воздух при удельной теплоте испарения r_u (кДж/кг), а пары из воздуха конденсируются на поверхности охлаждающих приборов при удельной теплоте конденсации r_k (кДж/кг), причем $r_u > r_k$. Тепловой эффект этого явления наиболее значителен, если конденсирующаяся влага замерзает, образуя так называемую «снеговую шубу». Если, охлаждаясь, испаряется G_u (кг) влаги, то относительная потеря влаги продуктом (усушка) составляет $g = G_u / G$. Тогда за счет разницы теплот конденсации и испарения охлаждающее оборудование должно будет воспринимать теплоту, которая не была отведена от продукта,

$$Gg(r_k - r_u).$$

Учитывая внутренние тепловыделения продукта и тепловой эффект испарения – конденсации при охлаждении продуктов, общее количество теплоты Q (кДж), отводимое при охлаждении продуктов в воздух, определяется как

$$Q = G[c_0(t_1 - t_2) + q + g(r_k - r_u)].$$

Теплота, отводимая от продукта при его замораживании, представляет собой расход холода на замораживание. Обычно в морозильное устройство помещается продукт, начальная температура t_1 (°C) которого выше, а конечная t_2 (°C) ниже криоскопической $t_{кр}$ (°C) в любой его точке. Этот интервал изменения температуры продукта включает в себя охлаждение его от начальной температуры до криоскопической и собственно замораживание, характеризуемое льдообразованием.

Охлаждение и льдообразование не разделяются во времени. Когда в периферийных слоях продукта уже началось льдообразование, центральные слои еще продолжают охлаждаться.

Теплота, отводимая от замораживаемого продукта, равна

$$Q = G[c_1(t_1 - t_{кр}) + r_1W\omega + c_3(t_{кр} - t_2)],$$

где c_1 – удельная теплоемкость продукта до льдообразования, кДж/(кг·K); r_1 – удельная теплота льдообразования, кДж/кг; W – относительное содержание влаги в продукте, кг/кг; ω – удельная масса вымороженной воды, кг/кг; c_3 – удельная теплоемкость замороженного продукта, кДж/(кг·K).

Сумма в прямых скобках этой формулы представляет собой теплоту, отводимую от единицы массы продукта. Первое слагаемое выражает теплоту охлаждения,

второе – теплоту льдообразования, третье – теплоту, отводимую для понижения температуры до t_2 .

Криоскопическую температуру (начала заморзания пищевого продукта) на основании уравнения Рауля для разбавленных растворов можно записать в виде

$$t_{кр} = Km_t = KG_p / (G_w / \mu),$$

где K – криоскопическая константа растворителя; m_t – молярная концентрация раствора в исходном продукте до замораживания; G_p – масса растворенных веществ, кг; G_w – общая масса воды в продукте, кг; μ – средняя молекулярная масса растворенных веществ.

При температуре ниже $t_{кр}$ происходит вымораживание воды, вследствие чего концентрацию раствора m и температуру замерзания t_3 можно представить в виде

$$t_3 = Km = KG_p / [(G_w - G_л) \mu],$$

где $G_л$ – масса льда при данной температуре, кг.

Масса вымороженной воды равна

$$\omega = 1 - (t_{кр} / t_3).$$

При $t_3 = t_{кр}$ масса вымороженной воды равна $\omega = 0$, а при эвтектической температуре t_3 , когда вся вода вымораживается, должно соблюдаться равенство $\omega = 1$.

Продолжительность процессов охлаждения и замораживания зависит от теплофизических характеристик продуктов, условий теплообмена и др.

Продолжительность охлаждения определяют путем интегрирования дифференциального уравнения теплопроводности для тел простых стереометрических форм – пластины, цилиндра и шара. Решения представляются в виде функциональных зависимостей

$$\Theta = (t_n - t_0) / (t_k - t_0) = f(Bi, F_0, \xi),$$

где Θ – относительная (безразмерная) избыточная температура; t_n, t_k – соответственно начальная и конечная температуры тела, °С; t_0 – температура охлаждающей среды, °С; t_n – начальная температура тела, °С; $Bi = (al) / \lambda$ – число Био; $F_0 = (a\tau) / l^2$ – число Фурье; $\xi = x / l$ – число геометрического подобия; f – коэффициент теплоотдачи на поверхности тела, Вт/(м²·К); l – характерный линейный размер (для пластины – половина толщины, для цилиндра и шара – радиус), м; λ – коэффициент теплопроводности продукта, Вт/(м·К); a – коэффициент температуропроводности продукта, м²/с; x – координата исследуемой точки.

Продолжительность охлаждения τ (с) рассчитывают

$$\tau = (F_0 l^2) / a.$$

Для анализа тепло- и массообмена при охлаждении пищевых продуктов используют закон регулярного теплового режима, заключающийся в том, что скорость охлаждения в любой точке охлаждаемого тела пропорциональна разности температур этой точки и охлаждающей среды

$$dt / d\tau = -m(t - t_0),$$

где t и t_0 – соответственно температура тела и среды, °С; m – темп охлаждения (зависит от формы и размеров охлаждаемого тела, его теплофизических свойств и от коэффициента теплоотдачи на поверхности тела), $с^{-1}$.

Приняв избыточные температуры как $\Theta = t - t_0$ и $\Theta_1 = t_1 - t_0$, зависимость регулярного режима можно представить в виде

$$d\Theta / dt = -m\Theta.$$

Выражение для определения длительности охлаждения после интегрирования имеет вид

$$\tau = (1/m) \ln[(t_1 - t_0)/(t - t_0)].$$

Процесс замораживания рассматривается как изотермический с удельной теплотой, равной теплоте льдообразования. Теплофизические характеристики замороженной части объекта принимаются постоянными, не зависящими от температуры, а теплоемкость замороженной части принимается равной нулю. Предполагается, что процесс замораживания происходит при постоянной температуре среды и коэффициенте теплоотдачи.

Продолжительность двустороннего замораживания плоскопараллельной пластины с учетом указанных допущений имеет следующий вид:

$$\tau = \left[r_a \rho / (t_{кр} - t_0) \right] (\delta/2) (\delta/4\lambda_3 + 1/\alpha),$$

где r_a – удельная теплота льдообразования, Дж/кг; ρ – плотность продукта, кг/м³; $t_{кр}$ – криоскопическая температура продукта, °С; t_0 – температура теплоотводящей среды, °С; δ – толщина пластины, м; λ_3 – коэффициент теплопроводности замороженного продукта, Вт/(м·К); α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К).



Человек, по – настоящему мыслящий, черпает из своих ошибок не меньше познания, чем из своих успехов.
ДЬЮИ ДЖОН (1859-1952),
американский философ

19.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

В основу классификации аппаратов для охлаждения и замораживания пищевых сред положены следующие признаки: назначение цикла холодильной установки, способы получения холода, число ступеней охлаждения, вид и число рабочих веществ, температурный уровень охлаждения, полезная холодопроизводительность и др.

Представленная на рис. 19.1 система и классификация используют наиболее существенный технологический признак холодильной обработки пищевых продуктов, который во многом определяет их качество.

Обычно охладительные установки и охладители классифицируют на: непрерывного и периодического действия, открытые и закрытые, плоские и круглые, трубчатые и пластинчатые, однорядные и многорядные (пакетные), односекционные и многосекционные, прямоточные и противоточные. Среди аппаратов для охлаждения пищевых сред наибольшее распространение получили охладители открытого (оросительные и резервуарные) и закрытого (трубчатые и пластинчатые) типов.

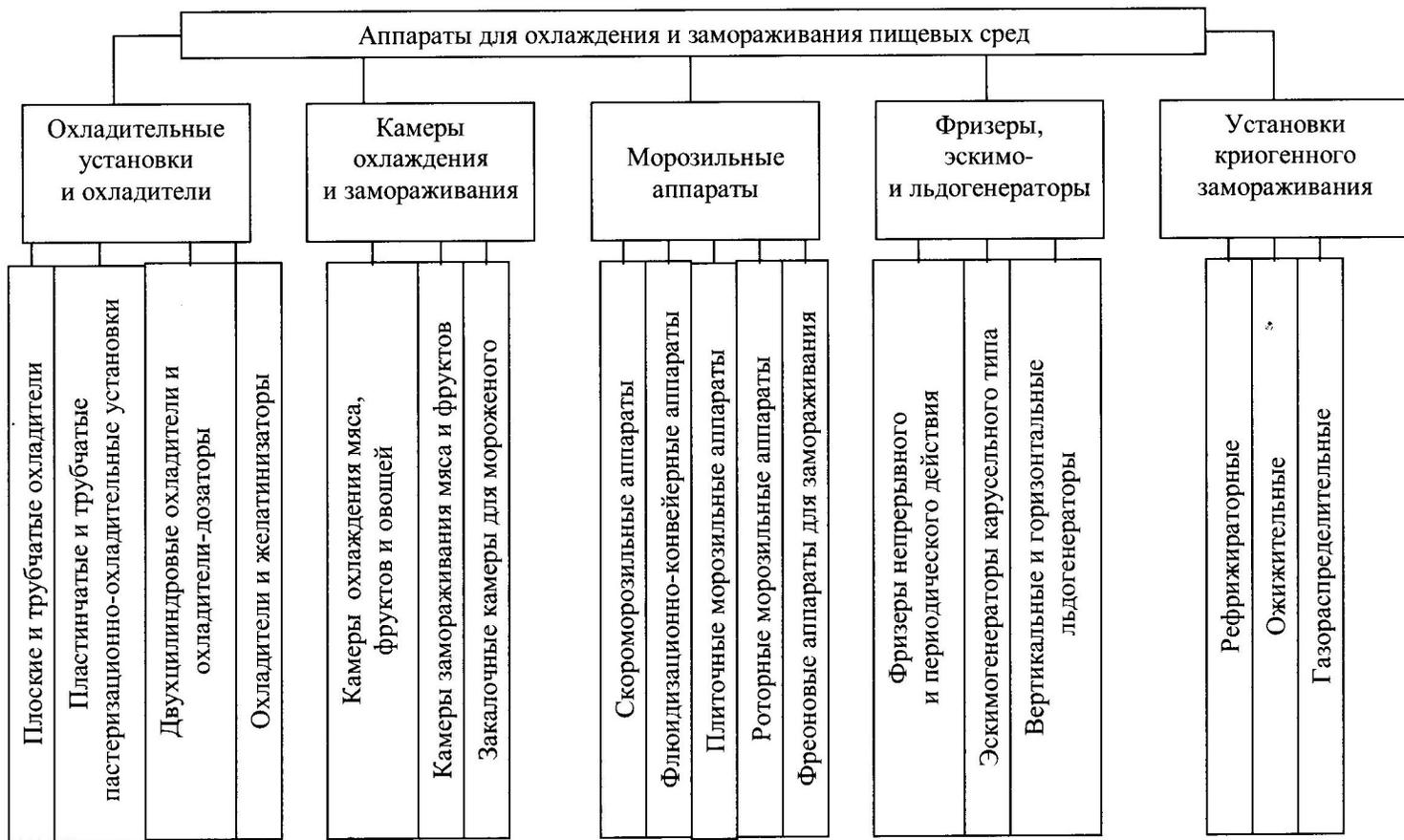


Рис. 19.1 Классификация аппаратов для охлаждения и замораживания пищевых сред

Для охлаждения мяса, мясопродуктов, птицы, рыбы, масла, сыра, фруктов и овощей используются камеры или туннели. Камеры охлаждения могут быть циклического (периодического) или непрерывного действия. Они представляют собой теплоизолированные помещения, оборудованные подвесными конвейерами, приборами охлаждения и системами воздухораспределения. Туннели представляют собой теплоизолированные помещения, по ширине которых вдоль туннеля расположены три (четыре) подвесных пути, а воздух охлаждают с помощью воздухоохладителей различного типа.

Камеры замораживания могут быть с естественной и принудительной циркуляцией воздуха, тупиковыми и проходными, периодического и непрерывного действия. Они оснащаются подвесными путями или сточными поддонами. В камерах с естественной циркуляцией устанавливают пристенные и потолочные охлаждающие батареи, а с принудительной циркуляцией воздуха – воздухоохладители и специальные системы воздухораспределения.

Морозильные аппараты бывают воздушными, плиточными и контактными. Воздушные морозильные аппараты представляют собой теплоизолированные туннели, внутри которых размещены охлаждающие батареи, вентиляторы и транспортирующие средства. Плиточные морозильные аппараты предназначены для замораживания упакованных продуктов (рыбного филе, мяса в блоках, плодоовощных наборов и др.) и имеют систему непосредственного охлаждения. Замораживание в контактных аппаратах проводят методом орошения или погружения.

Фризеры бывают периодического и непрерывного действия, а эскимогенераторы - карусельного типа. Льдогенераторы служат для приготовления снежного и чешуйчатого льда, причем снежный лед получают в льдогенераторах вертикального и горизонтального типов.

По назначению различают бытовые холодильники, морозильники и холодильники-морозильники. В зависимости от способа получения холода бытовые холодильники могут быть компрессионными, абсорбционными и термоэлектрическими. В зависимости от способа их установки – напольными, типа шкафа, напольными типа стола и блочно-встраиваемыми. В зависимости от числа камер – одно-, двух- и трехкамерными.

Установки криогенного замораживания подразделяют на рефрижераторные, ожигительные и газоразделительные. Рефрижераторные установки предназначены для охлаждения и термостатирования, ожигительные – для перевода вещества в жидкое состояние, а газоразделительные – для разделения газовых смесей на составные компоненты.



Работать надо, прежде всего, над такими темами, которые лежат на столбовом пути развития современной науки и техники.
*КИРИЛЛИН ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ (1913-1999),
ученый в области энергетики и теплофизики,
академик АН СССР*

19.3 ОХЛАДИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ОХЛАДИТЕЛИ

Плоские оросительные охладители типа Г2-ООА-1 (рис. 19.2) предназначены для охлаждения молока, сливок и других жидких молочных продуктов.

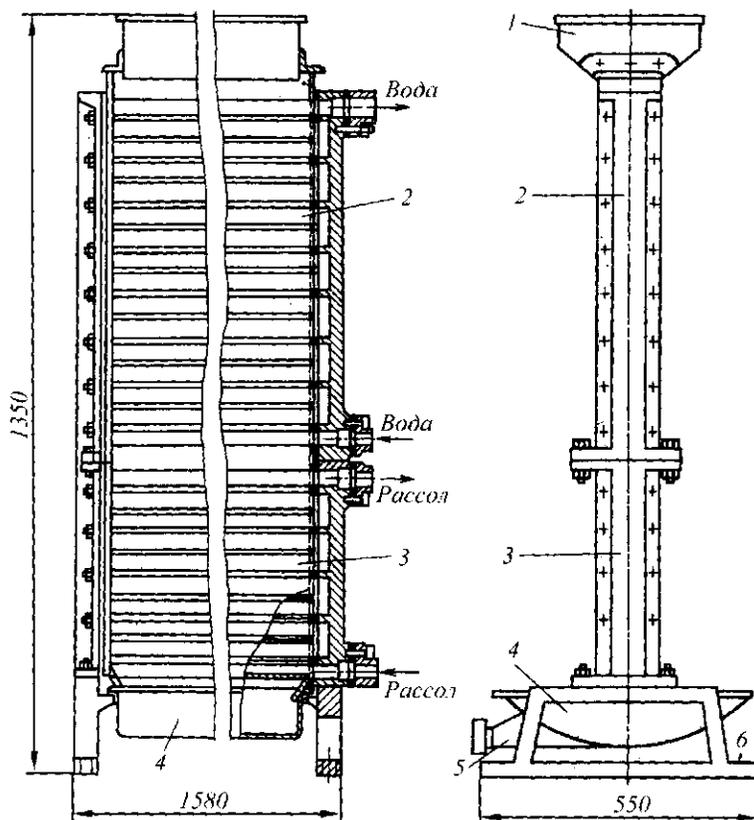


Рис. 19.2 Оросительный охладитель Г2-00А-1

Оросительный охладитель состоит из верхней 2 и нижней 3 секций, собранных из теплообменных труб. По бокам расположены герметически скрепленные с трубной решеткой коллекторы. Эти коллекторы распределяют поток воды и рассола последовательно по каждой трубе. В верхней части охладителя находится корытообразный приемник 1 для присама горячего молока и распределения его тонким слоем по наружной поверхности теплообменных труб. В нижней части расположен приемник 4 для сбора охлажденного молока, установленный на кронштейне 6.

Оросительные охладители устанавливают строго по уровню как в горизонтальной, так и вертикальной плоскостях. В случае установки не по уровню молоко будет стекать к одному из коллекторов с одной стороны трубчатой поверхности, а другая сторона будет недогружена. При отсутствии компрессорных холодильных установок патрубки для входа воды и выхода рассола соединяют между собой муфтой и в нижнюю секцию вместо рассола подают охлажденную воду, которая проходит через обе секции.

Охладитель монтируют на фундаменте так, чтобы под сливной патрубком 5 нижнего приемника можно было поставить промежуточную ванну с насосом.

Охлаждаемый продукт поступает в верхний приемник 1, откуда стекает по поверхности труб в нижний приемник 4, охлаждая по пути в результате теплопередачи от воды и рассола, протекающих внутри труб.

Техническая характеристика оросительного охладителя Г2-ООА-1

Производительность, л/ч.....	1000
Площадь поверхности охлаждения, м ²	4,9
Диаметр труб водяной секции, мм.....	38/35
Число труб водяной секции.....	18
Число труб рассольной секции.....	10
Габаритные размеры, мм.....	1350×550×1580
Масса, кг.....	112

Трубчатый охладитель П8-ОУВ/2 (рис. 19.3) предназначен для охлаждения молока в закрытом потоке после секции пастеризации или секции регенерации пластинчатых теплообменников, или после трубчатых пастеризаторов.

Установка состоит из верхнего 1 и нижнего 2 цилиндров, смонтированных один над другим на общей раме 3. По конструкции цилиндры не отличаются от цилиндров трубчатых пастеризаторов. Разница в том, что вместо теплоносителя подается хладоноситель: в нижнем цилиндре хладоносителем служит холодная вода, в верхнем – рассол. Молоко последовательно проходит через все трубки нижнего цилиндра, затем верхнего.

Техническая характеристика трубчатого охладителя П8-ОУВ/2

Производительность, л/ч.....	3000
Габаритные размеры, мм.....	1500×500×1200
Масса, кг.....	230

Пластинчатая охладительная установка АОЗ-У6 (рис. 19.4) предназначена для охлаждения сусла перед брожением и пива перед розливом. Установка состоит из собственно охладителя 1, пульта управления 2, регулирующего клапана 5 на рассольном трубопроводе и теплопередающих пластин 3, изготовленных из нержавеющей стали.

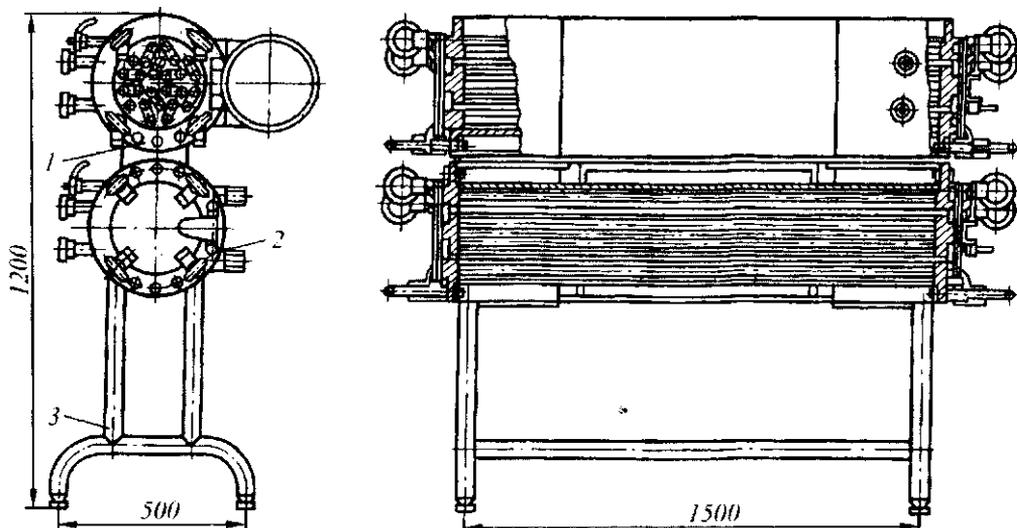


Рис. 19.3 Трубчатый охладитель П8-ОУВ/2

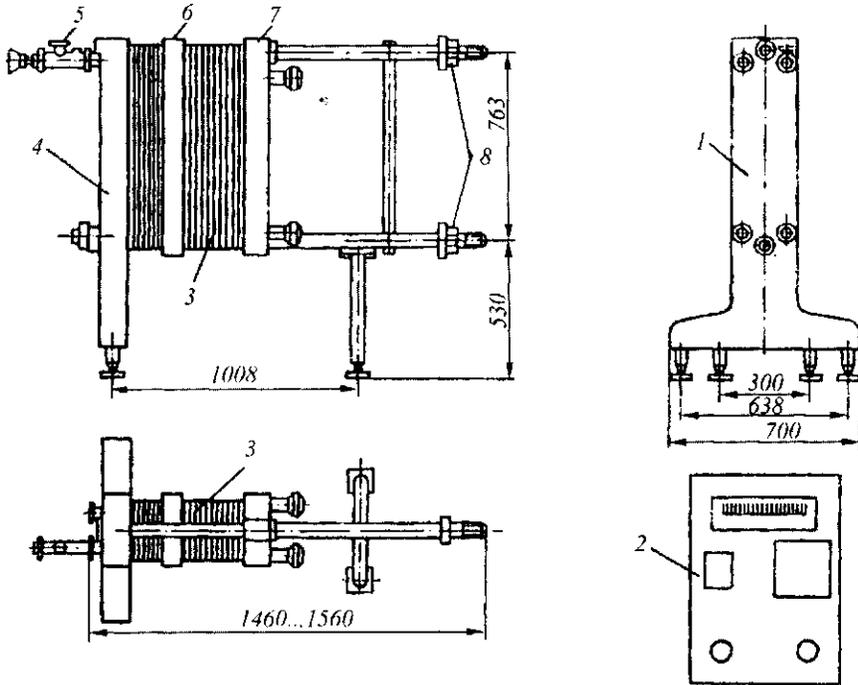


Рис. 19.4 Пластинчато-охладительная установка АОЗ-У6

Часть теплообменника, охлаждаемая одним теплоносителем и состоящая из одного или нескольких пакетов, представляет собой секцию. Пластины разбиты на две секции, отделенные одна от другой специальной плитой 6. В зависимости от наличия и расположения сквозных отверстий на углах пластин в секциях создаются пакеты и расположения с сквозными отверстиями на углах пластин в секциях создаются пакеты и расположения с одним направлением потока жидкости. Пластины прижимаются к стойке 4 с помощью нажимной плиты 7 и нажимных устройств 8 на направляющих.

Горячее сусло из отстойного аппарата насосом нагнетается в первую секцию, где охлаждается холодной водой с 70 до 25 °С. Из секции водяного охлаждения сусло поступает во вторую секцию, где охлаждается рассолом до 6...7 °С и выводится из аппарата. Сусло движется двумя параллельными потоками между стойкой и пластинами. Охлаждающая жидкость двумя параллельными потоками движется навстречу суслу между пластинами. Если за один проход между пластинами сусло не успевает охладиться до определенной температуры, то его пропускают через следующую группу пластин этого же теплообменника.

На рис. 19.5 показаны в разрезе две пластины, между которыми образуется зигзагообразный канал для жидкости. Пластина в верхней и нижней частях имеет 4 отверстия, которые в собранном виде образуют каналы для притока и отвода теплообменивающейся жидкости. Полукруглые вырезы вверху и внизу пластины служат для установки пластин на станине.

Уплотнение пластин создается резиновыми прокладками, приклеенными по периферии пластин и вокруг отверстий для прохода жидкостей. Пластины П-1 используются для теплообменников производительностью до 5,0 м³/ч, пластины П-2 – до 10,0 м³/ч, пластины П-3 – для более высокой производительности.

Техническая характеристика пластинчатых охлаждающих установок

Показатель	АОЗ-У6	ОО1-У10	ООУ-25
Производительность, л/ч.....	6000	10 000	25 000
Расход воды, м ³ /ч.....	18,0	20	50
Расход рассола, м ³ /ч.....	18,0	30,0	50
Габаритные размеры, мм.....	1900×700×1200	1950×700×1200	2000×800×1530
Масса, кг.....	670	650	1200

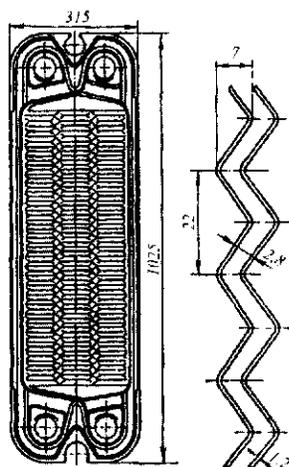


Рис. 19.5 Пластины

Техническая характеристика пластин теплообменников

Показатель	П-1	П-2	П-3
Площадь рабочей поверхности, м ²	0,145	0,198	0,43
Число волн на пластине.....	22	29	38
Шаг волны, мм.....	23	22,5	22,5
Глубина волны, мм.....	7	7	7
Зазор между пластинами, мм.....	2,8	2,8	2,8
Ширина потока, мм.....	270	270	270
Диаметр угловых отверстий, мм.....	67	67	67
Габаритные размеры, мм	800×225×1,2	1025×315×1,2	1170×416×1,2

Установка пластинчатая охладительная А1-ООЛ-1,25 (рис. 19.6) предназначена для быстрого тонкого охлаждения смесей мороженого в закрытом потоке после пастеризации, осуществляемой в емкостных аппаратах. Установка смонтирована на станине 1, установленной на нбжке 7. Состоит из секций рассольного 2 и водяного 4 охлаждений, в которых закреплены теплообменные пластины 8 с помощью зажимных устройств 6, а также разделительной 3 и напольной 5 плит. Установка снабжена пультом управления 10, в состав которого входит термометр сопротивлений 9, регулирующий клапан 11, вентиль запорный муфтовый 12, манометр 13 и исполнительный механизм 14.

После смешивания компонентов пастеризации в емкостном аппарате, фильтрации и гомогенизации смесь мороженого температурой 80...86 °С подается в пластинчатый охладитель, где охлаждается двухступенчато – холодной водой и рассолом.

Техническая характеристика А1-ООЛ-1,25

Производительность, л/ч.....	1250
Температура, °С:	
на входе в аппарат.....	80...86
на выходе из аппарата.....	6...10
воды.....	12
рассола.....	-5...-7
Давление, МПа:	
хладоносителя.....	0,3
рабочее в аппарате.....	0,3
Кратность хладоносителя.....	4
Площадь поверхности теплообмена пластины, м ²	0,2
Число пластин, шт.	40
Потребление:	
холода, кВт·ч.....	24
воды, м ³ /ч.....	1,75
Занимаемая площадь, м ²	1,8
Габаритные размеры, мм.....	1449×1300×1600
Масса, кг.....	700

Шнековые охладители. Обезжиренную и высушенную шквару охлаждают от начальной температуры около 100 °С до конечной 30...40 °С в шнековом охладителе (рис. 19.7, а), состоящем из U-образного корпуса 3, снабженного рубашкой, в которую через патрубки 9 подают холодную воду. Сверху корпус закрыт крышкой с патрубком 10, через который отводят соковые пары.

Внутри корпуса вращается шнек 2, витки которого приварены к трубе. Внутри трубы через узел 11 подают и отводят охлажденную воду. Шнек приводится во вращение от электродвигателя 6 мощностью 1,7 кВт через клиноременную передачу 7 и червячный редуктор 5. Внешний диаметр шнека 352 мм при высоте витка 26,5 мм.

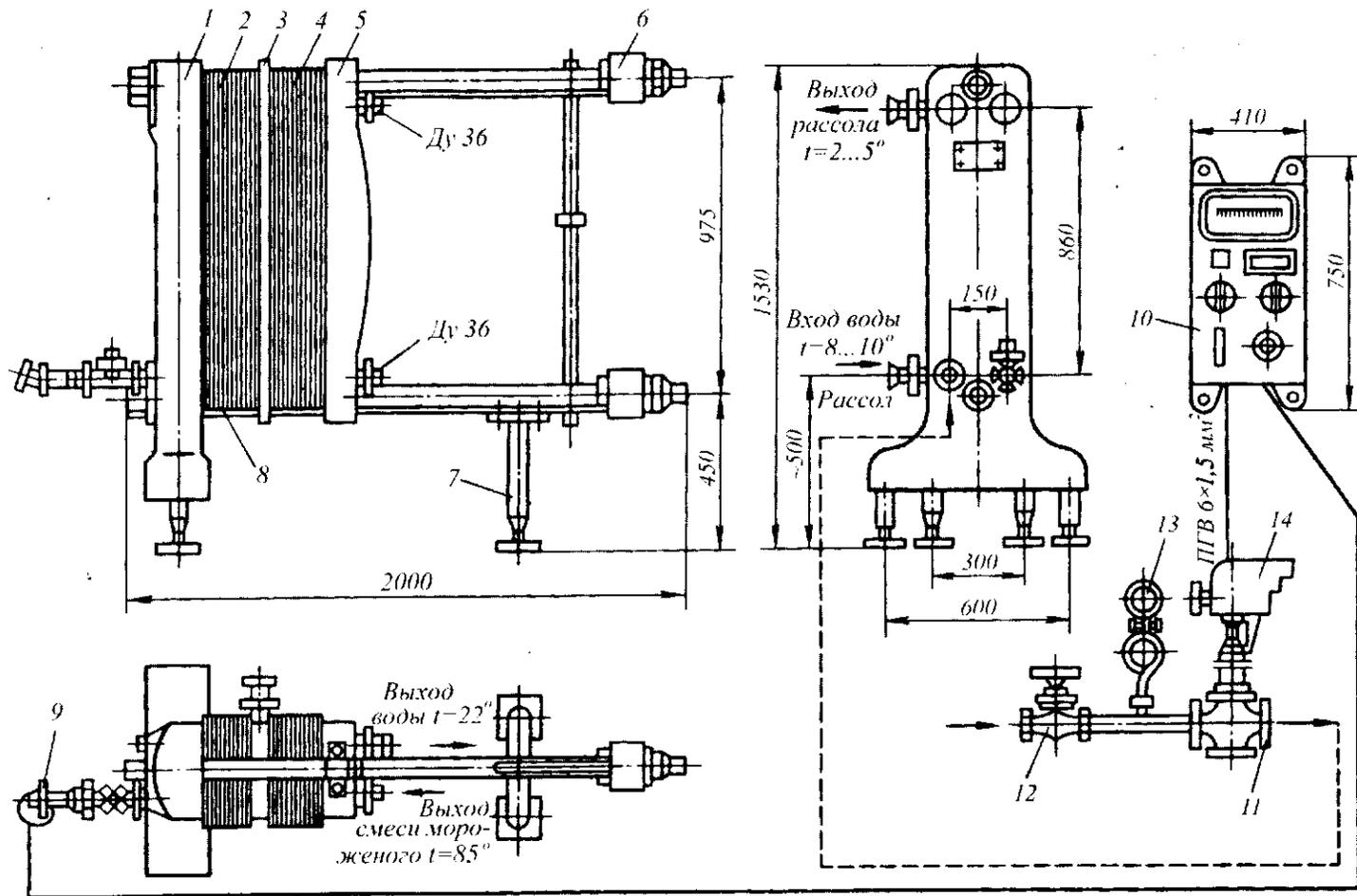


Рис. 19.6 Установка пластинчатая охладительная А1-ООЛ-1,25

Шквару загружают через горловину 1, и она транспортируется шнеком навстречу движению холодной воды. Производительность охладителя до 500 кг/ч при частоте вращения шнека $0,05 \text{ с}^{-1}$.

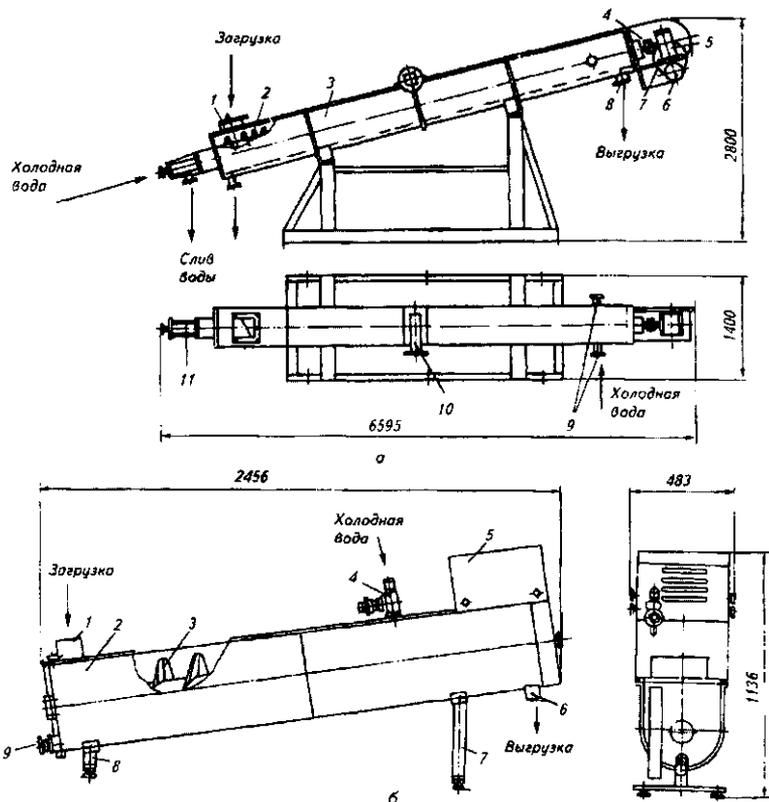


Рис. 19.7 Шнековые охладители:
а – для шквары; б – для потрохов птицы

Шнековый охладитель для потрохов птицы показан на рис. 19.7, б. Охлаждение в нем происходит при прямом контакте продукта и холодной воды. Это допустимо при охлаждении таких продуктов, как печень, сердце, желудок и шеи птицы, качество которых не ухудшается при контакте с водой. Продукт загружают в горловину загрузки 1, и он шнеком 3 транспортируется вдоль наклонно установленного корпуса 2. Навстречу продукту движется вода температурой 1°C , которая подается через вентиль 4, и ороситель, находящийся в корпусе. Время охлаждения продукта до 4°C составляет 15 мин. Уровень воды в аппарате устанавливается переливным отверстием, а полный слив осуществляют при отвинчивании пробки 9.

Производительность охладителя до 250 кг/ч, мощность привода шнека 0,25 кВт, объемный расход холодной воды $0,9 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Установка трубчатая пастеризационно-охладительная ТПУ-2,5М (рис.19.8) предназначена для пастеризации и охлаждения молока и других молочных продук-

тов. Основной элемент установки – цилиндрический трубчатый теплообменный аппарат, обогреваемый паром, состоящий из цилиндра 1, трубных решеток 2, пастеризационных трубок 3 и вытеснителей 9. Цилиндр заключен в облицовочный кожух 5 и снабжен изоляцией 4. В торцевых частях аппарата установлены крышки 6, которые прижимают уплотнительные прокладки 11 рычагом 7 и шайбой 8. В верхней части установки смонтирован кран 10 для спуска воздуха. Конструктивно установка состоит из четырех секций – трубчатых теплообменников, которые попарно укреплены на стойках.

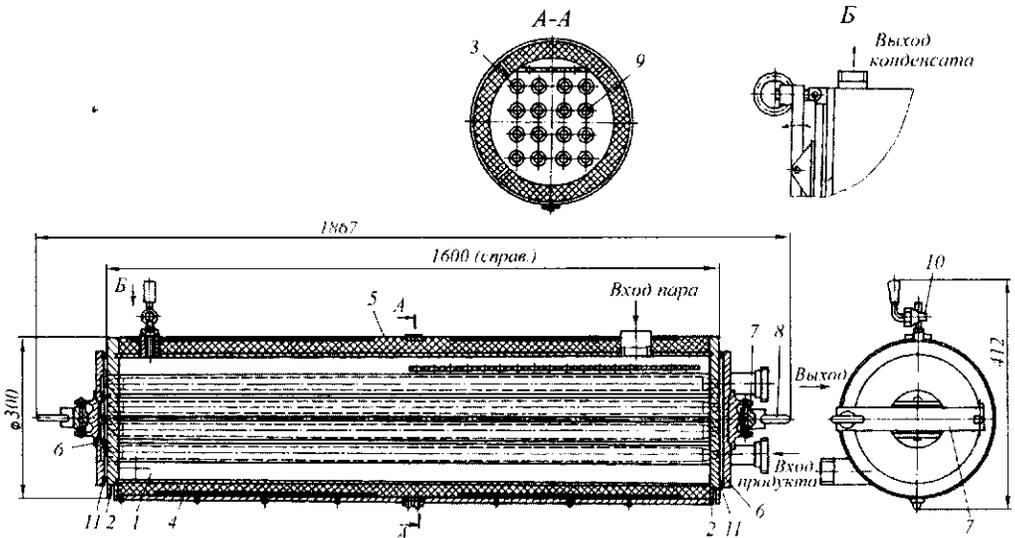


Рис. 19.8 Установка трубчатая пастеризационно-охлаждающая ТПУ-2,5М

Техническая характеристика установки ТПУ-2,5М

Производительность по молоку, л/ч	3000
Температура, °С:	
пастеризации	85...90
охлаждения	5
Коэффициент регенерации	0,6
Кратность охлаждающей воды	3...4
Потребная масса пара на 1 т молока, кг	60...75
Потребляемая электроэнергия, кВт·ч	1,4
Занимаемая площадь, м ²	7,2
Масса, кг	900

Охладитель творога двухцилиндровый 209-ОТД-1 (рис.19.9) представляет собой станину 6, на которой смонтирован привод 7 общего бункера 2. К станине и бункеру с одной стороны крепятся два цилиндра 3, представляющие собой двухстенный корпус, в межстенном пространстве которого протекает хладагент, с другой смонтированы приводы барабанов 1, состоящие из полых валов, вращающихся в корпусах на роликовых конических подшипниках. Сзади приводов на станине смонтированы узлы подвода и отвода воды из барабанов, имеющие специальные сальниковые устройства, исключающие попадание воды в продукт.

Внутри цилиндров расположены вытеснительные барабаны 4 со шнековой поверхностью. Барабаны представляют собой двухстенный корпус, в межстенном пространстве которого протекает хладагент. Хвостовики барабанов проходят через полые валы приводов и крепятся к узлам подвода и отвода воды специальными гайками. Вторые концы вытеснительных барабанов своими пальцами входят в подшипники крышек цилиндров 5.

Техническая характеристика охладителя творога двухцилиндрового 209-ОТД-1

Производительность, кг/ч	780
Площадь поверхности охлаждения, м ²	3,7
Частота вращения вытеснительных барабанов, с ⁻¹	0,49
Температура творога, °С:	
на выходе в охладитель	28...30
на выходе из охладителя	8...10
Хладагент	вода
Температура хладагента на входе в охладитель, °С	1
Расход хладагента, м ³ /ч	9
Потребляемая электроэнергия, кВт·ч	4
Габаритные размеры, мм	2060×970×1700
Масса, кг	750

Подвод воды в цилиндры осуществляется через вентиль, отвод воды – через патрубок.

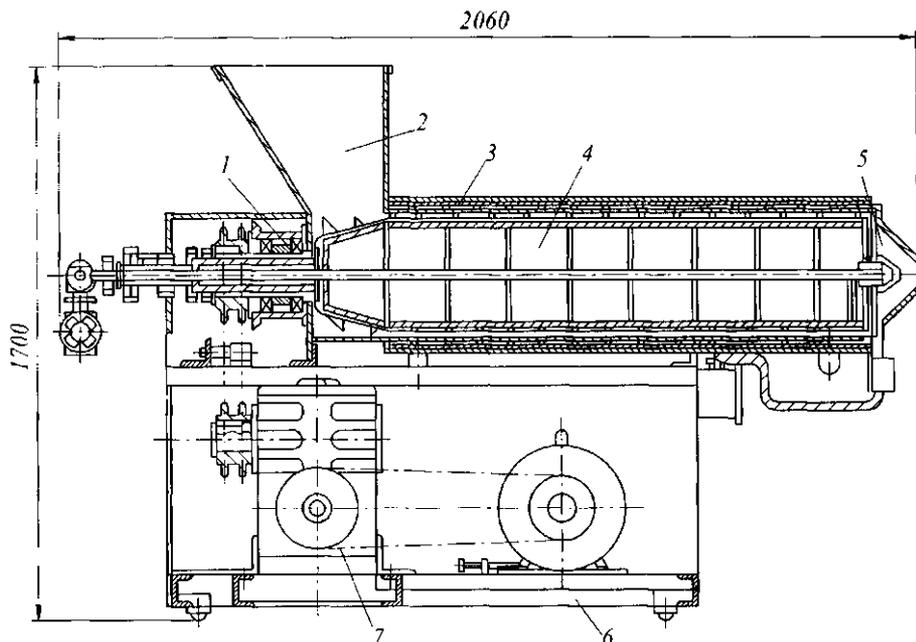


Рис. 19.9 Охладитель творога двухцилиндровый 209-ОТД-1

Подвод воды в вытеснительные барабаны осуществляется через вентиль, отвод-через отверстие тройника.

Творог в транспортной тележке поднимается подъемником-загрузчиком и опрокидывается в бункер охладителя 2. От электродвигателя через ремennую передачу, редуктор, цепную передачу вращение передается полым валам приводов барабанов. Валы через шпонку передают вращение вытеснительным барабанам 4.

Конусная часть шнековых барабанов забирает из бункера творог и перемещает его в цилиндрическую часть, где он охлаждается поверхностями цилиндра и барабана, в межстенном пространстве которых протекает вода в направлении, противоположном движению творога.

Охладитель-дозатор А1-ФЛВ/3 (рис. 19.10) применяют для охлаждения и дозирования кровяной сыворотки, пищевого рассола и воды.

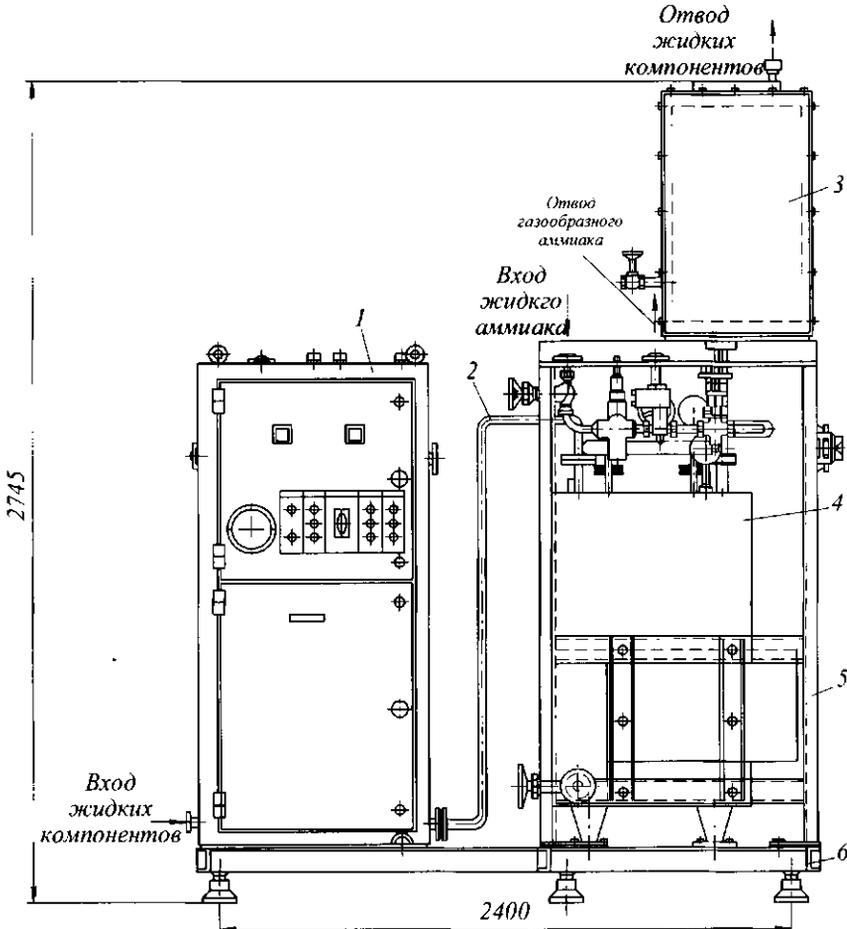


Рис. 19.10 Охладитель-дозатор А1-ФЛВ/3

Охладитель состоит из бака, внутри которого установлены по две секции аммиачного испарителя, распределителя аммиака, сборника аммиака и маслособирателя. Емкость бака составляет $0,55 \text{ м}^3$. Дозировочное устройство 3 состоит из насоса-дозатора, установленного внутри сварного каркаса 5. Охладитель 4 и щит управле-

ния 1 смонтированы на раме 6 и соединены трубопроводом 2, а дозировочное устройство установлено на каркасе 5. Расход хладоносителя для охлаждения кровяной сыворотки равен 0,2 м³/ч. Установленная мощность электродвигателей насоса-дозатора и мешалки в сумме составляет 1,5 кВт.

Техническая характеристика охладителя-дозатора А1-ФЛВ/3

Вместимость бака, м ³	0,55
Расход хладоносителя, м ³ /ч	0,2
Установленная мощность электродвигателей, кВт	1,5
Габаритные размеры, мм	2400×1610×2745

Охладитель жира Д5-ФОП (рис. 19.11) представляет собой теплообменный агрегат, состоящий из двух теплообменников 4 и 6, смонтированных на станине 1 привода 2, трубопроводов с арматурой 7, хладоносителя, разливного трубопровода 9. В качестве хладоносителя применяют воду и рассол.

Из жиросборной емкости по цеховому трубопроводу жир поступает к насосу, приводимому в действие от электродвигателя с помощью клиноременной передачи, и через трубопровод 5 направляется последовательно в первый, а затем во второй теплообменники 4 и 6. Теплообменники состоят из цилиндров изоляции и охлаждения, вытеснительных барабанов и торцов крышек. Радиальный зазор между цилиндрами – винтовой канал прямоугольного сечения, равного сечению трубопровода хладоносителя. Вытеснительные барабаны и многоконтактные скребковые устройства при вращении барабанов благодаря центробежной силе прижимаются к поверхности цилиндра охлаждения и снимают слой жира. Перемешиваясь с остальной массой, жир охлаждается и выгружается через патрубки 3 и 8.

Аналогичное назначение имеет охладитель Д5-ФОЖ.

Техническая характеристика охладителей жира приведены в табл. 19.1.

Таблица 19.1 Техническая характеристика охладителей жира

Показатель	Д5-ФОП	Д5-ФОЖ
Производительность при охлаждении жира (температура хладоносителя не более 10 °С), кг/ч:		
свиного	1700±100	1350
говяжьего	1000±100	1500
Температура, °С		
начальная	96	75...76
конечная:		
для свиного жира	35±1	35...36
для говяжьего жира	40±1	41...43
Расход хладоносителя, м ³ /ч	4,0	1,1...1,5
Площадь поверхности охлаждения, м ²	1,96	1,2
Установленная мощность, кВт	2,7	1,5
Габаритные размеры, мм	1700×900×1500	1470×560×1350
Масса, кг	650	326

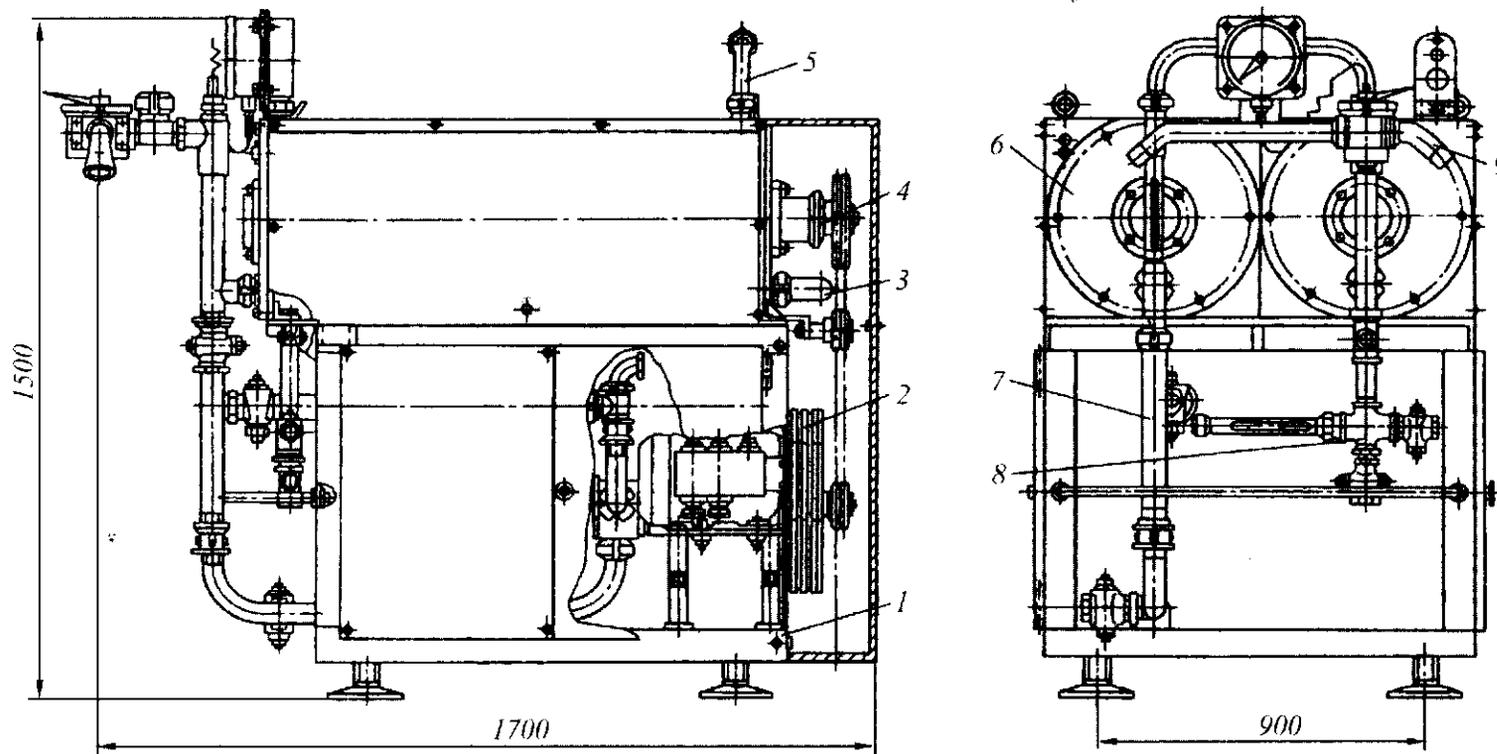


Рис. 19.11 Охладитель жира Д5-ФО11

Желатинизация – процесс перехода бульонов из состояния золя в состояние геля (застудневание). При застудневании частицы желатина, растворенные в бульоне, образуют трехмерную сетку, в которой они соединены локальными связями. Температура и скорость застудневания бульонов зависит от их концентрации. Чем ближе величина pH бульона к изоэлектрической точке желатина, тем быстрее идет застудневание.

Желатинизатор (рис. 19.12) представляет собой охлаждающий барабан 1, корпус которого выполнен из высококачественной стали с приводом 2. Наружная поверхность барабана тонко отшлифована, а внутренняя имеет черное двуслойное покрытие.

Барабан желатинизатора заполняют циркулирующим рассолом через сквозной вал, приспособленный для заполнения и отвода рассола температурой $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура бульона не должна превышать $45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Только при достижении этих значений желатиновый бульон подают в приемник 5 желатинизатора до определенного уровня 6, который зависит от концентрации бульона и прочности галлерты (пленка снимаемого студня). Барабан желатинизатора наружной поверхностью захватывает слой бульона и при вращении желатинизирует его на холодной поверхности. Диаметр барабана при длине 700 мм равен 1600 мм. На другом конце барабана расположен съемный валик 4, который отделяет слой галлерты от охлаждающего барабана 1 устройством для резания 3.

Толщину снимаемой галлерты регулируют на 2...3 мм. При увеличении толщины пленки необходимо снизить уровень бульона в приемнике и повысить температуру бульона до $45\text{...}50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

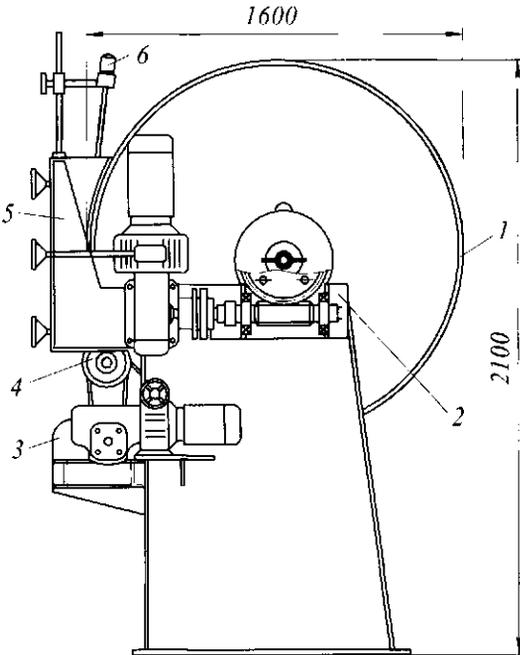


Рис. 19.12 Желатинизатор

Техническая характеристика желатинизатора

Производительность, кг/ч.....	500
Частота вращения барабана, с^{-1}	0,8
Диаметр барабана, мм.....	1600
Расход рассола, $\text{м}^3/\text{ч}$	2,3
Давление в системе, МПа.....	0,05
Габаритные размеры, мм.....	1600×800×2100

Инженерные расчеты. Производительность установок для охлаждения продуктов Π (кг/с) рассчитывается по формуле

$$\Pi = kF\Delta t_{\text{ср}} / [c(t_1 - t_2)],$$

где k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К); F – площадь поверхности теплопередачи, м²; Δt_{cp} – средняя разность между температурами продукта и теплоносителя, К; c – удельная теплоемкость продукта, Дж/(кг·К); t_1 и t_2 – температура продукта в начале охлаждения и в конце, К.

Коэффициент теплоотдачи k определяют без учета термического сопротивления стенки

$$k = 1 / \left[(1 / \alpha_1) + (1 / \alpha_2) \right],$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи от продукта к стенке и от стенки к жидкости на ее поверхности, Вт/(м²·К).

Коэффициент теплоотдачи может определяться из критериального уравнения

$$Nu = 13,1 Re^{0,44} Pr^{0,33} (\mu / \mu_{cm})^{0,14} (d/D)^{0,35},$$

$$Nu = (\alpha D) / \lambda,$$

$$Re = (vD) / \eta = \pi D n D / (\mu / \rho) = \pi r n D^2 / \mu,$$

$$Pr = (\eta c \rho) / \lambda,$$

где Nu – число Нуссельта; Re – число Рейнольдса; Pr – число Прандтля; μ – динамическая вязкость, Па·с; d – диаметр барабана, м; D – внутренний диаметр греющего цилиндра, м; α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); v – окружная скорость скребка, м/с; η – кинематическая вязкость, м²/с; n – частота вращения турбулизатора, с⁻¹; ρ – плотность продукта, кг/м³; c – удельная теплоемкость продукта, Дж/(кг·К).

Для нормальной работы пластинчатого охладителя рассчитывают площадь поверхности теплопередачи, число каналов в одном пакете, число пластин в теплообменнике и основные его размеры.

Площадь поперечного сечения пакета $f_{пак}$ (м²) равна

$$f_{пак} = V/v,$$

где V – объемный расход рабочей среды, м³/с; v – скорость ее движения, м/с.

Число параллельных каналов m равно

$$m = f_{пак} / f_1,$$

где f_1 – межпластинчатое сечение одного канала, м².

Число пластин в пакете n равно

$$n = 2m.$$

Площадь поверхности теплопередачи одного пакета $F_{пак}$ (м²)

$$F_{пак} = f_{пл} n,$$

где $f_{пл}$ – площадь поверхности теплопередачи одной пластины, м².

Зная площадь поверхности теплопередачи аппарата F (м²) из теплового расчета, определяем число пакетов z в теплообменнике

$$z = F / F_{\text{нак}}.$$

Общее число пластин в теплообменнике $n_{\text{общ}}$

$$n_{\text{общ}} = (F + 2f_{\text{пл}}) / f_{\text{пл}}.$$

Для определения диаметра патрубка d_n (м) вычисляют объемный расход жидкого продукта V (м³/с):

$$V = G / \rho,$$

где G – расход жидкого продукта, кг/с; ρ – плотность жидкости, кг/м³.

Пропускная способность охладителя закрытого одноцилиндрового G (кг/с) определяется как

$$G = \pi S n \varphi \xi \rho (R_2^2 - R_1^2),$$

где S – шаг шнека, м; n – частота вращения шнека, с⁻¹; φ – коэффициент уменьшения площади свободного прохода; ξ – коэффициент объемного перемещения ($\xi = 0,3 \dots 0,4$); ρ – плотность продукта, кг/м³; R_2 – внутренний радиус рабочего цилиндра, м; R_1 – наружный радиус вытеснительного барабана, м.

$$\varphi = 1 - [b / \pi (R_2 - R_1) \cos \psi],$$

где b – толщина витка шнека, м; ψ – среднее значение угла подъема витков шнека, град.

Расход холода на охлаждение продуктов Φ (Вт) рассчитывают в виде

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3,$$

где Φ_1 – количество холода, необходимое для охлаждения продукта, Вт; Φ_2 – количество холода, необходимое для компенсации тепла, выделяемого в результате механического воздействия (на творог для закрытых охладителей), Вт; Φ_3 – теплопотери, Вт.

$$\Phi_1 = Gc(t_1 - t_2),$$

где t_1, t_2 – начальная и конечная температура продукта, К.

$$\Phi_2 = AN,$$

где A – тепловой эквивалент работы ($A = 0,981$ Н·м/Дж); N – мощность, расходуемая на нагрев продукта при его перемешивании, Вт.

Если потери тепла в окружающую среду учесть коэффициентом тепловых потерь $\eta_m = 1,1 \dots 1,2$, тогда

$$\Phi = (\Phi_1 + \Phi_2) \eta_m.$$

Расход хладоносителя G_x (кг/с) определяют по формуле

$$G_x = \Phi c_x (t_{x_2} - t_{x_1}),$$

где c_x – теплоемкость хладоносителя, Дж/(кг·К); t_{x_1}, t_{x_2} – начальная и конечная температура хладоносителя, К.



Не замыкайся в узких рамках одной выбранной специальности. Врачу и агроному сегодняшнего дня зачастую не только полезно, но и необходимо наряду с глубоким знанием своей специальности иметь минимум знаний и по электротехнике и по астрономии. Магематику и физику очень может помочь в работе знание ботаники или геологических наук. Я уже не говорю о знании общественных наук, которое необходимо для всех без исключения, без которого нельзя представить себе человека нашего времени.

ЗЕЛИНСКИЙ НИКОЛАЙ ДМИТРИЕВИЧ (1861–1953)
химик-органик, академик АН СССР

19.4 КАМЕРЫ ОХЛАЖДЕНИЯ И ЗАМОРАЖИВАНИЯ

Охлаждение мяса и мясопродуктов в воздухе можно осуществить как одностадийным способом (при постоянном режиме в течение всего процесса охлаждения 30...36 ч при температуре воздуха около 0 °С, относительной его влажности 87...97 % и скорости его движения 0,15...0,25 м/с), так и двух- и трехстадийными способами, когда каждая стадия процесса отличается по параметрам теплоотводящей среды (на первой стадии процесса температура охлаждающего воздуха не ниже –8 °С при создании скорости его движения 1,0...2,0 м/с при продолжительности процесса охлаждения 7...10 ч).

Технология замораживания мяса предусматривает два способа: двухфазный, когда замораживается предварительно охлажденное мясо, и однофазный, когда замораживается парное, неостывшее мясо. В аппаратах интенсивного замораживания температура воздуха поддерживается –30...–40 °С при скорости его движения около полутуши 2,0...3,0 м/с. Продолжительность замораживания в таких условиях составляет 16...24 ч, при усушке – 1,5 %.

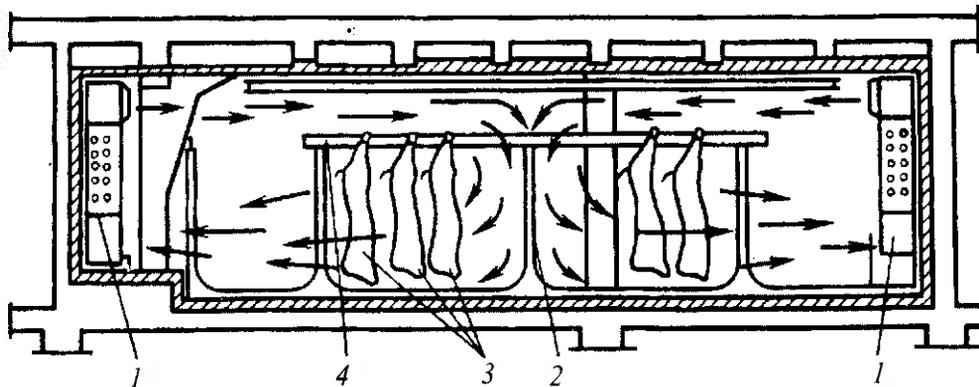
Камеры охлаждения (рис. 19.13) с поперечным движением воздуха или с дутьем воздуха сверху вниз предназначены для охлаждения мяса и могут быть циклического (периодического) или непрерывного действия. Вместимость камер циклического действия рассчитывают не более чем на полусменную производительность цеха первичной переработки скота, а непрерывного – на всю выработку мяса в смену.

Камера охлаждения с поперечным движением воздуха (рис. 19.13, а) состоит из воздухоохладителя 1, перегородок 2, охлаждаемых полутуш мяса 3, перемещаемых с помощью подвешенного пути 4 (стрелки показывают направление движения воздуха). Камера охлаждения с подачей воздуха сверху вниз (рис. 19.13, б) включает в себя воздухоохладитель 1, вентилятор 2, ложный потолок 4 и охлаждаемые туши 5, перемещаемые с помощью подвешенного пути 3.

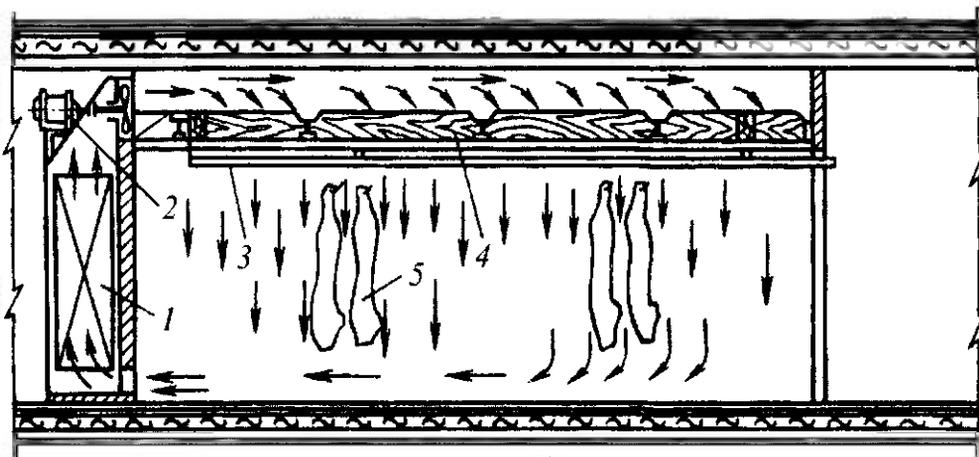
На подвесные пути камер охлаждения мясо загружают с помощью конвейера или вручную, одновременно сортируя его по категориям упитанности и массе. Размещают туши с интервалами на рамах в 30...50 мм. На участке подвешенного пути длиной 1 м размещают 2...3 говяжьих или 3...4 свиных полутуш. Крупные туши размещают в зоне с наиболее низкой температурой и наиболее интенсивным движением воздуха.

Охлаждение мяса в полутушах и тушах осуществляют в помещениях камерного типа или туннелях, оборудованных подвесными конвейерами, приборами охлаждения и системами воздухораспределения. Камеры охлаждения представляют собой

теплоизолированные помещения вместимостью 15...45 т. В последнее время камеры проектируют шириной не более 6,0 м и длиной 30,0 м.



а)



б)

Рис. 19.13 Принципиальная схема камеры охлаждения мяса:
а – с поперечным движением воздуха, б – с подачей воздуха сверху вниз

Техническая характеристика камеры охлаждения

Вместимость камеры, т	10,0
Температура воздуха в камере, °С	0
Начальная температура внутри продукта, °С	+15
Конечная температура внутри продукта, °С	+4
Продолжительность охлаждения, ч	18
Подача вентилятора, м ³ /ч	5400
Установленная мощность электродвигателя, кВт	0,75
Габаритные размеры, мм	6000×7000×5000

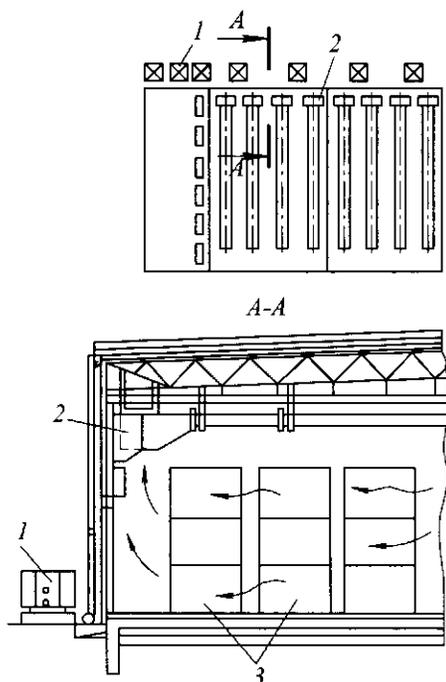


Рис. 19.14 Принципиальная схема камеры охлаждения фруктов с интенсивным движением воздуха

Камеры замораживания (рис. 19.15) обеспечивают замораживание мяса и мясопродуктов и состоят из батарей и воздухоохладителей и могут быть с вынужденным или естественным движением воздуха. Камеры с вынужденным движением воздуха оборудуют воздухоохладителями, а иногда и батареями в сочетании с различными системами воздушораспределения, а камеры с естественным движением воздуха — пристенными, потолочными или межрядными радиационными батареями.

В зависимости от организации технологического процесса камеры замораживания могут быть однофазного или двухфазного замораживания. В камерах однофазного замораживания предусмотрена большая площадь поверхности охлаждающих устройств.

Конструктивно камеры замораживания выполняют проходными или тупиковыми. В проходных камерах мясо загружается и выгружается через дверные проемы, расположенные обычно в торцевых стенах камеры. В тупиковых камерах загрузка и выгрузка происходят через один общий дверной проем.

Камеры замораживания мяса могут работать непрерывно или периодически. В камерах туннельного типа, работающих непрерывно, осуществляется поточность технологического процесса.

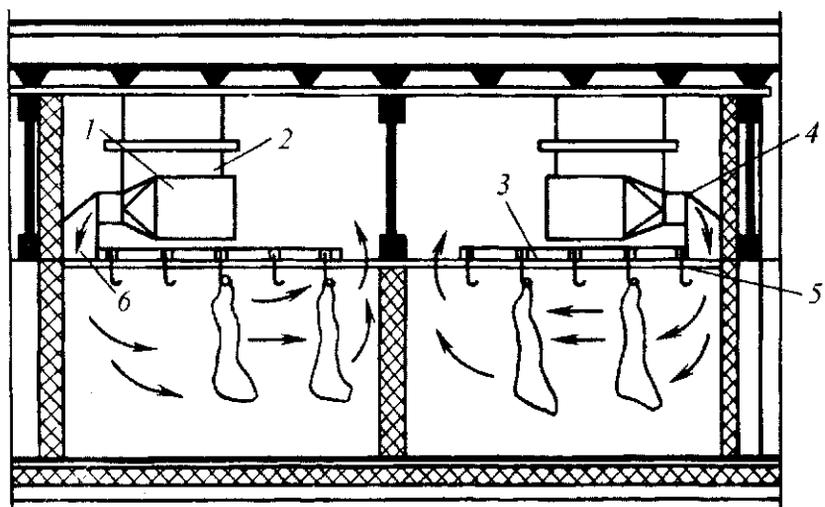
Оборудование камеры замораживания туннельного типа с поперечным движением воздуха (рис. 19.15, а) состоит из потолочных воздухоохладителей 1 с направляющими аппаратами б, расположенных над ложным потолком 3 и подвесными путями 5, укрепленными на подвесках 2. Охлажденный в воздухоохладителях воздух направляется в камеру через нагнетательные отверстия 4 в ложном потолке, омыва-

Распределение воздуха в грузовом объеме камеры охлаждения осуществляют: через нагнетательные и всасывающие каналы; безканальными (струйными) системами с подачей воздуха в пространство между потолком и каркасом подвесных путей; туннельными системами с продуванием воздуха вдоль или поперек подвесных путей камеры; через щели ложного потолка с дутьем воздуха сверху вниз; вентилированием грузового объема камеры потолочными воздухоохладителями; из сопел межпутевых воздухопроводов, расположенных над полугушами (метод воздушного душирования).

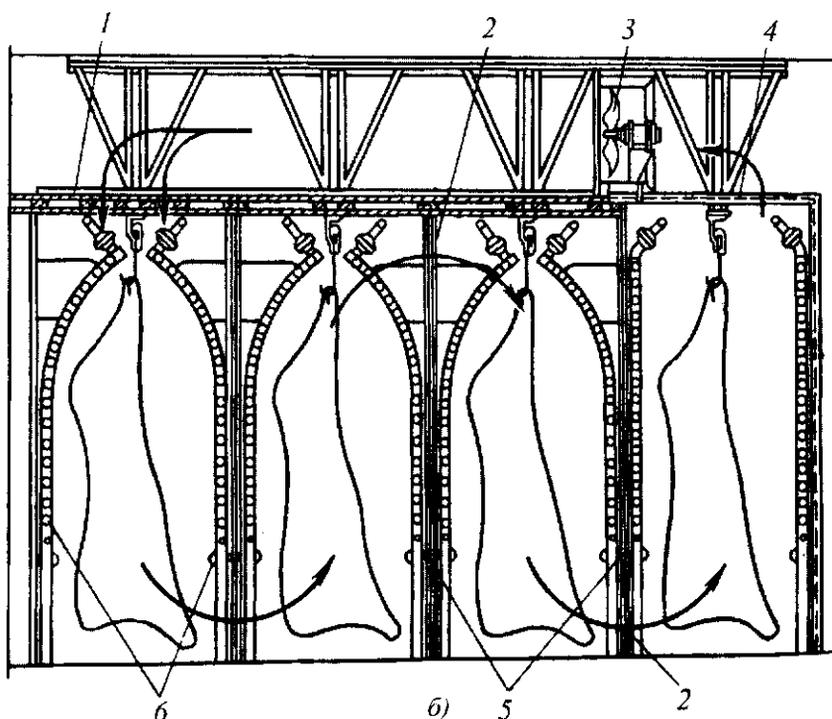
Плоды и овощи охлаждают также в камерах или туннелях с интенсивным движением воздуха (рис. 19.14), состоящих из компрессорно-конденсаторного агрегата 1, потолочного воздухоохладителя с воздухопроводом 2, штабелей из контейнеров для фруктов и овощей 3. Затаренные плоды и овощи укладывают с таким расчетом, чтобы воздух свободно омывал их со всех сторон. В некоторых случаях для ускорения охлаждения пользуются передвижными воздухоохладителями.

ет полутуши мяса, и отепленный воздух через всасывающее отверстие вновь направляется на охлаждение в воздухоохладитель.

В морозильной камере туннельного типа с межрядными батареями (рис. 19.15, б) размещено четыре туннеля, в каждом из которых имеется один подвесной путь для подвешивания и передвижения мяса.



а)



б)

Рис. 19.15 Принципиальная схема камеры замораживания мяса:

а — однофазного с поперечным движением воздуха; б — с межрядными батареями; в — туликового типа

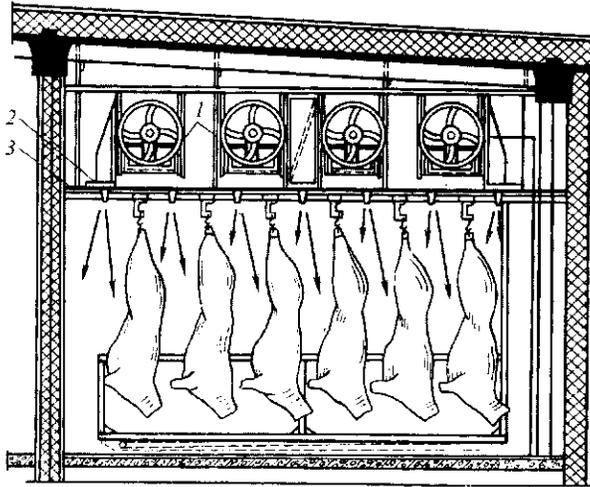


Рис. 19.15 (Продолжение)

Вдоль стен каждого туннеля установлены пристенные оребренные батареи 6. Нагнетаемый вентилятором 3 воздух по каналу, образованному ложным потолком и перекрытием камеры, через нагнетательное отверстие 1 направляется в первый туннель, в котором, двигаясь сверху вниз, омывает замораживаемые полутуши. Через отверстие 5 в нижней части перегородки 2 первого туннеля воздух попадает во второй туннель, в котором он циркулирует уже снизу вверх. Далее воздух через отверстие перегородки переходит в третий туннель, опускается вниз и направляется в четвертый туннель, из которого засасывается вентиляторами через всасывающее отверстие 4, и снова направляется в первый туннель. Приближение в таких камерах теплопроводящих приборов к поверхности продукта дает возможность использовать не только конвективный, но и радиационный теплообмен, что сокращает продолжительность замораживания и уменьшает усушку.

Камеры замораживания тупикового типа с ложным потолком (рис. 19.15, в) имеют воздухоохладитель с всасывающим отверстием около пола камеры. Охлажденный воздух выбрасывается из воздухоохладителя вентилятором 1 в пространство между перекрытием и ложным потолком камеры, находящимся на уровне каркаса подвесных путей. В грузовой объем камеры замораживания воздух поступает через щелевые сопла 2 по обе стороны ниток подвесных путей 3.

Техническая характеристика камеры замораживания мяса

Вместимость камеры, т	10,0
Температура воздуха в камере, °С	-30...-35
Начальная температура внутри продукта, °С	+20
Конечная температура внутри продукта, °С	-10...-15
Продолжительность замораживания, ч	18
Тип компрессора	винтовой
Подача вентилятора, м ³ /ч	30 000
Установленная мощность электродвигателя, кВт	7,5
Габаритные размеры, мм	6000×7000×5000

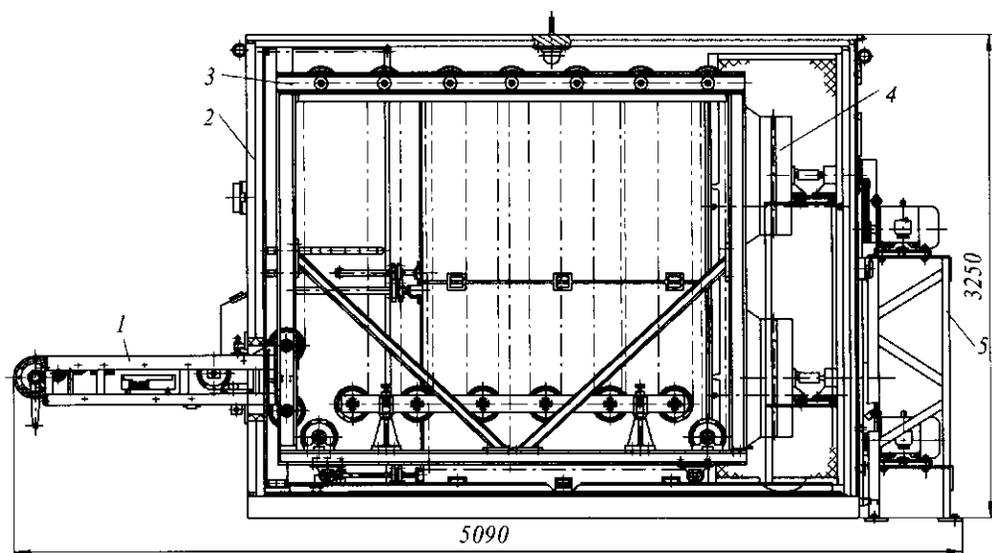
Закалочные камеры (с воздушным охлаждением) обеспечивают завершение процесса замораживания частично замороженной смеси мороженого и бывают с вертикальным конвейером (с люльками, в которые загружают брикеты мороженого) или с горизонтальным (без люлек) конвейером.

Закалочная камера с вертикальным конвейером (рис. 19.16) монтируется из отдельных щитов, скрепленных стяжками. Внутри аппарата размещен испаритель, вентилятор 4 и конвейер 3. Конвейер не закреплен в камере замораживания 2, и его можно вывести из камеры по приставным рельсам. На раме 5 установлен привод.

Загруженные в люльки брикеты мороженого поступают в закалочную камеру по транспортеру 1. При движении конвейера 3 в камере брикеты обдуваются холодным воздухом, поступающим от испарительных батарей. Продолжительность замораживания (закалки) составляет 30...45 мин при температурах мороженого $-12...-15^{\circ}\text{C}$, кипения аммиака в батареях -33°C и воздуха в аппарате -28°C при скорости движения цепи конвейера 11,7 мм/с.

Техническая характеристика закалочной камеры

Производительность, кг/ч	220...250
Регулирование производительности	бесступенчатое
Масса брикета, г	100 + 2
Температура закаленного мороженого, $^{\circ}\text{C}$	$-12...-15$
Потребление:	
электроэнергии, кВт·ч	5,75
холода, ккал/ч	18 200
Габаритные размеры, мм	5090×4720×3250
Масса, кг	7480



19.16 Закалочная камера

Инженерные расчеты. Производительность закалочных камер $П$ (кг/с), оснащенных конвейерами (вертикальными или горизонтальными), рассчитывается по формуле:

$$P = bLgl / (\tau_3 S),$$

где b – ширина люльки, м; L – длина рабочей части конвейера, м ($L = 20 \dots 25$ м); g – удельная загрузка единицы площади люльки, кг/м²; l – длина люльки, м; τ_3 – продолжительность закалки, с ($\tau_3 = 1800 \dots 2700$ с); S – расстояние между люльками (шаг), м.

Расход холода для закаливания мороженого Φ (Вт) определяют в виде зависимости:

$$\Phi = P \{ C_n (T_m - T_3) + (m_c / 100)(m_n - m_k / 100) 80 + C_k (T_3 - T_n) \},$$

где C_n, C_k – удельная теплоемкость мороженого до закаливания и после закаливания, Дж/(кг·К); T_3, T_n – температура мороженого при замерзании и после закаливания, °С; m_c, m_n, m_k – массовая доля воды в смеси, до закаливания и после закаливания, %; T_m – температура мороженого, К.



Берегись, чтобы, добиваясь славы, не достичь противоположного. Разве ты не знаешь, как опасно говорить и делать то, чего не понимаешь? Посмотри, как относятся к тем, которые говорят и делают без понимания. Ведь к ним относятся с презрением.
СОКРАТ (469–399 до н.э.), древнегреческий философ

19.5 МОРОЗИЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

В современной холодильной технике применяют следующие типы морозильных аппаратов: с интенсивным движением воздуха; флюидизационно-конвейерные аппараты; многоплиточные морозильные аппараты; контактные морозильные аппараты и др.

Конвейерный воздушный морозильный аппарат предназначен для замораживания фасованных плодов и овощей и может быть выполнен с сетчатым конвейером и поперечным движением воздуха или с ленточным конвейером и продольным движением воздуха.

Для замораживания плодов и овощей россыпью используются воздушные морозильные аппараты с сетчатым конвейером 5 (рис. 19.17, а), через который продувается холодный воздух из охладителя 1 с помощью центробежного вентилятора 3, работающего от привода 2. Упакованный продукт 4 (ягоды, зеленый горошек, фасоль и др.), уложенный россыпью на сетчатом конвейере, замораживается при температуре -30 °С.

Ленточный конвейер 4 морозильного аппарата (рис. 19.17, б) позволяет замораживать картофель, морковь, свеклу и другие упакованные продукты 3 с помощью воздухоохладителя 2 и центробежного вентилятора 1, обеспечивающих продольное движение воздуха.

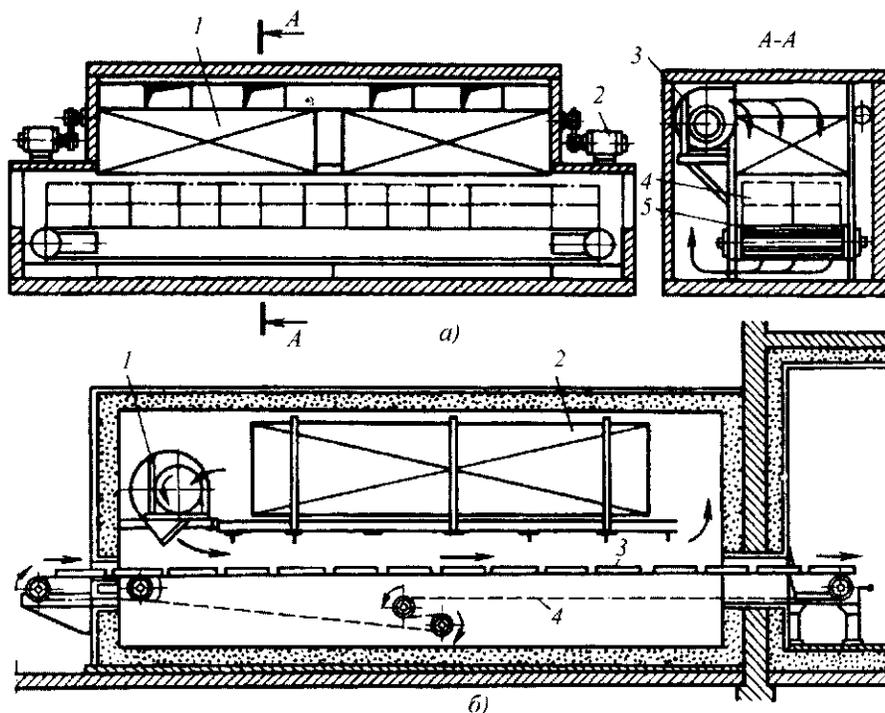


Рис. 19.17. Принципиальная схема конвейерного морозильного аппарата для замораживания упакованных продуктов:
а – с сетчатым конвейером и поперечным движением воздуха; б – с ленточным конвейером и продольным движением воздуха

Техническая характеристика конвейерного морозильного аппарата

Производительность, кг/ч	300
Температура воздуха в камере, °С	-30...-35
Начальная температура внутри продукта, °С	+20
Конечная температура внутри продукта, °С	-18
Продолжительность замораживания, мин	8...15
Холодопроизводительность холодильного агрегата при -40 °С, кВт	42
Установленная мощность аппарата, кВт,	53
Габаритные размеры, мм	5300×2600×2800

Скороморозильный аппарат Я10-ОАС.М (рис. 19.18) обеспечивает производство замороженных пельменей, вареников, фрикаделек и др.

Основными узлами аппарата являются изоляционный контур 1, конвейер подающий, подмораживающий 2, барабан галтовочный и домораживающий 9, общий блок батарей 12 и 13 воздухоохладителя, нож съемапельменей 16, лоток для выгрузкипельменей 11. Скороморозильный аппарат работает совместно с формующимпельменным автоматом.

На верхнюю ленту подмораживающего конвейера 2пельменной формующей машиной укладываются три тестофаршевых жгута с помощью формующих устройств. Сечение жгутов регулируется, а затем их направляют в зону подсушки воздухом. Штампующим барабаном из жгутов накатываются пельмени, которые направляются в скороморозильный аппарат. Перед попаданием в изоляционный контур 1 аппарата сформованные изделия подвергаются визуальной контролю. Верхняя и нижняя ветви конвейера 2 заключены в индивидуальные короба-воздуховоды 3 и 4, обеспечивающие движение воздуха вдоль оси транспортной ленты.

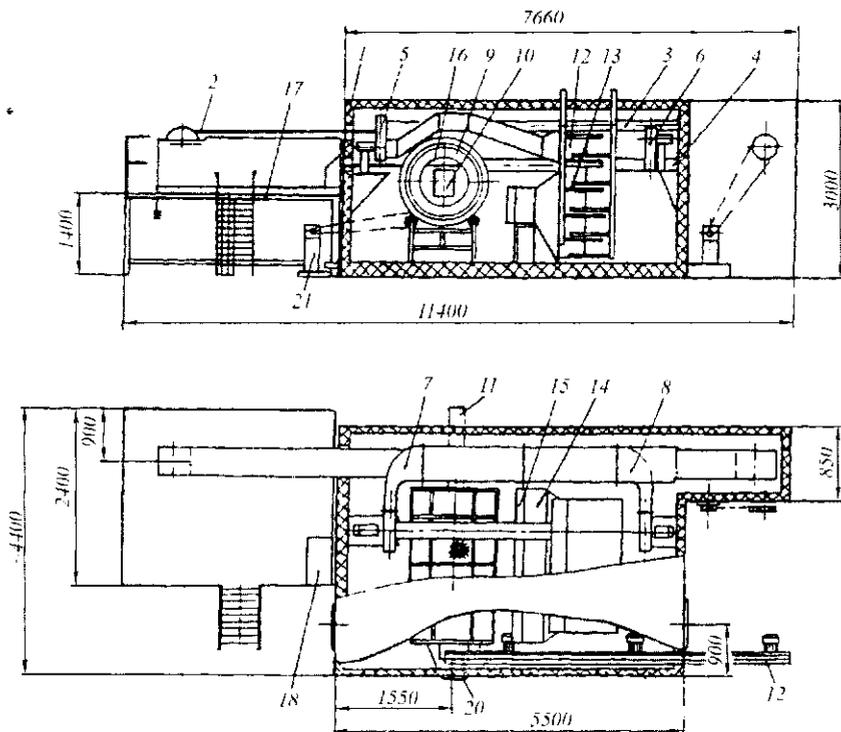


Рис. 19.18 Скороморозильный аппарат Я10-ОАС.М

Попадая в воздуховод 3 верхней ветви конвейера, продукт обдувается холодным воздухом из патрубка ввода 7 с температурой $-30...-35^{\circ}\text{C}$ от вентилятора 5 и дополнительного блока батарей 12. На нижней ветви конвейера в воздуховоде 4 из патрубка 8 продукт омывается воздухом от вентилятора 6 из контура скороморозильного аппарата. При попадании изделий в нижний воздуховод температура их тестовой оболочки уже равна или ниже криоскопической. Далее изделия срезаются с нижней ветви конвейера ножом 16 и по лотку 10 направляются в галтовочный домораживающий барабан 9. Барабан опирается на две пары опорных роликов и имеет снаружи приводную цепь, приваренную по бандажу. Проходя вдоль оси барабана, пельмени галтуются, освобождаются от галтованной крошки и домораживаются. Весь цикл замораживания и галтовки составляет 18...20 мин. Для домораживания изделий используется воздух от воздухоохладителя батареи 13 и двух осевых вентиляторов 14 и 15. Домороженные пельмени выводятся из аппарата с помощью лотка 11. Пульт управления 18 работы аппарата расположен на площадке 17.

Техническая характеристика скороморозильного аппарата Я10-ОАС. М

Производительность, кг/ч	250...325
Продолжительность замораживания, мин	18...20
Температура в центре замороженного изделия, °С.....	-10...-14
Рабочее вещество холодильной установки.....	аммиак
Температура в камере, °С	-28...-33
Расход холода, ккал/ч (кВт).....	50 000 (58)
Общая установленная мощность, кВт.....	13
Габаритные размеры, мм.....	11 400×3460×3000
Масса, кг.....	6500

Скороморозильный аппарат АСЖ (рис. 19.19) используется для замораживания пельменей, плодово-ягодной и овощной продукции. В состав аппарата входят камера 1, ленточный приемный и подмораживающий транспортер 2, размещенные на площадке 17, съемный нож 16 с лотком 10 для перегрузки изделий с ленты, сетчатый барабан 9 и лоток 11 для выгрузки изделий, а также вибротранспортер приемки растительной продукции. Сетчатый барабан 9 имеет реверсивный двигатель. Аппарат содержит воздухоохладители 12, 13 и вентиляторы 5, 6, 14 и 15 для подачи охлажденного воздуха в зону замораживания продукта, снабженные воздуховодами 3, 4, 7 и 8.

Техническая характеристика агрегата АСЖ

Производительность, кг/ч:	
по пельменям	250...300
по зеленому горошку.....	400...600
по сливе	250...300
Продолжительность замораживания, мин:	
по пельменям	18...20
по зеленому горошку.....	8...10
по сливе	18...20
Температура продукта, °С:	
на входе	20...25
на выходе.....	-10...-14
Рабочее вещество холодильной установки.....	аммиак
Температура воздуха в камере, °С	-30...-35
Расход холода, кВт:	
на замораживание пельменей	58
на замораживание зеленого горошка	93
Общая установленная мощность, кВт.....	15
Периодичность оттайки воздухоохладителей	один раз в 3 смены горячими парами аммиака
Габаритные размеры, мм.....	11 500×5500×3000
Масса, кг.....	11 500

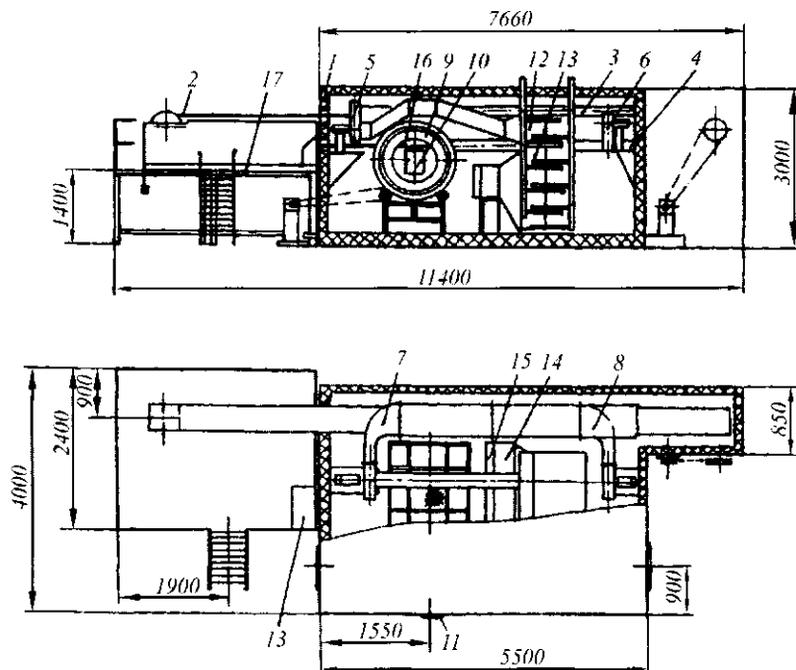


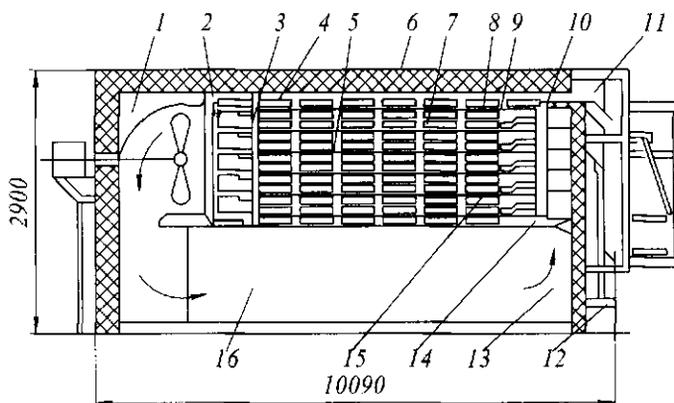
Рис. 19.19 Скороморозильный аппарат АСЖ

Скороморозильный гравитационно-конвейерный аппарат ГКА-4 (рис. 19.20) состоит из каркаса 6, передних 9 и задних 4 гребенок, приводов гребенок 5, привода аппарата 13, стола подъема 12, узла выгрузки 14, узла ввода 11, ста девяти кареток 8, двухсотвосемнадцати противней 7, аммиачного оборудования с охлаждающими батареями 16, вентиляционной установки 1, двух передних 15 и двух задних 3 ограничительных рам и изоляционной камеры 2.

По направляющим полкам каркаса 6 движутся каретки 8 с противнями 7, в которых находится замораживаемый продукт. Гребенки служат для перемещения кареток с противнями с одной полки на другую и вдоль полок каркаса, щитков с поворотными полосами, четырех горизонтальных и четырех вертикальных подшипников, треугольных рычагов, кронштейна для крепления собачки с пружиной, кронштейна крепления рычага узла ввода.

При перемещении гребенки вертикальные подшипники ходят в верхних и нижних направляющих швеллерах каркаса, горизонтальные подшипники служат для движения гребенки по направляющей пластине, закрепленной на полке каркаса. Собачка с пружиной предназначена для перемещения кареток, поступающих на верхние полки.

Задние гребенки 4 устроены аналогично передним, за исключением того, что на задней гребенке крепится на один щиток меньше, отсутствуют кронштейн с собачкой и кронштейн крепления рычага узла ввода. На нижней части каркаса задней гребенки установлен кронштейн крепления тяги узла вывода кареток. Правый и левый приводы гребенок служат для возвратно-поступательного периодического перемещения передних и задних гребенок.



19.20 Скороморозильный гравитационно-конвейерный аппарат ГКА-4

Привод аппарата *13* приводит в движение все механизмы конвейера. Он состоит из рамы, электродвигателя, вариатора, редуктора, двух нижних и двух верхних конических редукторов.

Стол подъема *12* поднимает каретку из камеры аппарата, опускает ее для выгрузки противней с замороженным продуктом, поднимает каретку и вводит ее в аппарат. Он открывает также верхнюю заслонку *10*. Стол подъема состоит из несвязанных между собой правой и левой частей, которые синхронно движутся по винтам привода аппарата.

Узел выгрузки *14* карсток из камеры на платформу стола включает в себя штангу, две пружины, стопорный рычаг, устройство для ввода штанги. Пружины служат для перемещения штанги и для возврата стопорного рычага.

Узел ввода *11* противней со свежим продуктом в каретку состоит из каркаса, верхней и нижней платформ, рычага ввода противней, двух толкателей и двух ограничителей поворота рычага. Внутри рамки каретки приведены полосы для противней.

Аммиачное оборудование включает в себя двадцать семь охлаждающих батарей *16*, паровой и жидкостной коллекторы, отделитель жидкости, поплавковый регулятор, вентили, трубопроводы.

Аппарат работает следующим образом. Каретка с противнями, в которых размещен продукт, перемещается по полкам аппарата. Поток холодного воздуха создается вентиляционной установкой, размещенной в верхней части теплоизоляционной камеры, и охлаждающими батареями, расположенными в нижней части. В момент, когда стол подъема из крайнего нижнего положения поднимается вверх, противни с продуктом вручную загружаются на верхнюю платформу узла ввода. Затем противни загружаются узлом ввода в каретку, находящуюся на платформе стола, который поднимается винтом.

В верхнем положении стол открывает верхнюю заслонку, и каретка с противнями принудительно вводится в аппарат на первую полку. Каждая каретка совершает зигзагообразный путь сверху вниз по всем полкам с помощью гребенок. Гребенки движутся прерывисто и попарно. Когда две передние гребенки отходят вперед и плавно спускают каретки с уровня четных полок на уровень нечетных полок, а затем продвигают их назад, две задние гребенки стоят и принимают крайние каретки этих полок. В следующий полуцикл стоят передние гребенки, а задние движутся, опуская

и перемещая каретки по четным полкам вперед. При движении стола вниз с нижней полки на платформу стола выводится каретка с противнями. При дальнейшем опускании стола в рамку каретки входит наклонный неподвижный пюпитр. Противни соскальзывают на нижнюю платформу узла ввода. Пустая каретка остается на платформе стола и движется вверх для следующей загрузки.

При движении вперед передних гребенок их собачки проходят под кареткой, введенной столом на первую полку, и при возврате гребенок продвигают ее назад. Выступы на верхней заслонке удерживают каретку от смещения вперед при движении гребенок. Перемещаясь назад под действием собачек гребенок, каретка толкает и перемещает остальные восемь кареток, стоящие на первой полке. При этом крайняя каретка сходит с полки на поворотные полосы задних гребенок. Затем каретки переводятся с полки и перемещаются в обратном направлении. С последней полки аппарата каретка выходит на движущийся стол.

Таблица 19.2 Техническая характеристика аппарата ГКА-4

Показатель	Число полок в аппарате		
	12	10	8
Производительность при начальной температуре +8 °С, конечной температуре мяса +18 °С, кг/сут	21 500	18 200	14 000
Число противней, шт.	186	156	126
Установленная мощность электродвигателя, кВт:			
вентилятора	17	17	17
конвейера	2,2	2,2	2,2
Расход холода, кВт	122	105	81
Допускаемая высота продукта, мм	90	120	160
Габаритные размеры, мм	10 090×3500×2900	10 090×3500×2900	10 090×3500×2900
Масса, кг	18 500	18 000	17 500

Плиточный морозильный аппарат АМП-1,6К (рис. 19.21) состоит из двух отделений: в верхнем отделении, представляющем собой термоизолированную камеру 1, установлены два гидроцилиндра 4, на штоках которых подвешены рама и пять горизонтальных плит 2. Шестая плита закреплена внизу неподвижно на специальной раме, жестко связанной с корпусом.

Техническая характеристика плиточного морозильного аппарата АМП-1,6К

Производительность при замораживании от +30 до -23 °С при температуре кипения хладона -35 °С, т/сут.....	1,6
Расчетная продолжительность цикла при толщине блока 60 мм, мин.....	140
Удельное количество холода, кДж/кг.....	490
Установленная мощность, кВт.....	12,1
Масса хладона в системе, кг.....	5
Габаритные размеры, мм.....	1600×1000×2100
Масса в рабочем состоянии (с продуктом), кг.....	4200

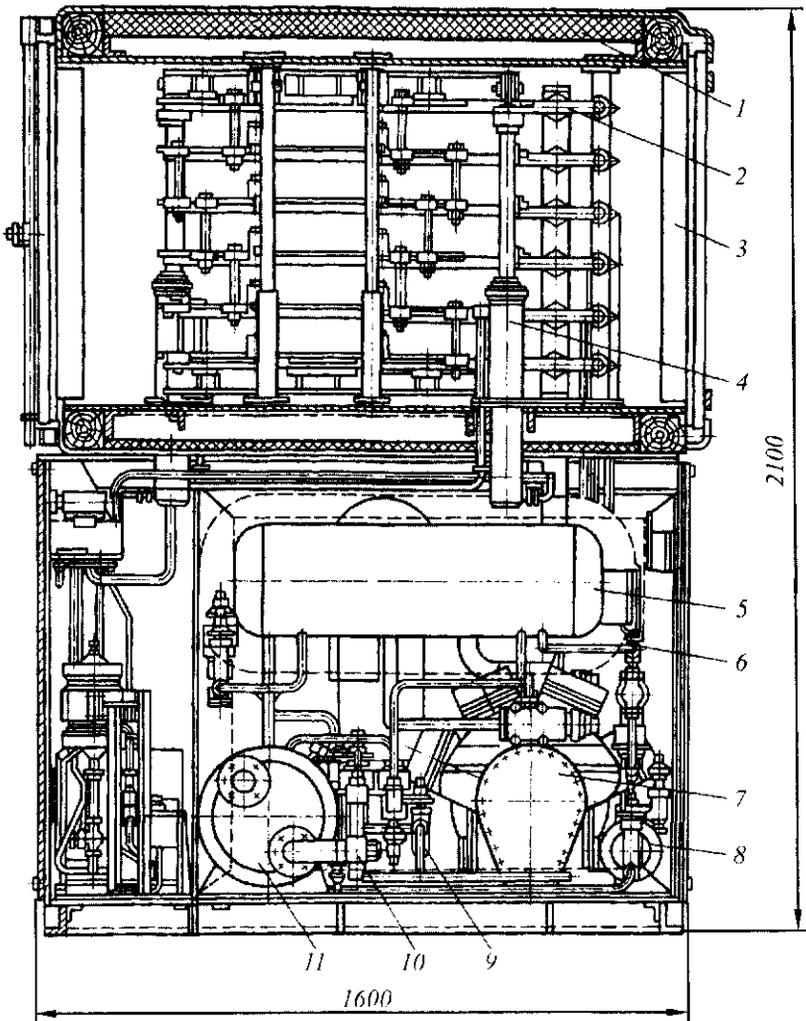


Рис. 19.21 Плиточный морозильный аппарат АМФ-1,6К с холодильной установкой

При загрузке и выгрузке продукта плиты можно раздвигать в пределах 25...93 мм. При замораживании аппарат закрывается изолированной дверью 3. Замораживание продукта осуществляется в межплиточном пространстве при непосредственном контакте с плитами, в каналах которых кипит холодильный агент R22. В нижней части аппарата находится компрессор 7, конденсатор 11, отделитель жидкости 5, инжектор 6, приборы автоматики 10, фильтр-осушитель 8, запорная арматура 9, другое вспомогательное оборудование.

Роторный морозильный аппарат МАР-8АМ (рис. 19.22) состоит из ротора с морозильными секциями, разгрузочного устройства, взвешивающего или дозирующего устройства, транспортера для выгрузки блоков, гидро- и электроаппаратуры, а также насосной станции. На станине 4 роторного морозильного аппарата размещен ротор, заключенный в кожух 1, на котором размещены полый вал 2, блок-форма 3 и касеты 5. Загрузочный стол 6 обеспечивает поступление продукта на замораживание.

Роторное расположение морозильных секций позволяет установить их в любой позиции, обеспечивает механизацию загрузки и выгрузки пищевых продуктов и непрерывность процесса замораживания. Ротор собирается из ряда автономных морозильных секций, число которых определяет производительность аппарата. Замораживание продукта осуществляется в металлических рамках, разделенных на несколько ячеек. В каждую ячейку закладывают раскрой парафинированной пергаментной бумаги или полимерной пленки для замораживания крупных блоков, коробки или мешочки для замораживания продуктов мелкой фасовки. У рамки нет дна, поэтому продукт при замораживании находится в непосредственном двустороннем контакте с морозильными плитами. В процессе замораживания упаковочный материал не примерзает к рамкам и морозильным плитам, поэтому при выгрузке продуктов исключается их оттаивание.

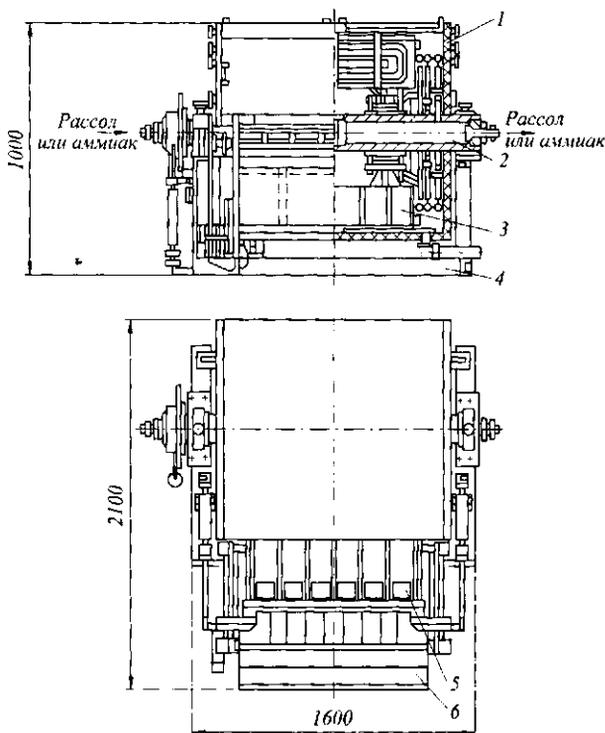


Рис. 19.22 Роторный морозильный аппарат МАР-8АМ

Таблица 19.3 Техническая характеристика морозильных агрегатов

Показатель	МАР-8АМ	АРСА-10	АРСА-10
Производительность, кг/ч	460	500	500
Температура продукта, °С:			
начальная	20	4	—
конечная	-18	-12	-18
Число секций, шт.	23	27	27
Удельный расход топлива, Вт/кг	105	105	105
Установленная мощность электродвигателя, кВт	2,2	2,2	—
Габаритные размеры, мм	4345×4000×2360	4300×4000×2340	4300×4000×2340

Фреоновый аппарат для замораживания мелкоштучных продуктов (рис. 19.23) относится к контактному аппарату, в котором подлежащий замораживанию продукт поступает на ленту грузового конвейера 4 из загрузочного туннеля 1 через лоток 8, где охлаждается жидким фреоном, поступающим из орошающего устройства 5. Образовавшийся в результате теплообмена парообразный фреон конденсируется с помощью холодильной машины на поверхности конденсатора испарителя 2, расположенного над оросителем.

Сконденсировавшийся фреон стекает в поддон 6 и вновь направляется насосом 7 в оросительное устройство. Замороженный продукт по разгрузочному туннелю 3 отводится из аппарата. Фреоновый аппарат такой конструкции находится в изолированном контуре 9.

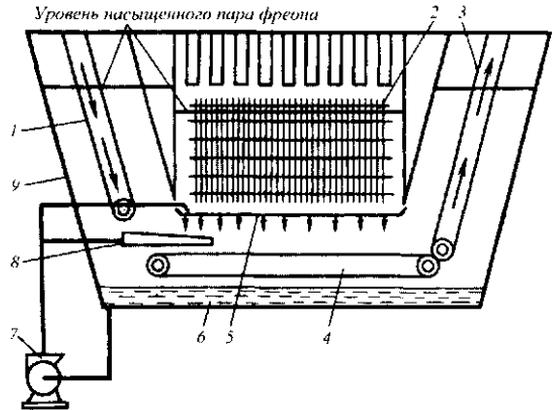


Рис. 19.23 Принципиальная схема фреонового аппарата для замораживания

Инженерные расчеты. Расчет ребристого воздухоохладителя, использующего коридорное расположение труб в пучке и в качестве холодильного агента аммиак, начинают с определения удельной энтальпии i_1 (кДж/кг) и влагосодержания d_1 (кг/кг) воздуха, входящего в этот воздухоохладитель, а также с удельной энтальпии i_2 (кДж/кг) и влагосодержания d_2 (кг/кг) воздуха, выходящего из воздухоохладителя (по таблице параметров влажного воздуха и температурам t_1 и t_2 входящего и выходящего воздуха).

Удельный объем влажного воздуха ϑ_1 (м³/кг) равен

$$\vartheta_1 = 1 / \rho_c,$$

где ρ_c — плотность сухого воздуха, кг/м³.

Средние параметры воздуха в аппарате (t_s — температура, °С; i_s — удельная энтальпия, кДж/кг; d_s — влагосодержание, кг/кг) составляют

$$t_s = (t_1 + t_2) / 2; \quad i_s = (i_1 + i_2) / 2; \quad d_s = (d_1 + d_2) / 2.$$

Массовый расход проходящего через аппарат воздуха G (кг/с) определяется как

$$G = \Phi_0 / (i_1 - i_2),$$

где Φ_0 — холодопроизводительность аппарата, кВт.

Объемный расход V (м³/с) равен

$$V = G \cdot \vartheta_1.$$

Количество влаги, отнимаемой от воздуха в аппарате W_0 (кг/с), рассчитывается по формуле

$$W_0 = G(d_1 - d_2).$$

Коэффициент конвективной теплоотдачи от воздуха к ребренной поверхности α_s [Вт/(м²·К)] для поперечного обтекания ребристого пучка рассчитывается из уравнения

$$Nu_s = 0,15 Re_s^{0,72} (\delta / S_p)^{0,54} (h / S_p)^{0,14},$$

где $Re_s = (\omega S_p) / \eta$ — число Рейнольдса; ω — скорость движения воздуха, м/с; S_p — шаг ребер аппарата, м; η — кинематическая вязкость, м²/с; δ — толщина ребра, м; h — высота ребра, м.

$$\alpha_a = Nu_a (\lambda / S_p),$$

где λ – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м·К).

Коэффициент влаговыпадения ξ равен

$$\xi = 1 + 2880[(d_a - d_w^*) / (t_a - t_w)],$$

где d_w^* – влагосодержание воздуха при $\phi = 100\%$; t_w – температура воздуха при $\phi = 100\%$.

Коэффициент теплоотдачи с учетом влаговыпадения α'_a [Вт/(м²·К)]

$$\alpha'_a = \alpha_a \cdot \xi.$$

Коэффициент эффективности ребра E определяется из соотношения

$$E = th(mh') / mh',$$

где $th(mh')$ – гиперболический тангенс функции (mh') ; параметры m (м⁻¹) и h' (м) вычисляем как

$$m = \sqrt{2\alpha'_a / (\lambda \cdot \delta)} \quad \text{и} \quad h' = h[1 + 0,35 \ln(R/r_0)],$$

где $R = (r_0 + h)$ – радиус ребра, м; $r_0 = d_0 / 2$ – наружный радиус трубки воздухоохладителя, м.

Коэффициент теплоотдачи α_{np_0} [Вт/(м²·К)], приведенный к наружной площади трубок аппарата F_0 (м²), определяется как

$$\alpha_{np_0} = \alpha'_a [(F_{p_1} / F_{0_1}) E + (F_{np_1} / F_{0_1})],$$

где $F_{p_1} = 2\pi(R^2 - r_0^2)n_p$; $F_{np_1} = \pi d_0(1 - n_p \delta)$; $F_{0_1} = F_{p_1} + F_{np_1}$ – площади для 1 м трубки при числе ребер на 1 м равном n_p .

Приняв среднюю температуру оребренной поверхности равной t_w (°С), определяем плотность теплового потока q_0 (Вт/м²), отнесенную к основной поверхности трубки

$$q_0 = (\alpha_{np_0} \Theta_p) / E,$$

где $\Theta_p = t_a - t_w$ – температурный напор.

Плотность теплового потока q_{en} (Вт/м²), отнесенная к внутренней поверхности трубки, равна

$$q_{en} = q_0 d_0 / (d_0 - 2\delta),$$

где δ – толщина стенки трубки, м.

Коэффициент теплоотдачи кипящего аммиака α_a [Вт/(м²·К)] с учетом, что величине q_{en} соответствует область неразвитого кипения:

$$\alpha_a = 74 q_{en}^{0,2} (d_0 - 2\delta)^{-0,2}.$$

Термическое сопротивление стенки трубки толщиной δ (м) и слоя масла толщиной δ_m (м) со стороны аммиака $\sum(\delta_i / \lambda_i)$ ($\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$)

$$\sum(\delta_i / \lambda_i) = \delta_m / \lambda_m + \delta / \lambda_{mp},$$

где λ_m, λ_{mp} – соответственно коэффициенты теплопроводности масла и стальной трубки, $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$.

Коэффициент теплопередачи k_0 [$\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$], отнесенный к основной поверхности

$$k_0 = 1 / \left\{ (1 / \alpha_a) + \sum(\delta_i / \lambda_i) (F_{0i} / F_{an}) + 1 / \alpha_{np0} \right\}.$$

Средняя разность между температурами воздуха и холодильного агента (средний температурный напор) Θ_m ($^{\circ}\text{C}$)

$$\Theta_m = q_0 / k_0.$$

Температуру кипения холодильного агента находим, принимая $\Theta_m = t_a - t_n$, откуда

$$t_n = t_a - \Theta_m.$$

Наружная площадь трубок аппарата F_0 (м^2) равна

$$F_0 = \Phi_0 / q_0.$$

Внутренняя площадь трубок аппарата F_{an} (м^2) равна

$$F_{an} = \Phi_0 / q_{an}.$$

Длина трубок аппарата L (м) определяется как

$$L = F_0 / (\pi d_0).$$

Общая наружная площадь аппарата с учетом ребер и неоребрешных участков трубы F_{op} (м^2)

$$F_{op} = F_{an} \beta,$$

где $\beta = F_{op} / F_{an}$ – коэффициент оребрения.



Юные друзья! Каждый из вас должен найти свой, и только свой путь. Признавайте авторитеты, уважайте старость, однако еще больше полагайтесь на собственный взгляд, держите глаза открытыми!.. Не отягчайте свой полет мелочами, которые принято называть жизненными потребностями. Помните: утяжелив тело, мы укорачиваем крылья.
НАНСЕН ФРИТЬОФ (1861–1930),
норвежский исследователь Арктики

19.6 ФРИЗЕРЫ, ЭСКИМО- И ЛЬДОГЕНЕРАТОРЫ

Фризеры являются основным оборудованием в производстве мороженого и предназначены для частичного замораживания воды в подготовленных молочных

смесях и насыщения их мелкодиспергированным воздухом. В зависимости от вида мороженого и конструкции фризера в лед переходит 25,0...60,0 % воды, а объем молочной смеси вследствие аэрации увеличивается примерно в два раза. Фризеры бывают непрерывного и периодического действия. Важнейшими узлами фризера являются рабочий цилиндр, который с внешней стороны охлаждается, а также системы охлаждения рабочего цилиндра и подачи продукта в него. Система охлаждения бывает аммиачной, фреоновой или рассольной, обеспечивающей охлаждение продукта до температур $-3...-5$ °С. Система подачи продукта осуществляет впуск в рабочий цилиндр вместе с продуктом также и воздуха для насыщения им продукта.

На рис. 19.24 показан **фризер непрерывного действия Е4-ОФЛ** для получения мороженого из сливочной, молочной и других смесей производительностью 250...400 кг/ч. Подготовленная для взбивания смесь мороженого из бака 7 подается в рабочий цилиндр 5 фризера двухступенчатым насосом, установленным на станине 3. Цилиндр фризера включает мешалку, которая приводится во вращение с помощью привода 6.

Насадка 8 предназначена для наполнения продуктом цилиндра фризера. В цилиндре происходит термомеханическая обработка продукта: дробление воздушных пузырьков и равномерное их распределение в массе продукта, а также раздробление слоя льда, намерзающего на стенках цилиндра. На выходе готового мороженого из цилиндра установлен клапан противодействия, после которого поток мороженого выходит из фризера через выпускной кран 4.

Жидкий аммиак, предназначенный для охлаждения и замораживания смеси мороженого, из трубопроводов 2 и 9 поступает в регулирующий вентиль и аккумулятор 1, а далее в рубашку фризера для охлаждения взбиваемой массы. Через отверстия в стенке рубашки жидкий аммиак проходит в кольцевой зазор, в результате чего продукт во фризере охлаждается. Парожидкостная смесь из рубашки возвращается в аккумулятор 1, в котором капли жидкого аммиака отделяются от пара, а последний отсасывается из системы компрессором.

Цилиндр фризера с приемным бункером и впускным клапаном показан на рис. 19.25. Привод мешалки состоит из электродвигателя 8, клиноременной передачи 7, подшипникового узла 6 и шнека 9. Между лопастями мешалки и внутренней стенкой цилиндра имеется небольшой зазор. Вал мешалки со стороны привода уплотнен съемной резиновой гофрированной манжетой. В приемный бункер 2, снабженный теплоизоляцией 5, вместимостью 10 л заливают жидкую смесь мороженого температурой 12...18 °С до нижней кромки крышки впускного клапана 3. Необходимое количество смеси поступает через впускной клапан 4 в цилиндр 12.

Хладагент R22 поступает по штуцеру 10 и кипит в испарителе 11, образованном цилиндром 12 и наружной обечайкой. После включения фризера температура кипения R22 постепенно понижается и через 8...9 мин достигает $-23...-26$ °С. При этом жидкая смесь охлаждается на стенках цилиндра до -5 °С и замерзает. Во время процесса охлаждения мешалка взбивает смесь, внедряя в нее воздух, а затем снимает замерзшее мороженое со стенок цилиндра и перемещает его в сторону выпускного устройства 1. Продолжительность приготовления мороженого 10...15 мин.

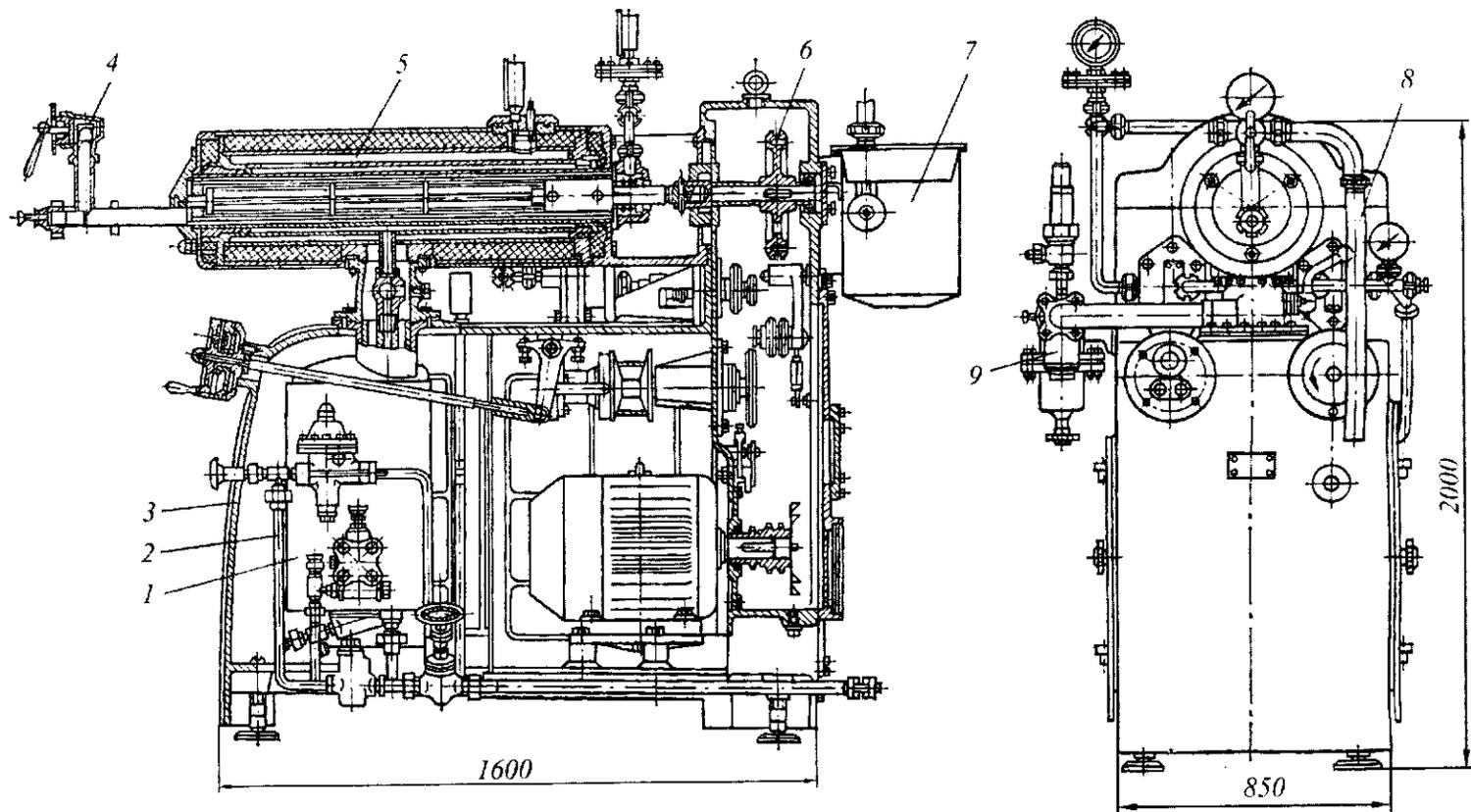


Рис. 19.24 Фризер непрерывного действия Е4-ОФЛ

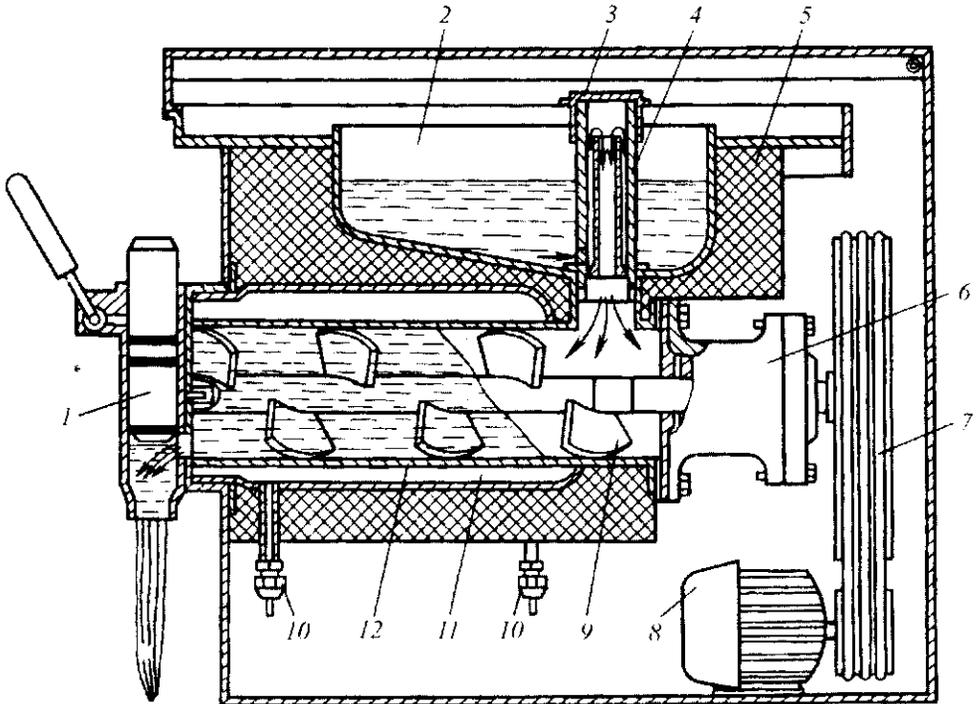


Рис. 19.25 Цилиндр фризера с приемным бункером и выпускным клапаном

Техническая характеристика фризера Е4-ОФЛ

Производительность по исходной смеси	
мороженого, кг/ч.....	250...400
Температура, °С:	
исходной смеси мороженого	6
мороженого на выходе из фризера.....	-3...-6
Система охлаждения	аммиачная с инжекторной подачей аммиака
Давление аммиака на входе во фризер, кПа	800
Температура кипения аммиака, °С.....	30...-35
Расход аммиака, м ³ /ч.....	0,3
Давление открытия предохранительного клапана, кПа.....	1200
Потребление:	
электроэнергии, кВт·ч.....	11,5
холода, Вт·ч.....	20 470
Площадь поверхности охлаждения цилиндра, м ²	0,4
Габаритные размеры, мм.....	2000×850×1600
Масса, кг.....	1350

Фризер Б6-ОФМ (рис. 19.26) предназначен для выработки мягкого мороженого из жидкой смеси. В корпусе фризера размещены две автономные системы приготовления мороженого, каждая из которых состоит из емкости 3 для предварительно подготовленной, исходной жидкой смеси. Смесь заливают в емкость, откуда она через клапан 4 вместе с воздухом поступает в цилиндр 2. В рубашке цилиндра, которая является испарителем, кипит хладагент R502. Смесь в цилиндре охлаждается и постоянно перемешивается мешалкой 11, вращение которой обеспечивается от индивидуального электродвигателя 6 через клиноременную передачу 5. Каждый цилиндр обслуживается низкотемпературным герметичным агрегатом с фильтрами-осушителями 8 и 9, размещенными в нижней части фризера. Корпус фризера закрыт ограждением 13, на котором размещены рукоятка 12 и полка 10. Фризер перемещается на колесах 7.

При охлаждении смеси в цилиндре до -5°C реле температуры выключает холодильный агрегат и включает сигнальную лампу. С помощью рукоятки 12 открывают выпускное устройство 1, и мешалкой мороженое выталкивается из цилиндра.

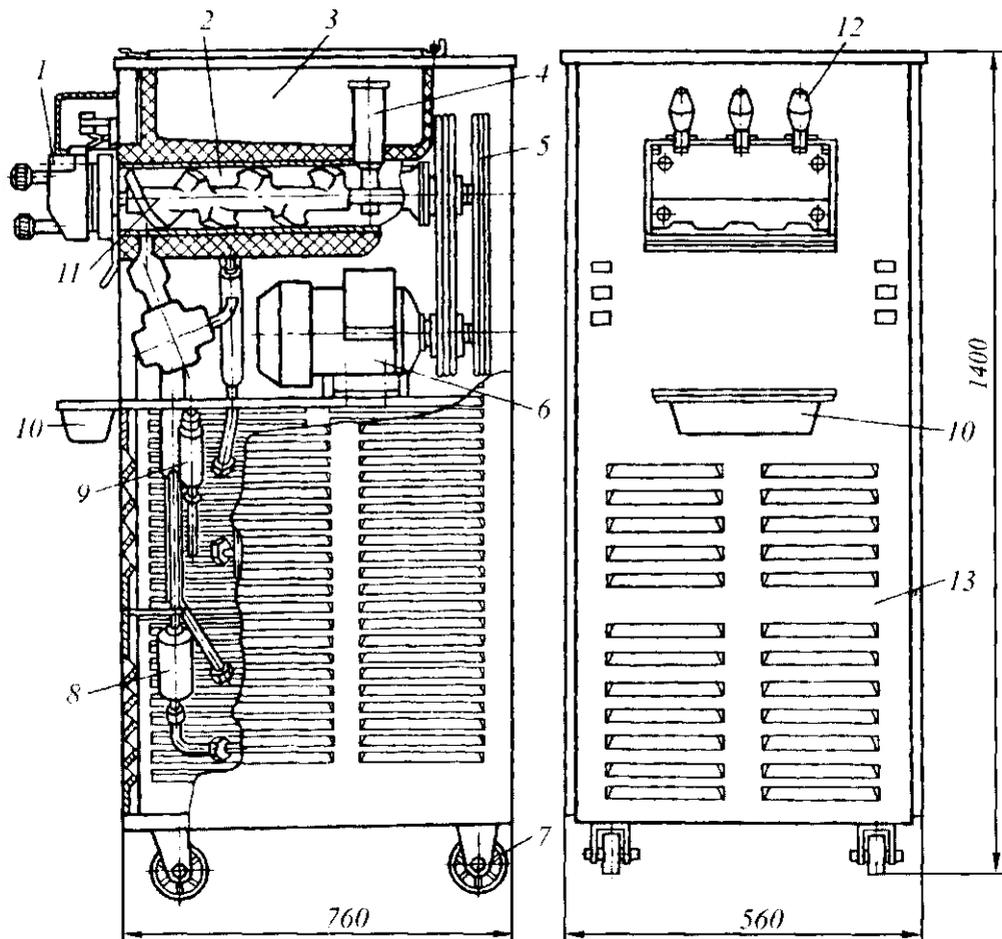


Рис. 19.26 Фризер Б6-ОФМ

Техническая характеристика фризера Б6-ОФМ

Производительность при температуре окружающего воздуха 20 °С, температуре исходной жидкой смеси 8 °С и температуре мороженого -5 °С, кг/ч	34
Вместимость одной емкости, л	10
Установленная мощность, кВт	3,73
Потребляемая электроэнергия, кВт·ч	2,6
Габаритные размеры, мм	760×560×1400
Масса, кг	253

Эскимогенератор карусельного типа (рис. 19.27) предназначен для изготовления мороженого прямоугольной формы. Он имеет сварной корпус-карусель 3 кольцеобразной формы, в котором размещены 640 ячеек прямоугольного сечения, расположенных в четыре ряда. Карусель 3 погружена в закалочную ванну 10, разделенную на 160 секций.

Эскимогенератор установлен на станине 6 и состоит из дозатора 4, маслопровода 7, насосов для хладоносителя с приводом 8, пульта управления 1, устройства для выемки мороженого и подачи его на глазирование в глазировочную головку 5, транспортера, заверточной машины и мойки с бойлером 9. Смесь мороженого, приготовленная во фризере, по трубопроводу поступает в дозатор, который подает смесь в ячейки эскимогенератора. Затем при вращении карусели ячейки проходят закалочную часть, где после частичного замораживания палочкозабиватель 2 вставляет палочки одновременно во все ячейки радиального ряда и отсеки 12 в закалочной ванне. Далее происходит полная закалка и затверждение мороженого. Охлажденный хладоноситель с температурой -40...-42 °С насосом через стояк 11 подается в нижнюю часть ванны эскимогенератора. После заделки ячейки переходят в отсек с теплым хладоносителем с температурой 18...20 °С, где мороженое подтаивает. Устройство для выемки захватывает палочки, извлекает эскимо из формы и погружает его в ванну с глазировочной смесью, непрерывно подаваемой из бачка насосом. После глазировки порции эскимо обсыхают и подаются на винтовой желоб, который направляет их к автомату для заправки в фольгу или специальную бумагу. Освобожденные формочки поступают под дозатор, и начинается новый цикл производства мороженого. При производстве мороженого с температурой после закаливания -20...-23 °С от 1 кг мороженого отводится примерно 1000 кДж теплоты; при этом учитываются все процессы, начиная от охлаждения поступившего молока и до закаливания мороженого.

Эскимогенератор Л5-ОЭК (рис. 19.28) состоит из карусели 1, моющего устройства 2, глазировочной головки 3, дозатора 4, палочкозабивателя 5, осушителя 6 и пластинчатого транспортера 7.

Карусель 1 служит носителем формочек для мороженого и состоит из шести форм, уложенных на формодержателе и соединенных между собой пластинами. По периферии карусели расположено 120 пальцев для привода карусели в движение. Формочки, закрепленные на карусели, совершают прерывистое движение, проходят поочередно зону замораживания и зону оттаивания. Для наполнения формочек мерной порцией мороженого используют дозатор 4, который крепится на станине и со-

стоит из двух отсеков. Гильзы, в которых двигаются поршни, соединены пазами барабана с отсеками бункера. Перемещаясь вверх, поршни засасывают дозу смеси, после чего барабан поворачивается, и гильзы соединяются пазами, барабанами, насадкой и трубками. При движении поршня вниз доза мороженого загружается в формочки.

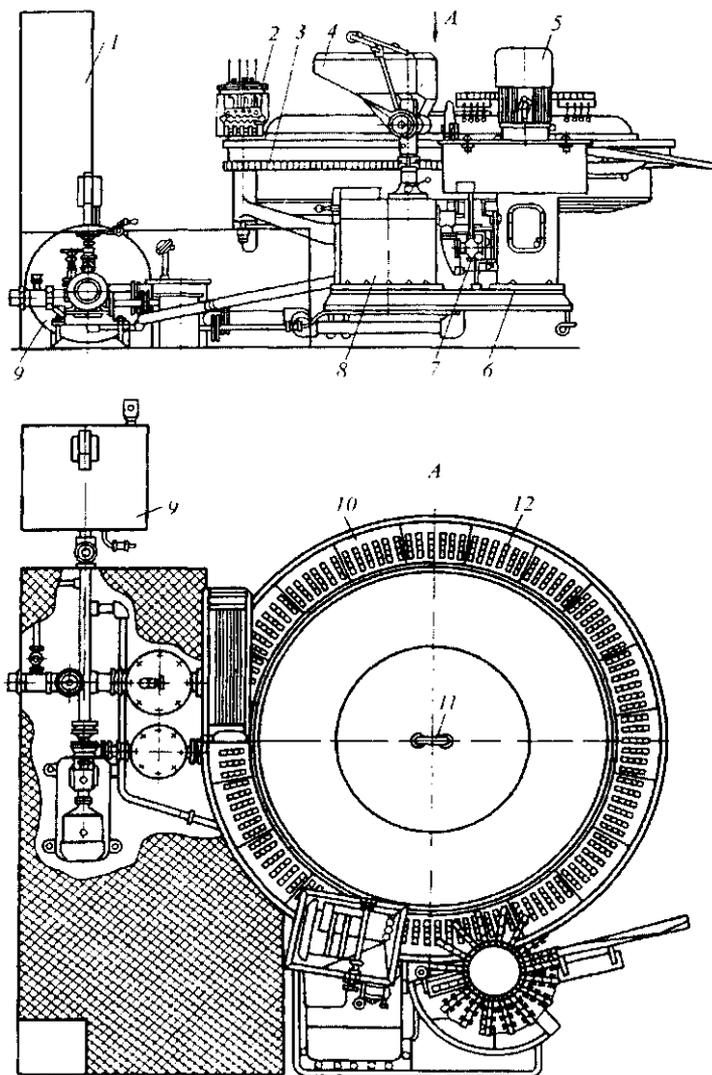
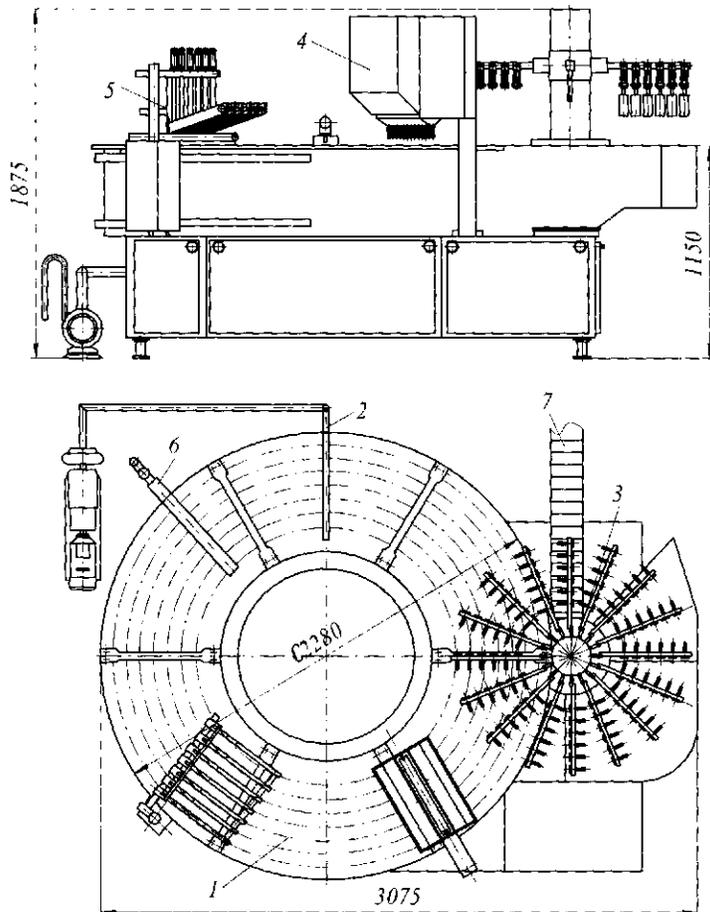


Рис. 19.27 Принципиальная схема эскимогенератора карусельного типа

Для забивки деревянных палочек под мороженое применяют палочкозабиватель 5, который крепится на кронштейнах к шинам поддона.

Глазиривочная головка 3 предназначена для выемки брикетов мороженого из формочек, перемещения к транспортеру заверточного автомата и укладки мороженого на транспортер. Головка состоит из корпуса, в котором во втулках на упорном подшипнике установлен стакан. На стакане закреплено зубчатое колесо, которое входит в

зацепление с роликами карусели и барабаном – носителем штанг. Глазирование брикетов мороженого производится путем погружения брикетов в шоколадную глазурь, после чего глазированное мороженое подается к сбрасывателю, освобождается от шипцов и сбрасывается на лотки транспортера заверточного автомата.



19.28 Эскимогенератор Л5-ОЭЖ

Техническая характеристика эскимогенератора Л5-ОЭЖ

Производительность, кг/ч	500
Масса порции эскимо с глазурью, г	100
Расход:	
холода, кВт	69,5
холодного рассола, м ³ /ч	25...30
горячего рассола, м ³ /ч	8
Температура мороженого, поступающего в дозатор, °С	-3,5
Установленная мощность, кВт	29,2
Габаритные размеры, мм	3075×2635×1875
Масса, кг	2600

Вертикальный льдогенератор Л-250 (рис. 19.29) представляет собой полый цилиндр 1, окруженный охлаждающей рубашкой. В рубашку подают жидкий хладагент. На внутреннюю поверхность цилиндра насосом подают воду через форсунки 5. Стекая, вода замерзает тонким слоем льда, который срезается ножом 2, укрепленным на вертикальной вращающейся оси 3. Полученный лед вместе с водой падает в поддон 4, откуда поступает в производство или для изготовления брикетов. Вертикальные снегогенераторы Л-250 имеют производительность 250 кг/ч.

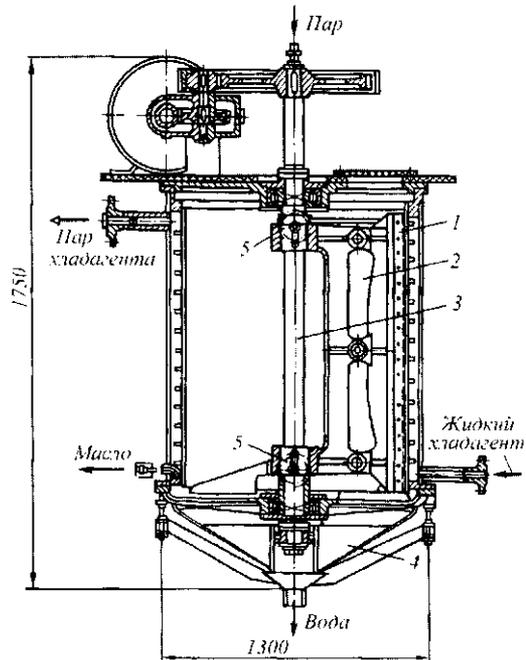


Рис. 19.29 Вертикальный льдогенератор

Техническая характеристика вертикального льдогенератора Л-250

Производительность, т/сут.....	6...7,2
Площадь рабочей поверхности цилиндра, м ²	1,96
Частота вращения ножевого ротора, мин ⁻¹	15
Температура кипения хладагента, °С.....	-22...-40
Установленная мощность двигателя, кВт.....	3,0
Габаритные размеры, мм.....	1600×1300×1750
Масса, кг.....	1220

Горизонтальный льдогенератор снежного и чешуйчатого льда (рис. 19.30) состоит из вращающегося стального цилиндра 1, погруженного в ванну 4, наполовину наполненную водой. Цилиндр имеет длину 900 мм и наружный диаметр 700 мм. Через уплотнения с помощью полого вала 3 к цилиндру с одной стороны подводят жидкий хладагент, с противоположной отсасывают образующийся пар. Цилиндр приводят во вращение от электродвигателя через редуктор с частотой вращения 8...12 мин⁻¹. Пленка льда толщиной 1...3 мм в виде сухих чешуек и влажной снежной массы срезается неподвижным ножом 2 и направляется по наклонной плоскости в бункер. Льдогенератор обслуживается холодильной установкой производительностью 46,6 кВт. При температуре кипения -20 °С производительность льдогенератора АИЛ-200 — примерно 180 кг/ч. Находят применение горизонтальные льдогенераторы чешуйчатого льда с подачей в цилиндр холодного рассола, предварительно охлажденного в испарителе холодильной машины.

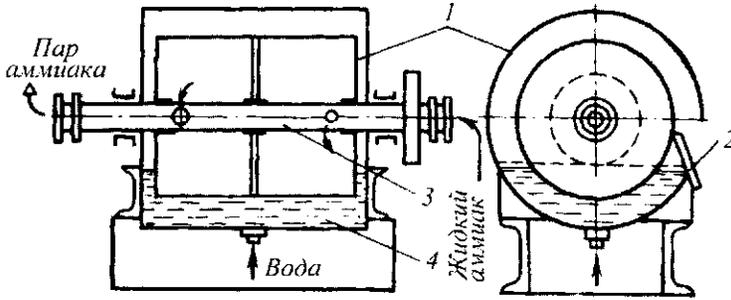


Рис. 19.30 Принципиальная схема льдогенератора горизонтального типа

Техническая характеристика горизонтального льдогенератора

Производительность при температуре окружающей среды 20 °С, кг/ч	25...30
Температура кипения фреона, °С	20...25
Температура льда, °С	-5
Питание от сети переменного трехфазного тока, В	380
Частота, Гц	50
Установленная мощность, кВт	0,2
Габаритные размеры, мм	1120×460×420
Масса, кг	70

Льдогенератор ЛТ-50 (рис. 19.31) состоит из двух блоков: льдоприготовительного отделения и машинного отделения. Все узлы льдогенератора смонтированы в металлическом корпусе, выполненном из листовой стали и установленном на регулируемых опорах.

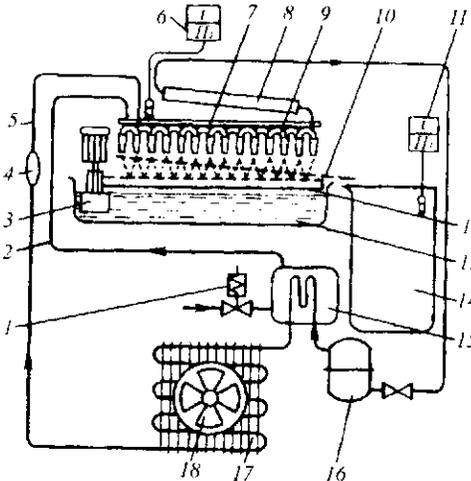


Рис. 19.31 Принципиальная схема льдогенератора ЛТ-50

Льдоприготовительное отделение, находящееся сверху над машинным отделением, состоит из теплоизолированного бункера для хранения льда; над ним расположена ванна 13, в которую поступает вода, расходующая для льда. В левой части ванны установлен насос 3, часть которого погружена в ванну с водой. Над ванной размещена оросительная трубка 2 с форсунками 12, соединенная с нагнетательным патрубком насоса резиновой трубкой. Для предотвращения попадания в бункер воды, выходящей из форсунок оросительной трубки в виде

фонтанчиков, предусмотрена защитная шторка.

Над оросительной трубкой установлен испаритель 9, представляющий собой прямоугольную пластмассовую ванну, в которую вставлены медные пальцы, соединенные между собой последовательно медными кулачками. Внутри каждого пальца имеется вертикальная перегородка. Под испарителем установлена наклонная решетка 10, по которой лед скатывается в бункер. Корпус льдоприготовительного отделения теплоизолирован.

В машинном отделении размещены холодильный агрегат, состоящий из компрессора 16, конденсатора 17, вентилятора 18, теплообменника 15, фильтра-осушителя 4 и электрощита.

При работе льдогенератора хладагент R22 дросселируется в капиллярной трубке 5 и поступает в пальцы испарителя. Насос подает в оросительный коллектор воду, которая выходит через его форсунки и омывает наружную поверхность пальцев испарителя. Часть воды слоями намерзает на пальцах, остальная стекает в ванну и вновь подается насосом в оросительную трубку в цикле.

Во время работы холодильной машины горячий пар хладагента, сжатый компрессором, подогревает воду в теплообменнике. Жидкий хладагент отделяется в отделителе 8.

При охлаждении испарителя до температуры $-6...-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ реле температуры 6 включает реле времени, которое через 13 мин включает холодильный агрегат и водяной насос. Электромагнитный вентиль 1 включается и, нагревающаяся в теплообменнике вода вытесняется в ванну испарителя 7 холодной водой из водопроводной сети. Пальцы испарителя подогреваются, образовавшиеся на них цилиндрики льда подтаивают, сходят с пальцев, падают на наклонную рубашку и соскальзывают в бункер 14, в котором установлено реле температуры 11.

Вода из ванны испарителя стекает через калиброванное отверстие в ванну насоса. Чтобы избежать переполнения ванны водой, в ней установлен переливной патрубок.

Через две минуты после начала оттаивания реле времени отключает электромагнитный вентиль, включает холодильный агрегат и водяной насос.

В режиме «Промывка» работает только водяной насос, который прокачивает воду (или моющий раствор) через оросительную трубку для удаления частиц минеральных солей с поверхности пальцев испарителя, форсунок оросительной трубки, лопастей и корпуса насоса.

Техническая характеристика льдогенератора ЛТ-50

Производительность при $t_b = 20$ и $t_{w1} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, кг/сут.....	50...5
Максимальная масса льда, находящегося в бункере, кг.....	25
Напряжение однофазного тока частотой 50 Гц, В.....	220
Установленная мощность, кВт.....	0,5
Давление воды на входе, МПа.....	0,08...0,6
Удельная масса воды на 1 кг льда, $\text{дм}^3/\text{кг}$	2,3
Зарядка хладагентом R12, кг.....	0,45
Габаритные размеры, мм.....	800×550×1100
Масса, кг.....	104

Льдогенератор типа АСМ (рис. 19.32) содержит в верхней части камеры испаритель 8, водяной коллектор с форсунками 1 и водяной насос 6. Под ними расположен бункер для льда 4. В нижней части льдогенератора находится машинное отделение, в котором размещены холодильный агрегат, состоящий из компрессора 9,

вентилятора 10, конденсатора 11, фильтра-осушителя 12, и электромагнитные вентили 5 и 13.

Испаритель 8 состоит из льдоформ, к которым припаян трубчатый змеевик. Насос подает воду из ванны в коллектор. Проходя через форсунки, вода разбрызгивается и попадает в стаканчики, на внутренней поверхности которых образуется постоянно увеличивающийся слой льда. Часть охлажденной воды стекает в ванну и снова насосом подается в коллектор. С понижением температуры кипения хладагента термореле испарителя включает реле времени. Хладагент поступает в змеевик испарителя через капиллярную трубку, навитую на отделителе жидкости. Пар отсасывается компрессором через отделитель жидкости 7.

Через 25 мин работы льдогенератора в режиме замораживания открываются электромагнитные вентили 5 и 13. Через один из них горячий пар нагнетается компрессором 9 в испаритель 8, а через другой теплая вода поступает в поддон, омывая испаритель. Цилиндрики льда в стаканчиках подтаивают, отделяются от форм, попадают на наклонную плоскость коллектора и, отгибая шторку, скатываются в бункер 4 через дверцу 3. Цикл оттаивания длится около 3 мин, после чего реле времени переключает льдогенератор на цикл намораживания льда, отключая электромагнитные вентили, вода, оставшаяся в поддоне испарителя, через имеющиеся отверстия стекает в ванну. Уровень воды в ней поддерживается не выше верхнего конца переливной трубки. Корпус льдогенератора находится в теплоизоляции 2.

Техническая характеристика льдогенераторов типа АСМ представлена в табл. 19.4.

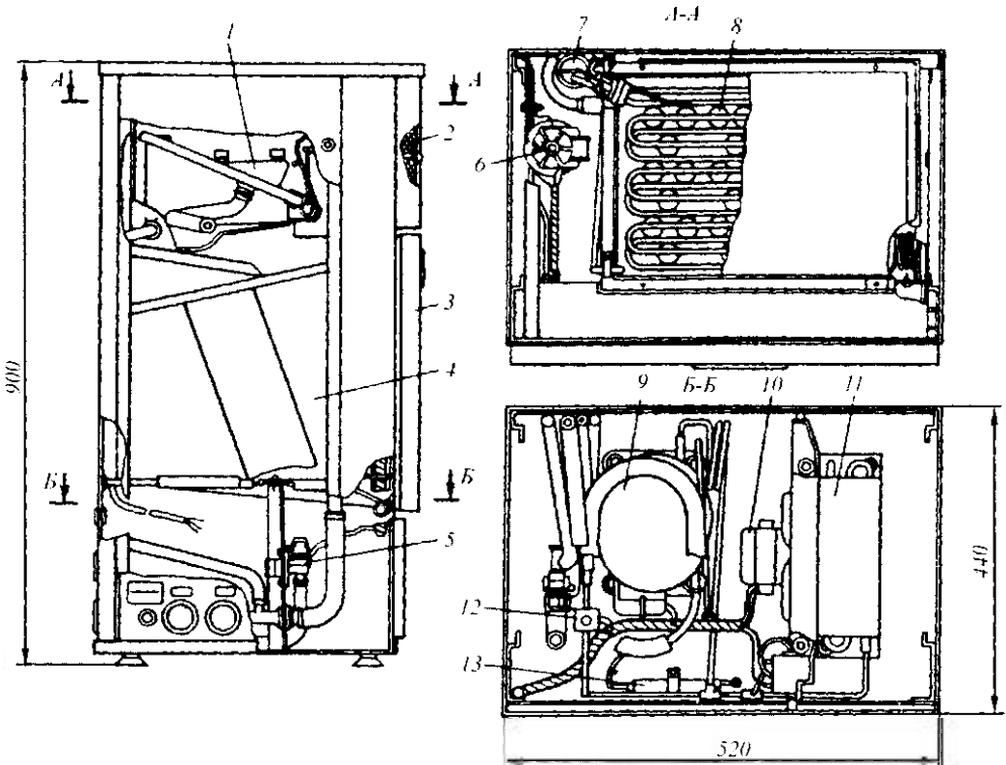


Рис. 19.32 Льдогенератор типа АСМ

Таблица 19.4 Техническая характеристика льдогенераторов типа АСМ

Показатель	АСМ85АЕ6	АСМ125АЕ6	АС225АЕ6
Производительность по льду в сутки, кг	35	60	110
Установленная мощность, Вт	450	700	1200
Расход воды, дм ³ /сут	3,5	5	6,5
Холодопроизводительность агрегата, Вт	280	370	740
Масса хладагента R22 в системе, кг	0,4	0,5	0,85
Габаритные размеры, м	0,44×0,52×0,9	0,675×0,52×0,88	1,07×0,613×1,126
Вместимость бункера, кг	17	30	70
Масса, кг	50	75	115

Инженерные расчеты. Производительность фризера периодического действия P_{ϕ_n} (кг/ч) определяют по формуле

$$P_{\phi_n} = (V_{\phi} \rho_n) / \tau_{\phi},$$

где V_{ϕ} – вместимость цилиндра, м³; ρ_n – плотность обрабатываемого продукта, кг/м³; τ_{ϕ} – продолжительность работы фризера, включающая продолжительность операций загрузки смеси мороженого, фризирования и разгрузки, ч.

Производительность работы фризера непрерывного действия P_{ϕ_n} (кг/ч) рассчитывают по формуле

$$P_{\phi_n} = 3,6 \cdot 10^{-3} m_n \delta n k_{\phi} S_{\phi} [(\rho_{см} + \rho_m) / 2],$$

где m_n – число ножей; δ – толщина срезаемого слоя, мм; n – частота вращения ножей, с⁻¹; k_{ϕ} – коэффициент, учитывающий неравномерность срезания намороженного слоя; S_{ϕ} – площадь поверхности охлаждения цилиндра, м²; $\rho_{см}$, ρ_m – плотность соответственно смеси и мороженого, кг/м³.

Расход холода Φ (кДж/ч) для фризера определяют по формуле

$$\Phi = \{ P_{\phi} [c_{см} (T_{см} - T_{кр}) + c_m (T_{кр} - T_m) + 3,36 G_m] + 3600 N \eta_m \} / \eta_m,$$

где $c_{см}$ и c_m – теплоемкость смеси мороженого и готового мороженого, кДж/(кг·К); $T_{см}$ – температура поступающей во фризер смеси, К; T_m – температура мороженого, К; G_m – масса воды в 1 кг мороженого, кг; N – мощность, потребляемая фризисром, кВт; η_m – механический КПД фризера; η_m – коэффициент, учитывающий потери холода.

Теоретическая производительность эскимогенератора карусельного типа P_m (шт/ч) определяется в виде

$$P_m = n \cdot z,$$

где z – число форм в карусели, шт.; n – частота вращения карусели, ч⁻¹.

$$z = m h,$$

где m – радиальное число формочек, ряд; h – число формочек в ряду.

Фактическая производительность льдогенератора Π (кг/ч) равна

$$\Pi = 3600G_2 / T,$$

где G_2 – средняя масса гранул льда, получаемых за один цикл, кг; T – полный цикл производства гранул льда, с.

Масса воды m_e (кг), находящейся в ванне льдогенератора для замораживания,

$$m_e = \rho \{ l b h_e - [(\pi d_u^2 h_u) / 4] \},$$

где ρ – плотность воды, кг/м³; l – длина ванны, м; b – ширина ванны, м; h_e – высота слоя воды, м; n – количество цапф; d_u – диаметр цапфы, м; h_u – глубина погружения цапфы в воду, м.

Тепловая нагрузка Φ (кВт) на холодильную установку льдогенератора

$$\Phi = \Phi_e + \Phi_m + \Phi_o,$$

где Φ_e – теплопритоки от воды при ее охлаждении, замораживании и охлаждении гранул льда до конечной температуры, кВт; Φ_m – теплопритоки от металлоконструкций, отепляемых при оттаивании льда и охлаждаемых при замораживании, кВт; Φ_o – теплопритоки от окружающей среды через ограждающие конструкции льдогенератора, кВт.

$$\Phi_e = [c_e m_e T_e + G_L (r - c_L T_L)] / \tau_n,$$

где c_e – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К); T_e – начальная температура воды, К; G_L – масса льда, получаемого за цикл работы льдогенератора, кг; r – удельная теплота фазового перехода, кДж/кг; c_L – удельная теплоемкость льда, кДж/(кг·К); T_L – средняя температура гранул льда, К; τ_n – время намораживания гранул льда, с.

$$G_L = G_c (1 + y),$$

где G_c – средняя масса гранул льда, получаемых за один цикл, кг; y – массовая доля льда, подтаявшего при освобождении цапф,

$$y = \left[(d + 2\delta)^2 - d^2 \right] - (d_2^2 - d^2),$$

где d – диаметр труб испарителя, м; δ – толщина подтаявшего слоя льда, м; d_2 – наружный диаметр гранул льда, м.

$$\Phi_m = [G_m + c_m (T_{om} - |T_0|)] / \tau_n,$$

где G_m – масса металлоконструкций, отепляемых при оттаивании льда и охлаждаемых при замораживании, кг; c_m – удельная теплоемкость материала испарителя, кДж/(кг·К); T_{om} – температура нагревания испарителя при оттаивании, К; T_0 – температура испарения фреона, К.

$$\Phi_o = 0.15\Phi_e.$$



Уж лучше совсем не помышлять об отыскании
каких бы то ни было истии, чем делать это
без всякого метода, ибо совершенно несомненно
то, что подобные беспорядочные занятия
и темные мудрствования помрачают
естественный свет и ослепляют ум.
ДЕКАРТ РЕНЕ (1596- 1650)
французский философ и математик

19.7 УСТАНОВКИ КРИОГЕННОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ

Криогенное замораживание пищевых продуктов жидким азотом протекает быстро и при очень низких температурах. Существует несколько способов замораживания пищевых продуктов с помощью жидкого азота: при непосредственном контакте с газообразным азотом; погружением в азот; орошением жидким азотом. При обычных условиях азот – инертный газ без запаха и вкуса, который при контакте с пищевыми продуктами вредного влияния на них не оказывает. Получают азот путем сжижения воздуха с последующим его разделением на азот и кислород в ректификационных колоннах, используя разности температур кипения при атмосферном давлении: азота $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, а кислорода $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура замерзания азота составляет $-210\text{ }^{\circ}\text{C}$, удельная теплота парообразования 200 кДж/кг , плотность жидкости $0,81\text{ кг/л}$, плотность газа $1,251\text{ кг/м}^3$, коэффициент теплопроводности жидкости $0,207\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, газа $0,026\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, удельная теплоемкость жидкости $0,573\text{ Вт/(кг}\cdot\text{К)}$, газа – $0,29\text{ Вт/(кг}\cdot\text{К)}$. Для устранения растрескивания при замораживании в жидком азоте продукт предварительно охлаждают парами азота.

Установка для замораживания продуктов жидким азотом (рис. 19.33) состоит из конвейера загрузки 1, грузового конвейера 2, размещенных в изолированной камере 4, снабженной вентилятором 3, а также коллектора 5 с форсунками для распыления жидкого азота и конвейера выгрузки 7.

Пары азота из средней II зоны с помощью вентилятора 3 направляются в I зону предварительного охлаждения, где продукт б охлаждается до $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Затем продукт поступает в зону замораживания II, а отсюда в зону выравнивания температур III по объему продукта до средней конечной температуры. Азот выходит из установки с

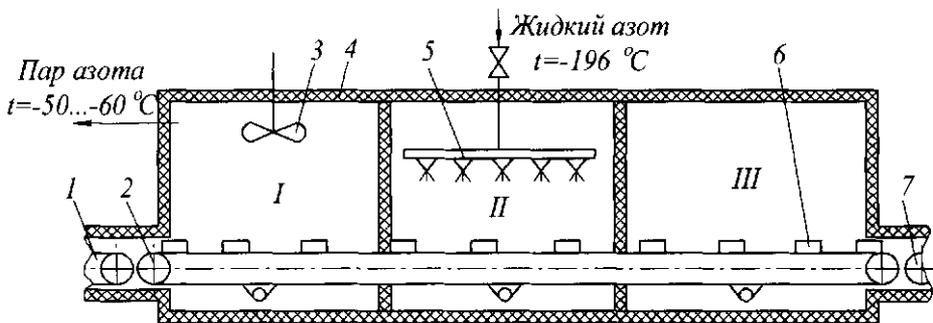


Рис.19.33 Принципиальная схема установки для замораживания продуктов жидким азотом

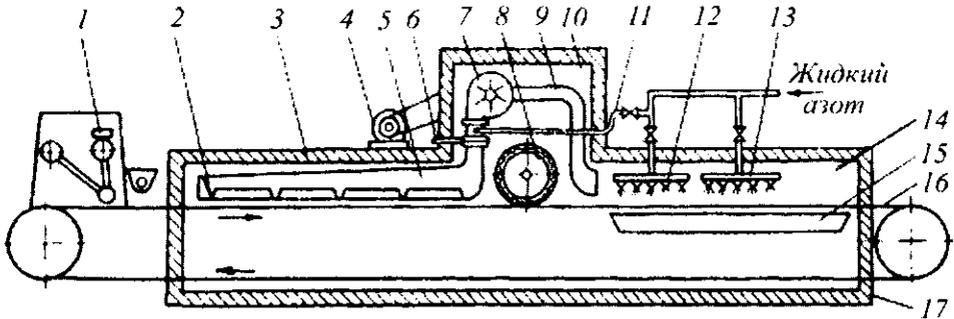


Рис. 19.34 Принципиальная схема установки для замораживанияпельменей жидким азотом

температурой $-50...-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. В такой установке отсутствует машинное охлаждение, она проста в обслуживании, в ней не требуется постоянный источник энергии, а также отсутствует система оттаивания.

Установка для замораживанияпельменей жидким азотом представлена на рис. 19.34. Штамповка и замораживаниепельменей осуществляется непосредственно на металлической ленте 16 конвейера из коррозионно-стойкой стали, над которой установлен пельменный аппарат 1. На раме конвейера установлена изотермическая морозильная камера 17 с двойными стенками с поворотной заслонкой 2. В камере установлены четыре температурные зоны. В зоне предварительного охлаждения 3 продукт охлаждается холодными парами газообразного азота. В зоне штамповки 10 тестовая трубка с фаршем подается под штамп, где образуются пельмени. В зоне орошения 12 пельмени замораживаются путем орошения их жидким азотом, поступающим из емкости под избыточным давлением. В зоне выравнивания температур 14 устанавливается одинаковая температура по всей массе продукта. В зоне предварительного охлаждения размещается нагнетательный воздуховод 5 прямоугольного сечения с щелевыми насадками, обращенными к ленте, и двумя шиберными заслонками 6, позволяющими регулировать количество подаваемого газа, изменять его скорость и направление движения над продуктом.

Для получения и подбора необходимых температур в воздуховод врезан трубопровод подачи жидкого азота 11, который, испаряясь, охлаждает воздушный поток до $-50...-120\text{ }^{\circ}\text{C}$. В зоне штамповки установлен штамповочный пельменный барабан 8 и вентилятор 7 с электродвигателем 4 для нагнетания с помощью воздуховода 9 паров азота, образующихся в зоне орошения, в зону предварительного охлаждения.

В зоне орошения установлено три коллектора 13, с десятью форсунками на каждом, для распыления жидкого азота при температуре $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для сбора неиспарившегося жидкого азота под лентой конвейера установлен поддон 15 из коррозионно-стойкой стали. При переполнении поддона азот насосом снова подается в форсунки, при этом перекрывается соленоидный клапан на трубопроводе подачи жидкого азота из емкости.

Зона выравнивания температур специально не охлаждается, но из-за близкого расположения зоны орошения в ней достигается температура $-20...-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Время обработкипельменей в зонах: предварительного охлаждения – 60 с, штамповки – 10 с, орошения – 90 с, выравнивания температур – 30 с. Выравнивание температур продолжается 3...5 мин. Для уменьшения длины установки целесообразно зону выравнивания температур устанавливать под основной лентой конвейера (под зоной орошения).

Инженерные расчеты. Оценка затрат энергии на замораживание продукта до различных температур при использовании крио процессов производится на основе величины холодильного коэффициента ε

$$\varepsilon = \Phi_0 / N ,$$

где Φ_0 – расход теплоты, отводимой от продукта при замораживании, кВт; N – затраты мощности на замораживание, кВт.

Расход теплоты Φ_0 (кВт), отводимой от продукта при замораживании от заданной начальной до заданной конечной температуры, равен

$$\Phi_0 = (m\Delta i) / \tau ,$$

где m – масса продукта, кг; Δi – разность удельных энтальпий продукта при начальной и конечной температурах продукта, кДж/кг; τ – продолжительность замораживания, с.

Продолжительность замораживания τ рассчитывается по формуле Планка как

$$\tau = [\Delta i \rho / (T_{нз} - T_0)] (\delta / 2) (\delta / 4\lambda + 1 / \alpha) = A [\Delta i / (T_{нз} - T_0)] ,$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·К; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м·К; ρ – плотность продукта кг/м³; δ – толщина продукта, м; $A = (\rho\delta / 2) (\delta / 4\lambda + 1 / \alpha)$ – комплекс, зависящий от вида, размеров продукта и условий замораживания; $T_{нз}$ – температура начала замерзания, К; T_0 – температура кипения хладагента, К.

Затраты мощности на замораживание N (кВт) рассчитывается в виде

$$N = \Phi_0 / \varepsilon = [m(T_{нз} - T_0)(T - T_0)] / AT_0 ,$$

где T – температура окружающей среды, К.



...Какова бы ни была профессия молодого специалиста – рабочий ли он, инженер, педагог, агроном, врач, научный работник, - важно чтобы он был творческим человеком.
НЕСМЕЯНОВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ (1899–1980)
химик-органик, академик АН СССР

19.8 ТЕХНИКА БУДУЩЕГО: НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Морозильная камера (Пат. № 2162578 РФ, F25 D13/00) предназначена для использования в холодильной технике.

На рис. 19.35 представлена морозильная камера. Морозильная камера содержит теплоизолированный корпус 1 с отсеками 2 для размещения продуктов, каждый из которых образован горизонтальной панелью 3 с встроенным в нее контуром 4 циркуляции хладагента, поддон 5 для сбора воды.

Морозильная камера снабжена встроенным в каждую горизонтальную панель 3 контуром 6 циркуляции теплоагента для оттаивания морозильной камеры, съемными перфорированными вставками 7 с отверстиями 8, выполненными из низкотеплопроводного материала, например, стеклопластика, и экраном 9. Горизонтальные панели 3 выполнены перфорированными и имеют отверстия 10. Каждая перфориро-

ванная вставка 7 размещена над горизонтальной панелью 3, а экран 9 размещен под панелью 3. Каждый экран 9 образован в виде жалюзи 11 желобообразной формы и посредством водоотводящего трубопровода 12 сообщен с поддоном 5. При закрытии жалюзи 11 последние образуют желоба 13, сообщенные с трубопроводом 12.

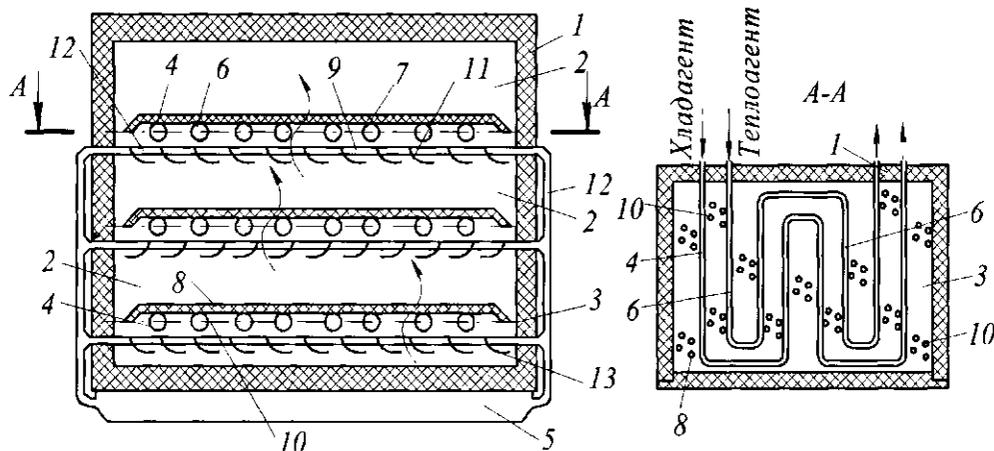


Рис. 19.35 Морозильная камера

Хладагент, например сжиженный пропан, подают в контур 4 циркуляции, где жидкий пропан испаряется, отбирая тепло от горизонтальной панели 3 и соприкасающегося с ней воздуха, циркулирующего за счет естественной конвекции. Продукты, размещенные в отсеках 2 на вставках 7, охлаждаются и увлажняются от циркулирующего охлажденного воздуха, который проходит по отсекам 2 через отверстия 10 в горизонтальных панелях 3 и отверстия 8 во вставках 7. При работе морозильной камеры в режиме «хранения продуктов» в приоткрытом состоянии обеспечивается свободная циркуляция воздуха между отсеками 2.

При работе морозильной камеры в режиме оттаивания жалюзи 11 в экранах 9 закрывают, прекращают прокачку хладагента в контуре 4 циркуляции и подают в контур 6 циркуляции теплоагент, который отогревает панели 3. При этом талая вода, образующаяся при таянии льда, намороженного на панелях 3, стекает в желоб 13 и посредством водоотводящего трубопровода 12, сообщенного с желобами 13, поступает в поддон 5, откуда по мере накопления удаляется.

Вставки 7, выполненные из низкотеплопроводного материала, исключают контакт продуктов с горизонтальной панелью 3, а, следовательно, продукт предохраняется от примерзания к панели 3 и от нагрева при оттаивании камеры. Кроме того, съемная вставка 7 служит в качестве полки, которая позволяет выгружать и загружать продукты в морозильную камеру.

Морозильная камера отличается тем, что она снабжена встроенным в каждую горизонтальную панель контуром циркуляции теплоагента для оттаивания морозильной камеры, съемными перфорированными вставками из низкотеплопроводного материала и экраном, при этом горизонтальные панели выполнены так, что каждая перфорированная вставка размещена над горизонтальной панелью, экран – под последней, причем каждый экран образован жалюзи желобообразной формы и посредством водоотводящего трубопровода сообщен с поддоном.

Скороморозильный аппарат непрерывного действия для продуктов растительного происхождения (Пат. № 2162 992 РФ, F25 D13/00) предназначен для использования в пищевой и сельскохозяйственной промышленности для холодильной обработки продуктов растительного происхождения.

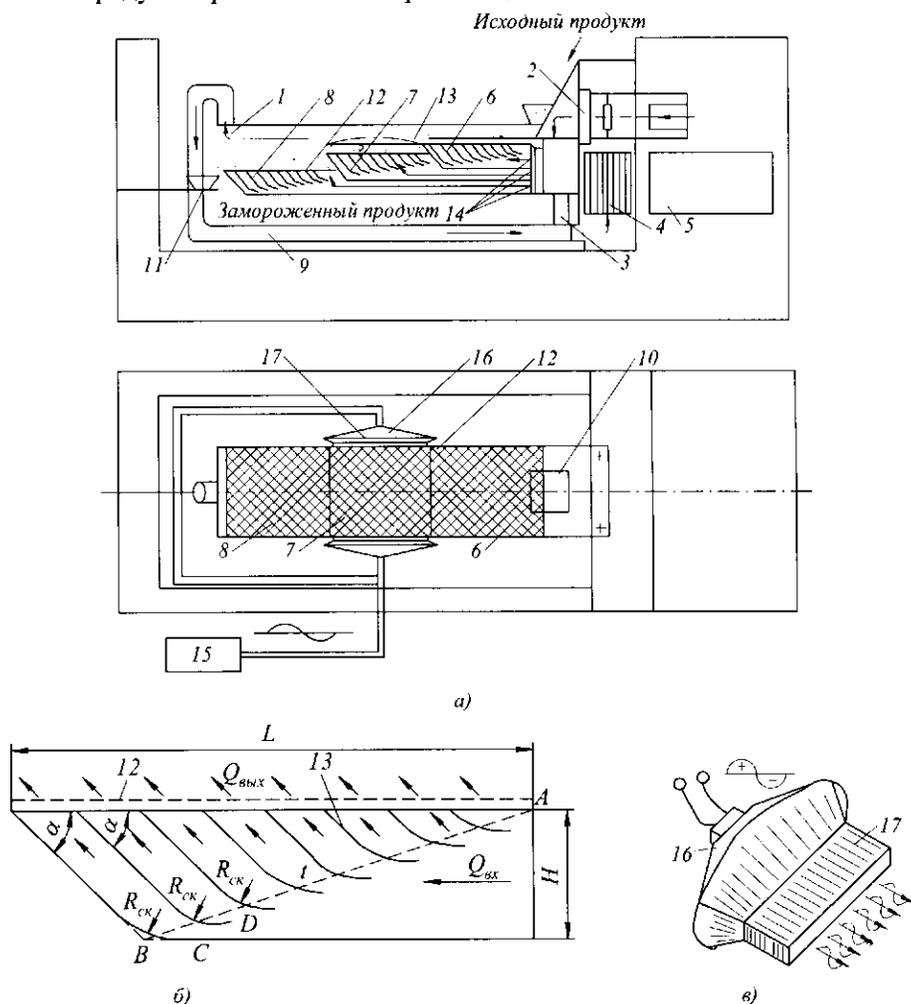


Рис. 19.36 Скороморозильный аппарат непрерывного действия

На рис. 19.36 изображен скороморозильный аппарат непрерывного действия для продуктов растительного происхождения: а – общий вид; б – схема размещения лопаток в каскаде; в – звукоизолирующее устройство.

Скороморозильный аппарат непрерывного действия содержит камеру 1, нагнетающие вентиляторы 2 и 3, теплообменник 4, холодильную машину 5, газораспределительную систему, выполненную ступенчато в форме трех каскадов 6, 7, 8 охлаждения, газоотводящий канал 9, загрузочный и разгрузочный желобы 10 и 11. Каждый каскад состоит из воздухораспределительной решетки 12 с направляющими лотками 13, расположенными под углом α . Причем линия АВ центров направляющих лопаток

13 (например, CD) расположена по диагонали АВ каскада охлаждения под углом β , определяемым соотношением:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{1}{\frac{L}{H} - \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}},$$

где L – длина воздухораспределительной решетки 12 каскада охлаждения; H – высота входа потока воздуха в каскад охлаждения.

Линия центров направляющих лопаток – прямая АВ, на которой расположены точки пересечения касательных к криволинейной поверхности направляющей лопатки.

Радиус скругления лопаток 13 находится по формуле:

$$R_{\text{ск}} = \frac{t}{2 \sin \frac{\alpha}{2}},$$

где $t = (0,25 - 0,5) H$ – хорда дуги скругления.

Для регулировки подачи хладоносителя в каждом каскаде аппарата предусмотрены заслонки 14. Второй каскад 7 имеет звукоизлучающие устройства, смонтированные в стенки камеры и подключенные к генератору 15 низкой частоты. Они состоят из электродинамических излучателей 16 и шелевых концентраторов 17 звука для усиления воздействия на продукт.

Мелкоштучный продукт непрерывно подается в камеру 1. На первом каскаде 6 продукт предварительно охлаждается до криоскопической температуры (например, $0 \dots -5$ °С), а на втором каскаде 7 происходит его замораживание в звуковом поле при криоскопической температуре, на третьем каскаде 8 продукт дозамораживается до заданной температуры (например $-10 \dots -20$ °С). Направляющие лопатки 13, установленные таким образом, как описано выше, обеспечивают прохождение воздуха между ними, подвод его к продукту и равномерное охлаждение последнего. Все это способствует направленному движению продукта в псевдооживленном состоянии от загрузочного желоба к разгрузочному желобу 11. Отработанный воздух по газоотводящему каналу 9 поступает на теплообменник 4, а затем вентиляторами 2 и 3 подается на замораживаемый продукт, в результате чего создается замкнутый цикл циркуляции воздуха внутри аппарата.

Скороморозильный аппарат непрерывного действия отличается тем, что газораспределительная система выполнена ступенчато в форме трех каскадов, а линия центров направляющих лопаток расположена по диагонали под углом β .

Эскимогенератор (Пат. № 2176888 РФ, А23 G9/08) предназначен для производства мороженого в виде брикетов со вставленными палочками (эскимо).

На рис. 19.37, а изображен фрагмент общего вида эскимогенератора, разрез А-А, разрез Б-Б; b – носитель со щеткой; v – установка щетки и крепление. Эскимогенератор содержит горизонтальную вращающуюся карусель 1 с формочками 2, короб 3, выполненный в виде замкнутого кольца и установленный под каруселью 1, ванну 4 для замораживания мороженого с двойным перфорированным дном 5, боковыми стенками 6 и торцовыми стенками 7 в виде волосяных щеток, имеющих разную высоту в соответствии с профилем формочек и зазором между ними, расположенных на носителе 8, движущихся по направляющей 9 с помощью коромысла 10 и стержня

11 с закрепленным на конце роликом 12, который движется по копиру 13, патрубки 14 для подачи теплоносителя в виде холодного рассола или горячей воды.

Эскимогенератор работает следующим образом: радиальные ряды формочек 2, находящиеся на карусели 1, передвигаются прерывисто по окружности, проходя зоны замораживания и оттайки, теплоноситель через патрубок 14 подается в междонное пространство ванн 4 и через перфорированное дно к формочкам, проходящим через ванну 4.

Рассол полностью заполняет ванну, омывая формочки 2 по всей высоте, и сливается через верх боковых стенок, и только часть теплоносителя сливается через

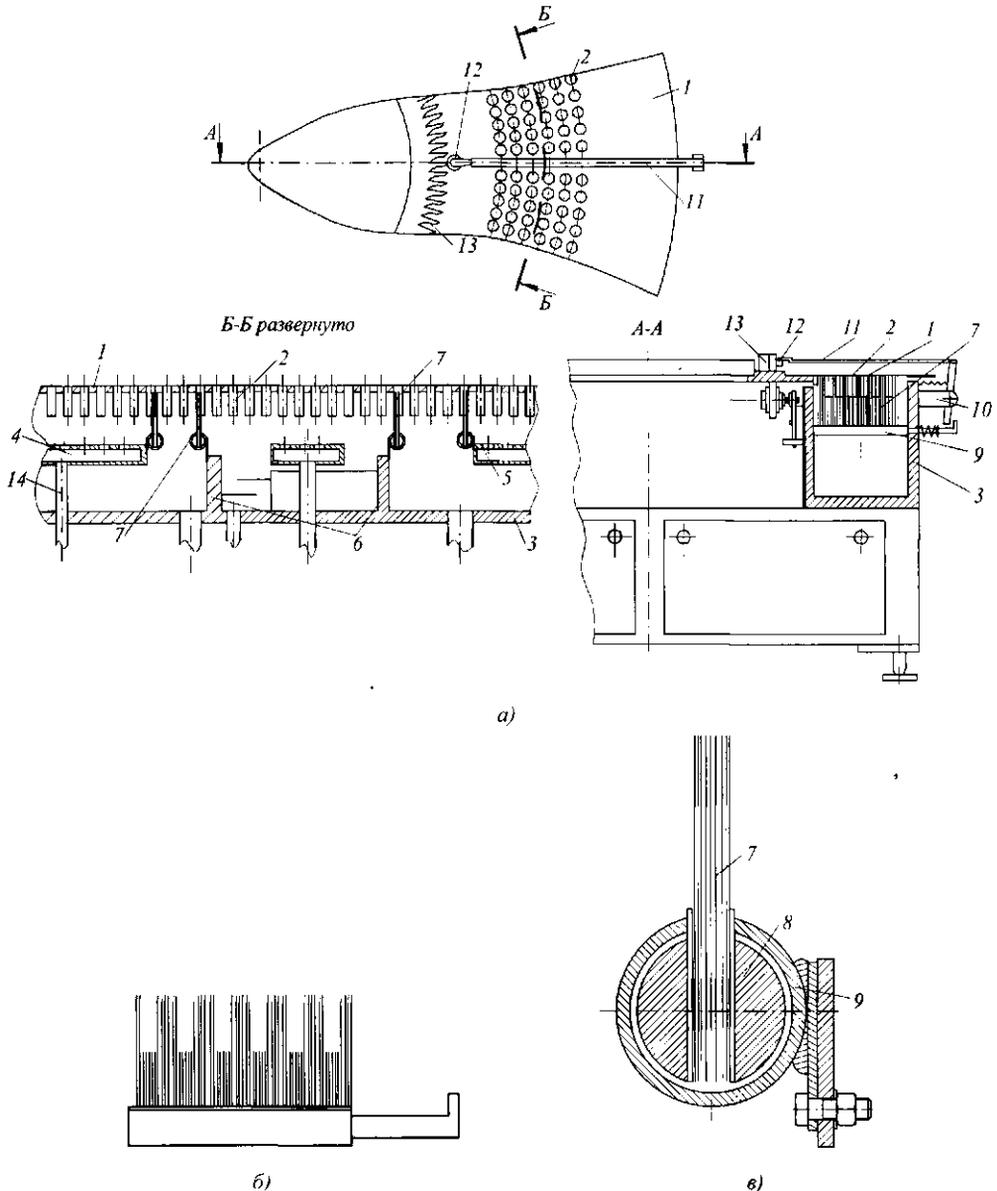


Рис. 19.37 Эскимогенератор

торцевые стенки, просачиваясь через щетки. При этом щетки, закрепленные на носителе 8, движутся по направляющей 9 возвратно-поступательно с помощью подпружиненного коромысла 10, на конце которого шарнирно закреплен стержень 11, на другом конце установлен ролик 12, который движется по копиру 13, закрепленному на карусели 1, что позволяет увеличить теплоотдачу от теплоносителя к мороженому за счет уменьшения термического сопротивления, так как щетки убирают излишки оставшегося рассола и не дают ему испаряться и оставлять соли, что ведет к увеличению производительности.

Эскимогенератор, отличается тем, что щетки размещены на носителе, установленном с возможностью возвратно-поступательного движения по направляющей.

Устройство для хранения продуктов при низких температурах (Пат. № 2162577 РФ, F25 D13/00) предназначено для установки, например, в бортовых холодильниках, применяемых на борту космической орбитальной станции типа «Мир».

На рис. 19.38 показано устройство для хранения продуктов при низких температурах, оно содержит теплоизолированный контейнер 1 с вертикальными боковыми стенками 2, размещенный в нем испаритель 3 с контуром 4 циркуляции хладагента, закрепленный на стенке 5 контейнера 1 вентилятор 6 для принудительного охлаждения, отсеки 7 для размещения продуктов, образованные съемными полками 8, расположенными одна под другой под испарителем 3. Устройство снабжено дополнительным контуром 9 циркуляции хладагента, подключенным посредством гибких связей 10, выполненных, например, из пластичных фторопластовых труб, металлических рукавов и так далее, к основному контуру 4 циркуляции хладагента в испарителе 3. Дополнительный контур 9 циркуляции хладагента размещен в одной из съемных полок 11. В вертикальных противоположных боковых стенках 2 контейнера 1 выполнены пазы 12 для перемещения по ним одной из полок 11, снабженной защелками 13 для фиксации ее в требуемом положении по высоте контейнера 1. Дополнительный контур 9 циркуляции хладагента имеет элементы для подключения к автономной установке 16 прокачки хладагента, содержащие магистрали 14 прокачки хладагента с отсечными клапанами 15.

Такой автономной установкой 16 может быть, например, холодильная машина.

Хладагент, например сжиженный пропан, подают в контур 4 циркуляции хладагента испарителя 3, где жидкий пропан испаряется, отбирая тепло от стенок испарителя 3 и соприкасающегося с ним воздуха. Охлажденный воздух от испарителя 3 поступает в отсеки 7, где охлаждает и увлажняет размещенный там продукт. Перемещение воздуха в контейнере 1 производится посредством вентилятора 6 или естественной конвекцией.

Хладагент, подаваемый в дополнительный контур 9 циркуляции по гибким связям 10 от контура циркуляции 4 испарителя 3, проходит через отсечные клапаны 15 в магистраль 14, которая соединяется с автономной установкой 16.

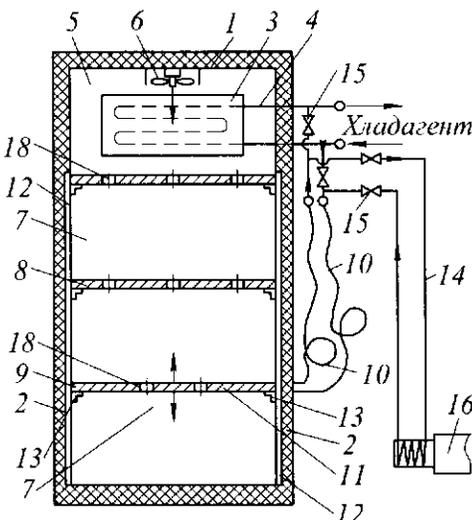


Рис. 19.38 Устройство для хранения продуктов при низких температурах

рителя 3 или от автономной установки 16 прокачки хладагента, охлаждает полку 11 и дополнительно доохлаждает продукт, размещенный в отсеках 7, и циркулирующий в них воздух. В зависимости от температуры прокачиваемого хладагента в дополнительном контуре 9 циркуляции осуществляют регулировку охлаждения продуктов по отсекам 7, перемещая полку 11 выше или ниже и фиксируя ее посредством защелок 13 по высоте контейнера 1. Гибкие связи 10 обеспечивают работу контура 9 и перемещение полки 11 по пазам 12 между отсеками 7.

Полки 8, образующие отсеки 7 и предназначенные для размещения на них продуктов, выполнены съемными и при необходимости вынимаются из контейнера 1, например, при размещении негабаритных продуктов или для обеспечения передвижения полки 11 в соседний отсек 7 (по высоте контейнера 1) достигают заданный температурный уровень в любом отсеке 7, при этом полку 11 используют в качестве полки 8 для размещения на ней продуктов. Полка 11 и полка 8 содержат отверстия 18 для циркуляции воздуха внутри контейнера 1.

Устройство для хранения продуктов при низких температурах отличается тем, что оно снабжено дополнительным контуром циркуляции хладагента.

Установка для вымораживания восковых веществ из растительных масел (Пат. № 2156280 РФ, С11 В3/00) предназначена для вымораживания (винтеризации) восковых веществ.

На рис. 19.39 изображена схема установки для криогенного вымораживания восковых веществ из растительных масел: *а* – технологическая линия; *б* – криогенный аппарат для вымораживания восковых веществ из растительных масел; *в* – вид трубчатой мешалки. Технологическая линия для криогенного вымораживания восковых веществ из растительных масел состоит из насосов 1, 3, 9, 12 и 14, емкости 2, теплообменника 4, охладителя 5, криогенного аппарата 6, фильтров 7, сборника осадка 8, промежуточного сборника 10, смесителя 11 и нагревателя 13.

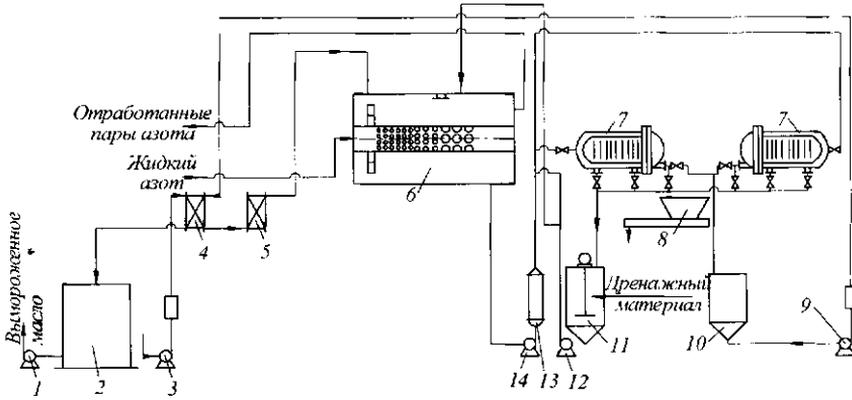
Аппарат криогенного замораживания (рис. 19.39, *б*) включает в себя металлический корпус 1 с привернутой к нему крышкой 2, медленно вращающимся перфорированным валом 3 и приваренной к нему трубчатой мешалкой с отверстиями для равномерного распределения паров азота по объему аппарата, и скребками 4 для очистки боковых стенок аппарата от налипшего продукта, а также осевого вентилятора 5, установленного на раме 6, имеющей возможность установки оси вентилятора перпендикулярно поверхности масла для аналогичных целей, патрубков для загрузки 7 и выгрузки 8 продукта, патрубка для подсоединения центробежного вентилятора для отвода паров азота 9.

В зоне загрузки жидкого продукта установлен стакан 10 из пищевого фторопласта с целью исключения образования наростов загустевшего масла на стенках корпуса. Вал выполнен с различной степенью перфорации по длине.

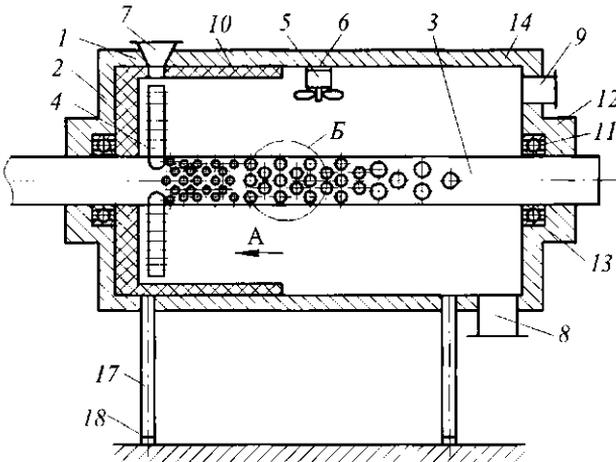
Трубчатая мешалка (рис. 19.39, *в*) представляет собой перфорированные трубки 10, приваренные к валу под углом 120°, в количестве 6 штук с приваренными к ним шайбами 15 для обеспечения равномерного распределения азота через торцевые поверхности трубок.

Вал 3 (рис. 19.39, *б*) вращается в подшипниковых опорах, состоящих из подшипников 11 и крышки 12. Во избежание попадания в подшипники продукта они уплотняются с одной стороны стаканом 10, а с другой – металлическим пружинным кольцом с фторопластовой оболочкой 13.

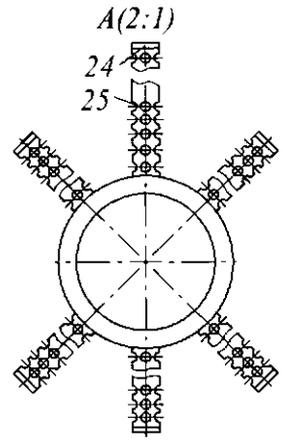
С целью исключения теплопритоков из окружающей среды в рабочую зону аппарата и во избежание образования снеговой шубы аппарат снабжен теплоизоляцией 14 из супертонкого стекловолокна.



а)
Рис. 19.39 Установка для вымораживания восковых веществ



б)
Рис. 19.39 Продолжение



в)

Масло насосом 3 подается в регенерационный теплообменник 4, где охлаждается вымороченным маслом, затем поступает в охладитель 5, в котором температура масла понижается до 4...12 °С, далее направляется в аппарат криогенного замораживания 6. Из него масло насосом 14 через нагреватель 13 перекачивается в фильтры 7. Для улучшения условий фильтрования масло подогревается горячей водой до 20 °С в нагревателе 13, а на фильтре создают дренажный слой. Для этого в смеситель 11 подают фильтрованное масло из фильтров 7 и дренажный материал (обычно кизельгур). Готовят при перемешивании 3...5 %-ную суспензию дренажного материала в масле и насосом 12 ее непрерывно подают в линию масла в количестве 0,1...0,5 % к массе масла, поступающего на фильтрование. Для создания условий

лучшей кристаллизации периодически в криогенный аппарат 6 при помощи насоса 12 подается суспензия в количестве 0,05...0,1 % к массе масла для образования центров кристаллизации.

Криогенный аппарат (рис. 19.39, б) работает следующим образом. Масло подается непрерывно в верхний патрубок 7, попадает на мешалку 16, из отверстий которой и из перфорированного полого вала поступают пары азота. Азот подается из емкости для хранения в отверстия вала под давлением 0,25 МПа, что препятствует попаданию масла в отверстия.

При вращении вала 3 масло поступательно движется из патрубка загрузки 7 к патрубку выгрузки 8, претерпевая стадии охлаждения, переохлаждения и кристаллизации. Осевой вентилятор 5 в процессе работы равномерно распределяет пары азота по всему объему аппарата.

Поступательное движение обрабатываемого масла удается создать за счет возможности изменения высоты стоек аппарата 17. Левые стойки должны быть выполнены в виде двух соединенных нержавеющей труб, различного диаметра, расположенных соосно одна другой с просверленным отверстием для регулировочного винта, находящегося в этом отверстии, или с помощью накладной гайки 18, закрепленной под стойками.

Вымороженное таким образом масло (рис. 19.39, а) поступает на фильтры 7, в которых возможно использование теплоты паров сконденсировавшегося азота для плавления восков при очистке фильтров путем направления этих паров в подогреватель 13.

При фильтровании первые мутные порции масла отводятся в смеситель 11, прозрачное масло поступает в промежуточный сборник 10, откуда насосом 9 через теплообменник 4 подается в емкость 2 и насосом 1 — к потребителю.

Установка для вымораживания восковых веществ из растительных масел отличается тем, что в качестве кристаллизатора используют криогенный аппарат.

* * *

В этой главе наиболее важными являются следующие моменты:

1. Способы охлаждения и замораживания пищевых сред различаются по принципу переноса теплоты и по контактированию с холодильным агентом.

2. Продолжительность процессов охлаждения и замораживания зависит от теплофизических характеристик продуктов, условий теплообмена и определяется либо из уравнения теплопроводности, либо по закону регулярного теплового режима.

3. Расход холодильного агента, циркулирующего в системе, зависит от тепловой нагрузки на холодильную установку и от ее удельной холодильной мощности.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как определить теплоту, отводимую от продукта при охлаждении и при замораживании?
2. Каков физический смысл образования «снеговой шубы» при замерзании конденсирующейся влаги?
3. Что характеризует криоскопическая температура пищевого продукта и как ее рассчитать?
4. Почему происходит вымораживание воды и как объяснить процесс льдообразования в биологическом объекте?
5. Каковы основные требования к пластинчатым охладительным установкам?

6. Какие факторы влияют на интенсивность процесса теплообмена в пастеризационно-охладительных установках?
7. Чем отличается открытый охладитель творога от закрытого?
8. Каковы основные направления повышения эффективности работы трубчатого охладителя?
9. В чем заключается сущность теплового расчета установок для охлаждения?
10. Каково устройство и каков принцип действия камер охлаждения и замораживания?
11. Чем закалочная камера отличается от камеры замораживания?
12. Какие типы морозильных аппаратов применяют в современной холодильной технике?
13. Какова техническая характеристика скороморозильных аппаратов?
14. Каков принцип действия и каково устройство плиточного морозильного аппарата?
15. Каковы принципиальные отличия фризеров, эскимо- и льдогенераторов?
16. Что представляет собой цилиндр фризера с приемным бункером и впускным клапаном?
17. Чем отличаются льдогенераторы снежного и чешуйчатого льда?
18. Как определяется удельная работа компрессора холодильной машины?
19. Как классифицируются бытовые холодильники и морозильники по способу получения холода?
20. В чем заключается особенность работы установок криогенного замораживания?

УПРАЖНЕНИЯ

Предложите в виде эскизов Ваши решения инженерных задач, связанных с развитием конструкций:

- охладительных установок и охладителей;
- камер охлаждения и замораживания;
- морозильных аппаратов;
- фризеров, эскимо- и льдогенераторов;
- бытовых холодильников и морозильников;
- установок криогенного замораживания.

Эти решения должны предполагать совершенствование, модернизацию оборудования с целью достижения одного или нескольких следующих результатов:

- повышение производительности;
- повышение качества продукции;
- улучшение условий труда рабочего с точки зрения эргономики, техники безопасности и охраны труда;
- экономию времени на санитарное обслуживание оборудования;
- экономию времени на техническое обслуживание оборудования;
- экономию энергоресурсов;
- экономию конструкционных материалов;
- повышение технологичности конструкции с точки зрения изготовления и ремонта;
- улучшение дизайна оборудования;
- снижение себестоимости продукции другими, кроме перечисленных выше, путями.

Вместе с этими, преимущественно машинноведческими, аспектами рассмотрите возможность развития конструкций машин и аппаратов с точки зрения повышения качества самих технологических процессов, которые реализуются этим оборудованием. Речь идет об увеличении точности, устойчивости, надежности, управляемости и стабильности технологических процессов, а также о снижении их чувствительности к возмущающим факторам окружающей среды.

По результатам Вашей работы сделайте заключение о том, в какой мере Ваши предложения повышают готовность машин и аппаратов к эффективной автоматизации данных технологических процессов.



Всякая плодотворная гипотеза кладет начало удивительному извержению потока непредвиденных открытий.
*БРИЛЛЮЭН ЛЕОН (1889-1969),
французский физик*

Глава 20

АППАРАТЫ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ДИФФУЗИИ И ЭКСТРАКЦИИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Диффузия - процесс массопередачи, связанный с переносом вещества из области с большей концентрацией в область с меньшей. Процесс извлечения растворимых веществ из клеток пищевого сырья обусловлен двумя стадиями: диффузией вещества в ткани данного сырья и массоотдачей с поверхности частиц к экстрагенту.

Для диффузии сахара из стружки в диффузионном аппарате должна поддерживаться разница между концентрациями сахара в стружке и диффузионном соке, что достигается при их встречном движении.

Экстракция - процесс извлечения одного или нескольких компонентов из сложного по составу сырья с помощью жидкого растворителя, обладающего избирательной способностью. Процесс экстракции с применением растворителя обеспечивает практически полное извлечение продукта из соответствующего сырья. При этом извлекаемый компонент диффундирует изнутри частицы материала к ее поверхности (молекулярная диффузия), а затем от поверхности частицы через пограничный слой - в экстрагент (конвективная диффузия).



О, молодость! Молодость! Может быть, вся тайна твоей прелести не в возможности все сделать, а в возможности думать, что ты все сделаешь.
*ТУРГЕНЕВ ИВАН СЕРГЕЕВИЧ (1818-1883),
русский писатель*

20.1 НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИФФУЗИИ И ЭКСТРАКЦИИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Основной закон молекулярной диффузии (закон Фика) устанавливает связь между количеством экстрагируемого вещества dG (кг) и основными параметрами процесса

$$dG = -DdFdt(dC / dx),$$

где D - коэффициент молекулярной диффузии, m^2/c ; dF - элементарная поверхность, нормальная к направлению диффузии, m^2 ; dt - промежуток времени, c ; dC - разность концентраций, $кг/м^3$; dx - путь диффундирования, m .

Коэффициент молекулярной диффузии является физическим параметром продукта, характеризующим проводимость вещества в нем и численно равен массе вещества, диффундирующего через единицу площади за единицу времени при градиенте концентраций, равном единице.

Уравнение конвективной диффузии представляет зависимость экстрагируемого вещества dS (кг) в виде отдельных объемов его раствора

$$dS = -\beta FdCdt,$$

где β - коэффициент конвективной диффузии, m/c .

Коэффициент молекулярной диффузии D отражает только интенсивность теплового движения молекул, а коэффициент конвективной диффузии β – интенсивность действия гидродинамических факторов, определяющих интенсивность переноса отдельных объемов вещества. При молекулярной диффузии перенос вещества происходит за счет кинетической энергии теплового движения молекул, а при конвективной диффузии – за счет энергии, вносимой извне.

В общем случае процесс экстракции основывается на изменении потока массы извлекаемого вещества в экстрагенте и характеризуется векторным полем

$$d\vec{j} = (\vec{\nabla}C - D_1 \text{grad } C) S_1 dt,$$

где $\vec{\nabla}$ – поле скоростей; C – скалярное поле концентраций; D_1 – коэффициент продольной диффузии; S_1 – площадь нормального сечения в направлении потока.

На основании определения концентрации извлекаемых компонентов $dC(z, r, t) = dj(z, r, t) / (2\pi r dr dz)$ проекции на оси z и r можно представить в виде систем дифференциальных уравнений в частных производных

$$\begin{aligned} \partial C_1(z, r, \tau) / \partial \tau &= -\vartheta_z(r) \partial C_1(z, r, \tau) / \partial z + \partial [D_z(z) \partial C_1(z, r, \tau) / \partial z] / \partial z + \\ &+ r^{-1} [r D_r(r) \partial C_1(z, r, \tau) / \partial r] \partial r + k_1 c_2 k_v \int_0^{l_m} l^2 f_0(l) \partial l; \\ \partial C_2(z, r, \tau) / \partial \tau &= -k_2 [C_s - C_1(z, r, \tau)] k_v \int_0^{l_m} l^2 f_0(l) \partial l, \end{aligned}$$

где k_1, k_2 – коэффициенты массоотдачи; C_s – предельная растворимость композиционного вещества в растворе; l, l_m – текущий и максимальный размеры частиц неподвижного слоя; k_v – коэффициент формы частиц; $f_0(l)$ – счетная функция распределения частиц в слое.

Граничные условия представленных зависимостей:
начальные условия

$$C_1(z, r, 0) = C_1(z, r); \text{ и } C_2(z, r, 0) = C_0;$$

отсутствие потока вещества через стенку экстрактора

$$\partial C_1(z, r_0, \tau) / \partial r = 0;$$

условие оссимметричности задачи

$$\partial C_1(z, 0, \tau) / \partial r = 0;$$

условие на входе в рабочую зону экстрактора

$$C_1(0, r, \tau) = C_2(r, \tau);$$

$$\partial C_1(h, r, \tau) / \partial z = 0,$$

где h – высота рабочего участка аппарата.

Масса экстрагируемого вещества \bar{G} рассчитывается в виде зависимости

$$\bar{G} = 2\pi \int_0^{r_0} \int_0^{\tau_0} [\vartheta_z(r) C(h, r, \tau) - D_z(h) \partial C(h, r, \tau) / \partial z] \partial r \partial \tau,$$

где t_k – время «отработки» экстрагируемого слоя.

Частный случай процессов диффузии и экстракции – выщелачивание, с помощью которого обрабатывают капиллярно-пористые тела растительного или животного происхождения. В качестве растворителей применяют воду для диффузии сахара из свеклы; спирт и водно-спиртовую смесь – для получения настоек и морсов в ликероводочном производстве; бензин, трихлорэтилен, дихлорэтан – в масложиро-экстракционном и эфиромасличном производствах; воду и пар – для экстракции бульонов и желатина.

Движущей силой процесса выщелачивания является разность между концентрацией экстрагируемого вещества у поверхности твердого тела C_n (кг/м³) и его средней концентрацией в массе экстрагента C_{cp} (кг/м³). Скорость процесса в этом случае оценивается зависимостью

$$dG/(Fdt) = \beta_{ж} (C_n - C_{cp}),$$

где $\beta_{ж}$ – коэффициент массоотдачи в жидкой фазе, м/с.

Скорость молекулярной диффузии в пограничном слое толщиной δ (м) определяется уравнением

$$dG/(Fdt) = D[(C_n - C_{cp})/\delta],$$

где D – коэффициент молекулярной диффузии, м²/с.

Для установившегося процесса массоотдачи закон Шукарева при растворении твердых тел имеет вид

$$G/\tau = (D/\delta)F(C_n - C_{cp}) = \beta_{ж} F(C_n - C_{cp}),$$

где $\beta_{ж} = D/\delta$.

Уравнение для расчета коэффициента массоотдачи $\beta_{ж}$ при выщелачивании можно представить в критериальном виде

$$Nu_\delta = 0,8 Re^{0,5} Pr^{0,33},$$

где $Nu_\delta = \beta_{ж} (d/D)$ – число Нуссельта (здесь d – диаметр твердой частицы, м); $Re = (vd\rho)/\mu$ – число Рейнольдса (v – скорость движения экстрагента, м/с; μ – динамическая вязкость экстрагента, Па·с); $Pr = \eta/D$ – число Прандтля (η – кинематическая вязкость, кг/с).



Каждый раз, начиная сложную работу, никогда не спеши, дай время, смотря по работе, чтобы войти в эту сложную работу, мобилизоваться в порядке, а не бессмысленно, суетливо.
ПАВЛОВ ИВАН ПЕТРОВИЧ (1849–1936),
русский физиолог, академик АН СССР

20.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Аппараты, в которых осуществляется диффузия сахара из свекловичной стружки при помощи экстрагирующей жидкости, называют *диффузионными*. Процесс извлечения сахара из свекловичной стружки осуществляют в колонных вертикальных аппаратах типа КДА с выносным ошпаривателем, в наклонных двухшнековых типа ДДС и ПДС.

Процесс экстракции растительных масел ведут либо *способом погружения* экстрагируемого материала в противоточно движущийся растворитель (вертикальные шнековые экстракторы типа НД-1250), либо *способом ступенчатого орошения растворителем* противоточно перемещающегося обрабатываемого материала (ленточные экстракторы типа МЭЗ и роторные карусельные экстракторы).

Классификация диффузионных и экстракционных аппаратов представлена на рис. 20.1.

Диффузионные и экстракционные аппараты, применяемые в свеклосахарном и маслоэкстракционном производствах, могут быть периодическими и непрерывнодействующими. Диффузионные и экстракционные аппараты непрерывного действия подразделяются: на вертикальные одноколонные или двухколонные без транспортирующего органа; со шнековым, цепным или лопастным транспортирующим органом; наклонные одно- и двухшнековые с ленточным и лопастным перфорированным шнеком; на горизонтальные со скребково-цепным, ленточным или шнековым транспортирующим органом, а также на ротационные одно- и двухзаходные.

Установки для экстракции настоек и морсов бывают с интенсивным движением водно-спиртового раствора через слой сырья, а также с испарением под вакуумом высококонцентрированного слоя жидкой фазы в пограничном слое сырья.

Аппараты для экстракции бульонов и желатина могут быть периодического и непрерывного действия. К ним относятся экстракторы для желатина, аппараты для обезжиривания костей и диффузоры для обесклеивания костного шрота.



Спорьте, заблуждайтесь, ошибайтесь, но, ради бога, размышляйте, и хотя криво, да сами.
ЛЕССИНГ ГОТХОЛЬД ЭФРАИМ (1729–1781),
немецкий писатель и критик

20.3 АППАРАТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИФФУЗИОННОГО СОКА

Диффузионные аппараты, в которых осуществляется экстракция сахара из свекловичной стружки, должны обеспечивать в производственных условиях: обессахаривание наиболее тонкой свекловичной стружки при равномерном омывании ее диффузионным соком; противоточное перемещение свекловичной стружки и диффузионного сока; минимальные потери сахара в отходах (жоме) при максимальной концентрации диффузионного сока; высокое качество диффузионного сока при минимальном содержании в нем мезги.

Одноколонный диффузионный аппарат КДА-30 (рис. 20.2) состоит из корпуса 6, в нижней части которого находится труба для подвода сокостружечной смеси 1 и патрубок 2 для отвода сока, а сбоку размещены установка 15 для подачи формалина и люки 16. Нижние контрлопасти 4, выполняющие одновременно и роль фильтрующей поверхности, упрочнены, и фильтрующая поверхность их представляет собой латунный лист толщиной 3 мм с коническими отверстиями диаметром 3 мм. Фильтрующая поверхность регенерируется обратным током сока при помощи коммуникации 3. Контрлопасти, установленные на внутренней поверхности колонны, могут изменять угол наклона к горизонтальной плоскости при помощи устройств 5. Усовершенствован подвод аммиачной и жомопрессовой воды в аппарат. Аммиачная вода поступает через внутреннюю часть вала в лопасти 9, а жомопрессовая – в лопасти 7. Это позволяет равномерно распределять аммиачную и жо-



Рис. 20.1 Классификация диффузионных и экстракционных аппаратов

молпрессовую воду по всему сечению аппарата, а также равномерно распределить стружку с помощью распределителя 10 и ситчатых лопастей 11 (рис. 20.3).

Для ошпаривания стружки, поступающей в аппарат, установлены предошпариватель и ошпариватель. Жом из аппарата удаляют при помощи двух параллельно расположенных шнеков, имеющих индивидуальные приводы. Лопастный вал, состоящий из трубовала 8 с лопастями 7 и 9, имеет опору в нижней части, а сверху установлен в направляющем подшипнике. Отбор сока из аппарата осуществляется через горизонтальные сита 12 и боковые, установленные в нижней царге. Привод

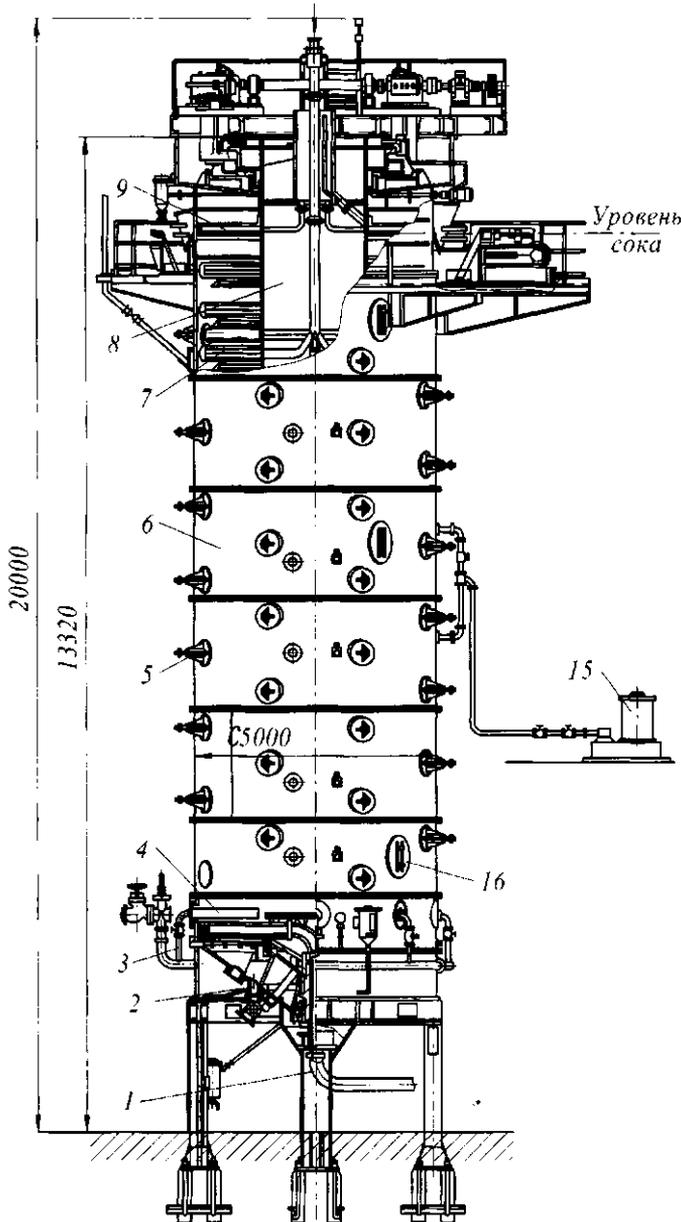


Рис. 20.2 Одноколонный диффузионный аппарат КДА-30

аппарата состоит из электродвигателя 14 и редуктора 13.

Суточная производительность аппаратов составляет от 1000 до 4000 т свеклы в сутки при диаметре колонн от 3300 до 6300 мм.

Техническая характеристика одноколонного диффузионного аппарата КДА-30

Производительность по свекле, т/сут.....	3000
Удельная нагрузка свекловичной стружкой, кг/м ³	65...70
Полезная вместимость аппарата, м ³	208
Высота активной зоны аппарата, мм	13 320
Внутренний диаметр, мм	5 000
Общая площадь поверхности фильтрующих сит, м ²	24,2
Наружный диаметр лопастного вала, мм	2000
Электродвигатель привода лопастного вала:	
тип	ПН-100
мощность, кВт	70
Частота вращения лопастного вала, мин ⁻¹	0,2...0,6
Габаритные размеры, мм	20 000×8600×5500
Масса аппарата, кг	202 000

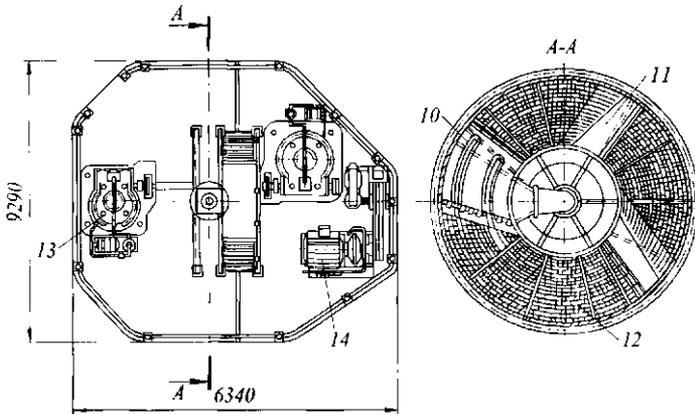


Рис. 20.3 Сечения одноколонного диффузионного аппарата КДА-30

Наклонный двухшнековый аппарат А1-ПДС-60 представлен на рис. 20.4. Корпус аппарата с ребрами 10 на опорах 16 установлен под углом 8...11° к горизонту. В верхней части аппарата установлены приемный бункер 2 для загрузки свекловичной стружки и шнеки 8 для удаления жома из аппарата. Лучшему удалению жома способствуют также лопасти 14. Внутри аппарата стружка перемещается двумя лопастными валами 5, приводимыми во вращение от электродвигателей 1 и 9. Витки валов с опорами 7 состоят из отдельных лопастей, расположенных по винтовой линии. Валы параллельны друг другу, и лопасти одного вала заходят в межлопастное пространство другого. Это предотвращает возможность вращения свекловичной стружки по длине аппарата. Для этой же цели установлены контролопаси 15, уплотнение 13 и перегородки 4 на нижней части крышек 3.

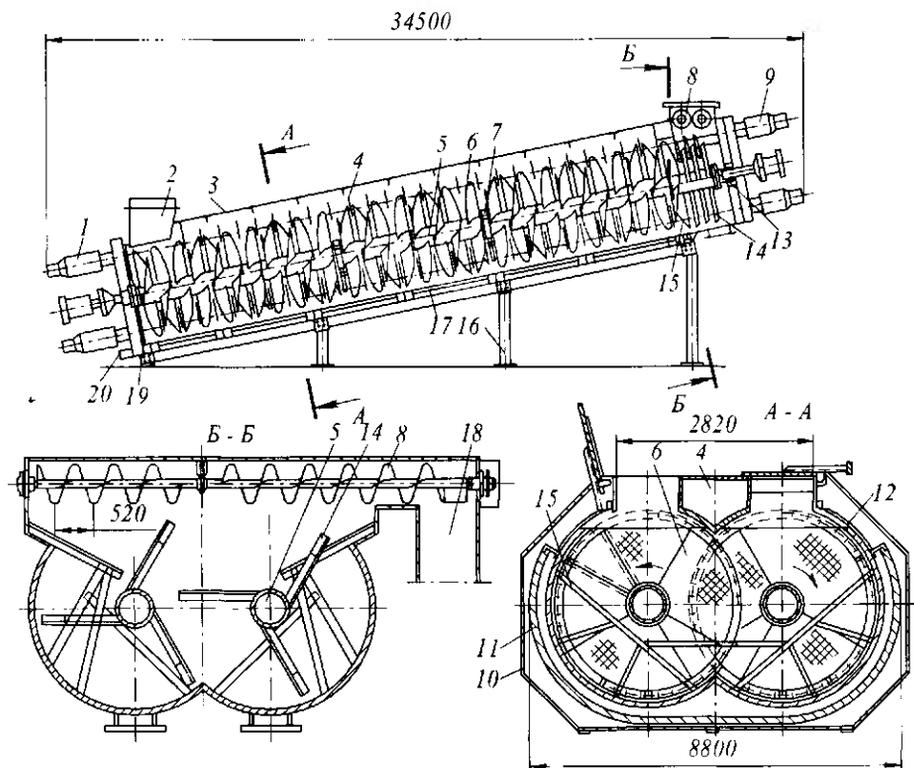


Рис. 20.4 Наклонный двухшнековый аппарат А1-ПДС-60

Удаляют жом из аппарата в верхней его части шнеками 8 в лоток 18. Они смонтированы под прямым углом к транспортирующим шнекам и вращаются в противоположных направлениях по отношению друг к другу. Масса сокоотрующей смеси в аппарате подогревается при помощи камер 17 с изоляцией 11 и 12, установленных по всей длине в нижней части корпуса аппарата.

Техническая характеристика аппарата А1-ПДС-60

Производительность по свекле, т/сут.....	6000
Наружный диаметр шнеков, мм	4000
Расстояние между осями валов, мм	2820
Диаметр вала шнеков, мм	1000
Шаг шнеков, мм.....	720
Частота вращения шнеков, мин ⁻¹	до 1,1
Продолжительность диффундирования, с.....	3600...4000
Электродвигатели шнеков:	
число электродвигателей постоянного тока.....	8
мощность каждого электродвигателя, кВт.....	42
частота вращения, мин ⁻¹	1500
Мощность электродвигателя разгрузочного устройства, кВт.....	12
Габаритные размеры, мм.....	34 500×8800×13 400

Принцип действия диффузионного аппарата заключается в следующем. Стружка из приемного бункера 2 перемещается шнеками вдоль аппарата к лопастям 6 и 14, которые передают ее в виде жома на шнеки 8. Экстрагирующая жидкость поступает в концевую часть аппарата, перемещаясь противоточно относительно стружки, насыщается сахаром и в виде диффузионного сока через сито 19 удаляется из аппарата через штуцер 20.

Инженерные расчеты. Производительность колонного диффузионного аппарата Π (т/сут) рассчитывается по формуле

$$\Pi = 86,4V_n q / \tau,$$

где V_n – полезная вместимость аппарата, м³; q – масса стружки на единицу полезной вместимости аппарата, кг/м³ ($q = 600 \dots 700$ кг/м³); τ – продолжительность активного диффундирования, с ($\tau = 4200$ с).

Производительность наклонного диффузионного аппарата Π (т/сут) определяется зависимостью

$$\Pi = 1,13(D_w^2 - d^2) \psi \eta S q \varphi n m \xi k,$$

где D_w – наружный диаметр шнека, м; d – диаметр вала шнека, м; ψ – коэффициент перекрытия витков шнека; η – коэффициент, учитывающий увеличение сечения стружки в аппарате; S – шаг витков шнека, м; q – масса стружки на единицу вместимости аппарата, кг/м³ ($q = 580 \dots 600$ кг/м³); φ – коэффициент наполнения аппарата стружкой; n – частота вращения шнека, об/мин; m – число одновременно работающих шнеков; ξ – эксплуатационный коэффициент; k – коэффициент подачи свекловичной стружки.

Коэффициент заполнения φ колонного диффузионного аппарата стружкой определяется по формуле

$$\varphi = (H - 0,1) / H,$$

где H – высота колонны, м.

Удельная нагрузка полезной части аппарата стружкой принимается для наклонных аппаратов $\gamma_\delta = 650$ кг/м³, для колонных $\gamma_\delta = 700$ кг/м³.

Длительность диффундирования z_δ обратно пропорциональна частоте вращения вала, поэтому при изменении частоты его вращения значение z_δ определяется из пропорции

$$z_\delta / z_1 = n_1 / n_n,$$

где z_δ – нормативная длительность диффундирования, с (мин); z_1 – измененная длительность диффундирования, с (мин); n_n – нормативная частота вращения вала, с⁻¹; n_1 – измененная частота вращения вала, с⁻¹.

Эксплуатационный коэффициент диффузионных аппаратов $\varepsilon = 1$.

Расход воды на проведение диффузионного процесса рассчитывается на основе материального баланса

$$a + W_{\text{жс}} + W_6 = a_0 + a_{\text{жс}},$$

где a – количество стружки, % к массе свеклы; $W_{ж}$ – количество жомпрессовой воды, % к массе свеклы (находится в зависимости от степени отжатия жома); W_0 – количество свежей воды, % к массе свеклы; $a_{ж}$ – выход жома, % к массе свеклы; a_0 – отбор диффузионного сока, % к массе свеклы.



Определенная цель, самообладание, искренность с самим собой, труд неутомимый и знающий, что время дорого, – вот что вы должны взять на себя, юноши.
ОГАРЕВ НИКОЛАЙ ПЛАТОНОВИЧ (1813–1877),
русский поэт, публицист, философ

20.4 УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАСТОЕК И МОРСОВ

Экстракционная установка для получения настоек и морсов (рис. 20.5) состоит из экстрактора 7, напорного мерника 1 и центробежного насоса 13. Экстрактор и напорный мерник изготавливаются из нержавеющей стали или из листовой меди с покрытием внутренней поверхности оловом. Экстрактор имеет загрузочный 6 и разгрузочный 10 люки и снабжен водомерным стеклом 9, патрубком 8 для залива и патрубком 12 для спуска жидкости. Напорный мерник имеет люк 3 для мойки и чистки. Спирт и вода поступают в мерник по патрубку 2, жидкость удаляется через патрубок 4. Воздушные пространства экстрактора и мерника сообщены трубкой 5.

Экстрагирование протекает при интенсивном движении водно-спиртового раствора через слой сырья, укладываемого на ситчатое днище 11 экстрактора. Процесс экстракции начинается с момента поступления из мерника водно-спиртового раствора в экстрактор для настаивания. Каждый час в течение 10...15 мин жидкость перекачивают из экстрактора в мерник. Из мерника раствор спускают снова в экстрактор. В такой последовательности перекачивают жидкость до тех пор, пока не получают настой с требуемой концентрацией растворимых веществ. Готовый настой насосом подают в производство. Для извлечения спирта отработанное сырье промывают водой в течение 6...20 ч. После этого экстрактор разгружают и операции повторяют со свежей порцией сырья.

Продолжительность процесса приготовления спиртовых настоев в экстракционной установке сокращается до 2...4 сут вместо 10...28 сут при настаивании в аппаратах или бочках, а потери спирта снижаются с 6...7 до 3...5 %. Кроме того, уменьшается потребность в емкостях и производственных площадях.

Для получения морсов свежее или сушеное плодово-ягодное сырье настаивают с водно-спиртовым раствором крепостью 40...50 %. Настаивание производят в течение 14 сут. Процесс этот требует много времени и большого числа емкостей, что связано со значительными потерями спирта. В настоящее время морсы получают только из сушеного сырья. Из свежего плодово-ягодного сырья целесообразнее получать соки.

С целью интенсификации процесса экстракции применяют метод, который существенно снижает диффузионное сопротивление в пограничном слое за счет более высокого, целенаправленного энергетического воздействия на пограничный слой. Таким методом является испарение под вакуумом высококонцентрированного слоя жидкой фазы в пограничном слое предварительно смоченного растительного сырья. Целевые компоненты из растительного сырья извлекаются под вакуумом методом испарения непосредственно из высококонцентрированной пленки, образуемой в процессе экс-

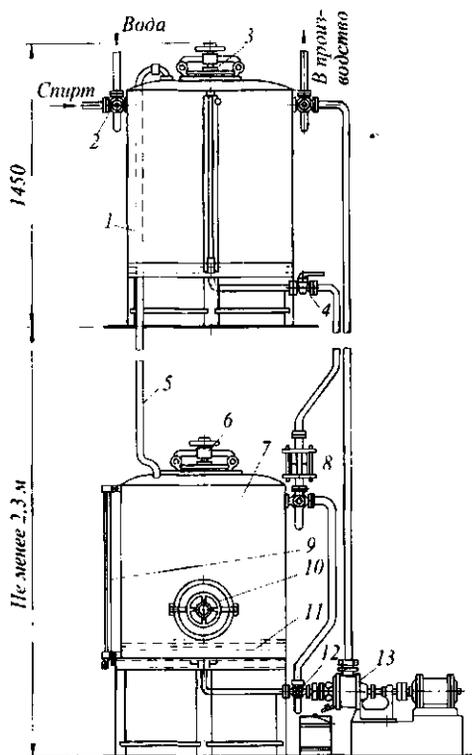


Рис. 20.5 Экстракционная установка

тракции на наружной поверхности частиц сырья, не допуская перехода основной части целевых компонентов в рабочий объем растворителя.

Аппаратное оформление технологической схемы вакуумного способа экстракции включает: два спаренных экстрактора 1, 2, конденсатор-холодильник 3, вакуум-насос 4, сборник 5, теплообменники 6, центробежный насос 7, ложное перфорированное днище 8, систему трубопроводов и запорной арматуры (рис. 20.6).

В начале процесса в экстракторы 1, 2 поровну загружают исходное растительное сырье и в течение 25...30 мин вакуум-насосом создают разрежение. Затем в один из экстракторов подается этанольный раствор (экстрагент), в котором сырье выдерживается, в зависимости от вида, 2...4 ч. Затем центробежным насосом основная часть (80...90 %) растворителя из экстрактора 1 циркулирует в экстрактор 2, а смоченное растворителем сырье в экстракторе 1 вакуумируют. В создавшихся

технологических условиях из пленки и макропор на наружной поверхности частиц сырья интенсивно испаряются в первую очередь легко летучие фракции, т.е. эфирные ароматические вещества. Таким образом, с учетом высокой концентрации эфирных масел в пленке, высокого коэффициента испарения и коэффициента ректификации эфирных масел в паровой фазе, полученной из пленки, образуется фракция с высокой концентрацией ароматных эфирных масел, которая в конденсаторе-холодильнике охлаждается. Полученный конденсат направляется в сборник.

За время нахождения сырья под вакуумом для интенсификации процесса экстракции сырье, смоченное растворителем и находящееся на ложном днище, подогревают до 40...45 °С через теплообменник.

По истечении определенного периода выдержки, смоченного растворителем сырья под вакуумом, в первом экстракторе экстрагент из экстрактора 2 подается в экстрактор 1. В экстракторе 2 сырье, смоченное растворителем, вакуумируют с подогревом до 40...45 °С и отводят с наружной поверхности сырья пары, содержащие ароматические вещества, т.е. повторяют весь технологический цикл. Полученные фракции направляют в сборник.

Периоды выдержки сырья и циркуляции растворителя повторяют многократно, до полного извлечения ароматических веществ из сырья.

В нижних слоях сырья, находящихся в жидкой фазе, для поддержания температуры и процесса испарения по всей высоте слоя сырья через теплообменники подводится соответствующее количество теплоты. При движении потока паров снизу

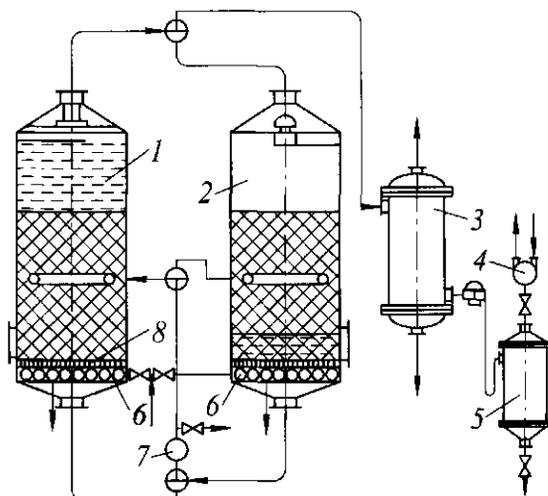


Рис. 20.6 Принципиальная схема вакуумного способа экстракции

вверх через слой сырья, не заполненного жидкой фазой, происходит процесс многократного испарения и конденсации паров на поверхности сырья.

Более тяжелые пары, имеющие более высокую температуру кипения, конденсируются и стекают вниз, более летучие пары с высокой концентрацией эфирных масел многократно испаряются и двигаются вверх, т.е. происходит процесс ректификации. В данном случае экстрактор работает как насадочная ректификационная колонна, роль насадки выполняют частицы сырья. Это позволит увеличить скорости паровых потоков, исключить их обратное перемещение, интенсифицировать процесс повышения концентрации эфирных масел в паровой фазе.

По окончании процесса экстрагирования и откачки настоя в реакторе осуществляется выпарка этанола из отработанного сырья, затем гидроспособом осуществляется удаление из реактора отработанного и выпаренного сырья.

Экстракционная пленочно-вакуумная установка (рис. 20.7) включает два экстрактора 1, конденсатор-холодильник 2, смотровой фонарь 3, сборник конденсата 4, вакуум-насос 5 с приводом и систему коммуникаций с запорной арматурой.

На установке экстракция ароматических веществ производится на растительном сырье: кубеба, померанцевая корка и имбирь. Для сравнения в производственных условиях получены экстракторы указанного выше растительного сырья с применением действующих способов: двукратного настаивания с одноразовым ежедневным перемешиванием и настаивания в специальной экстракционной установке при шестикратном перемешивании в течение смены. Показатели процесса экстракции приведены в табл. 20.1.

Применение вакуумного способа позволяет сократить продолжительность процесса экстракции, снизить соотношение контактирующих фаз. Использование вакуумной установки дает возможность получить две фракции экстракта: высококонцентрированную фракцию из конденсата испаренной пленки, где содержание эфирных масел в 2,5...3,0 раза выше по сравнению с действующими методами, и фракцию нормальной концентрации (настоя).

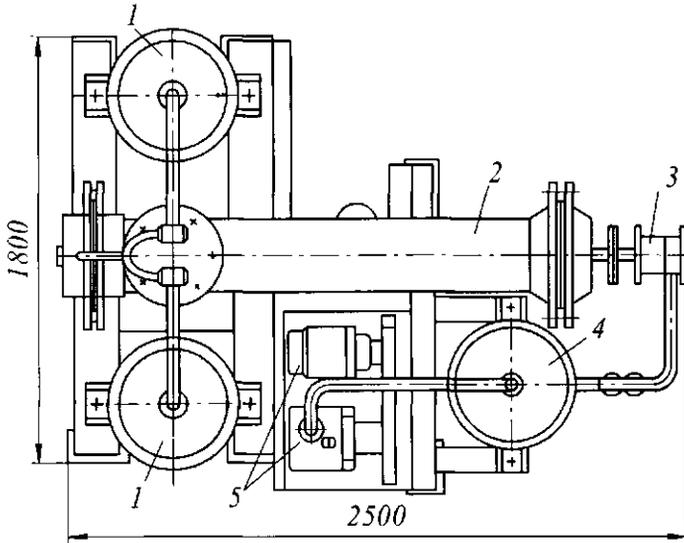


Рис. 20.7 Экстракционная пленочно-вакуумная установка

Таблица 20.1 Показатели процесса экстракции

Сырье для получения экстракта	Общая продолжительность настаивания, сут.			Концентрация эфирных масел в экстракте, г/л				Примечание
	двукратное наставание	экстракционная установка	новая установка	двукратное наставание	экстракционная установка	Новая установка		
						высококонцентрированная фракция	фракция нормальной концентрации	
Кубеба	9	6	1,2	7,45	7,38	18,4	7,26	Соотношение концентрирующих фаз при двукратном наставании и для экстракционной установки составляет 1:10, для новой установки 1:4...1:5
Померанцевая корка	8	5	1,1	1,03	1,04	3,8	1,02	
Имбирь	15	8	1,5	1,71	1,72	5,1	1,72	

Инженерные расчеты. В зависимости от характера процесса в установке для получения настоек и морсов подача водно-спиртового раствора насосом выражается в объемных Q ($\text{м}^3/\text{с}$), весовых G ($\text{Н}/\text{с}$) или массовых M ($\text{кг}/\text{с}$) единицах, которые связаны между собой соотношением:

$$Q = G / (g\rho), \quad Q = M / \rho,$$

где ρ – плотность перекачиваемой жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$; g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$.

Для определения теоретической подачи Q_m ($\text{м}^3/\text{с}$) центробежного насоса используется уравнение расхода

$$Q_m = Fv_{cp},$$

где F – площадь поперечного сечения потока, m^2 ; v_{cp} – средняя скорость жидкости, нормальная к этому сечению, m/c .

Энергия, получаемая насосом от электродвигателя в единицу времени, представляет собой потребляемую насосом мощность, или мощность на валу насоса. Полезная мощность N_n (Вт) представляет собой приращение энергии всего водно-спиртового раствора G (Н/с) в насосе в единицу времени:

$$N_n = GH = \rho gQH,$$

где H – напор насоса перекачиваемой среды, m .



Ценнейшее в жизни качество – вечно юное
любопытство, не утоленное годами
и возрождающееся каждое утро.

РОЛЛАН РОМЕН (1866–1944).

французский писатель и общественный деятель

20.5 АППАРАТЫ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА

Процесс экстракции масла с применением растворителя обеспечивает практически полное извлечение масла из подготовленного соответствующим образом масличного материала, чаще всего прошедшего предварительное обезжиривание пресованием. Вследствие относительно низких температур, как на стадии экстракции, так и на других стадиях экстракционного производства, создаются предпосылки сохранения качества продуктов (масла и шрота).

Для различных масличных материалов надо обеспечивать масличность шрота около 1 %. Одним из показателей интенсивности процесса является продолжительность процесса, которая в различных аппаратах колеблется от одного до нескольких часов.

Ниже описаны колонные шнековые, ленточные и роторные карусельные экстракторы.

Экстрактор вертикальный шнековый НД-1250 (рис. 20.8) состоит из трех колонн: двух вертикальных (загрузочной 3 и экстракционной 12) и горизонтальной, представляющей собой передаточный шнек 2. В обеих вертикальных колоннах также размещены шнеки 4. На загрузочной колонне расположен декантатор 6, предназначенный для очистки мисцеллы, отходящей из экстрактора, путем отстаивания. В верхней части экстракционной колонны расположен механизм сбрасывателя 9 отходящего из экстрактора шрота. Шнеки всех трех колонн имеют индивидуальные приводы 1, 7, 8.

Колонны экстрактора состоят из царг с внутренним диаметром 1250 мм, которые собираются на фланшах. Наружный диаметр шнеков в загрузочной колонне составляет 1242 мм, а в экстракционной колонне и передаточном горизонтальном шнеке – 1220 мм, так как в них для предотвращения проворачивания материала вместе со шнеками на внутренней поверхности царг имеются направляющие планки 14, 15.

На верхней царге экстракционной колонны расположены патрубок 10 для выхода шрота, смотровые окна 11, люк-паз 13.

Торцы всех трех колонн экстрактора закрыты крышками, через центр которых проходят валы диаметром 120 мм (места прохода валов уплотнены). К валам приварены витки шнеков. Толщина перьев шнеков – 10 мм. В загрузочной колонне число витков шнека, находящихся в зоне растворителя, составляет 9,5 шт. При этом шаг верхнего шнека – 460 мм, а шаг остальных витков – 560 мм. В передаточном гори-

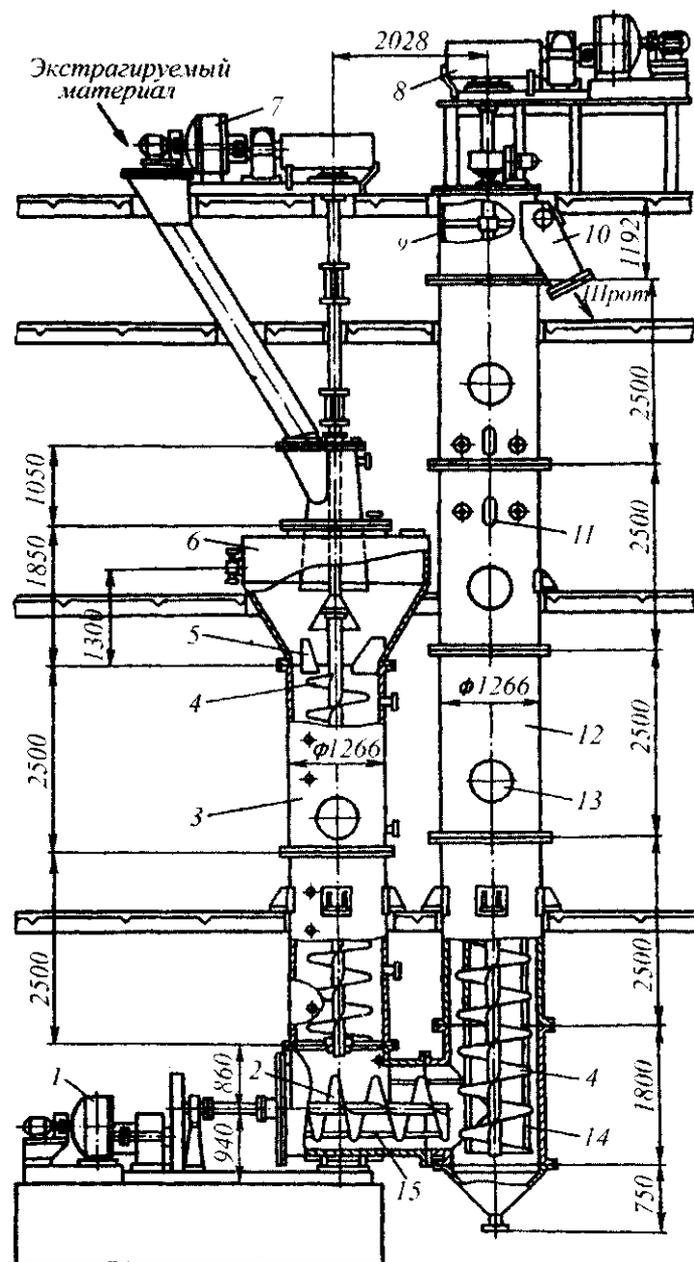


Рис. 20.8 Вертикальный шнековый экстрактор НД-1250

зонтомальном шнеке – 3,5 витка, а в экстракционной колонне – 27,5 витка. В этих колоннах шаг шнековых витков постоянный и одинаковый – 450 мм. Поверхность перьев шнеков перфорирована круглыми отверстиями с раззенковкой, расположенной на той стороне пера шнека, которая не соприкасается с экстрагируемым материалом. Диаметр отверстий на перьях шнека загрузочной колонны 8 мм, а на перьях передаточного горизонтального шнека и экстракционной колонны – 10 мм.

Декантатор представляет собой цилиндр диаметром 2,2 м с конусообразным основанием, нижний диаметр которого имеет фланец для соединения с верхней царгой загрузочной колонны. Верхняя крышка декантатора имеет горловину со съемной крышкой, по центру которой приварена центральная течка с наклонной питающей течкой, имеющей отверстие для входа экстрагируемого материала. На крышке декантатора также расположено смотровое окно, патрубки для выхода паровоздушной смеси.

Экстрагируемый материал в виде лепестка (возможна подготовка материала в виде крупки или гранул) поступает в загрузочную колонну экстрактора по наклонной и центральной питающим течкам через горловину. Материал движется по течкам и в горловине, образовав опускающийся слой, соприкасается с поверхностью мисцеллы в декантаторе. При этом частицы материала смачиваются и осаждаются, образуя фильтрующий слой в конической части декантатора. Направляющие пластины в конической части декантатора препятствуют проворачиванию слоя материала и тем самым способствуют захвату его шнеком. Шнековый вал загрузочной колонны, как и другие шнеки экстрактора, вращается по часовой стрелке и может совершать один оборот за 42...240 с (привод загрузочной колонны снабжен вариатором). Продолжительность одного оборота передаточного горизонтального шнека – 61 с, а шнекового вала экстракционной колонны – 72 с. Материал, транспортируемый шнеками, вначале опускается вниз в загрузочной колонне, затем движется горизонтально в передаточном шнеке и поднимается вверх в экстракционной колонне. В верхней части экстракционной колонны проэкстрагированный материал поднимается выше уровня бензина. При этом из насыщенной массы происходит сток жидкой фазы, и шрот выходит из экстрактора с содержанием бензина 20...40 %.

Экстрагирование маслянистого материала в шнековом экстракторе происходит в противотоке. Растворитель (бензин) насосом подается в верхнюю часть экстракционной колонны через форсунки и опускается вниз сплошным потоком, заполняя весь свободный объем колонны, включая пространство между частицами экстрагируемого материала. Потоком текущей жидкой фазы навстречу транспортируемому материалу заполняется свободный объем передаточного горизонтального шнека и загрузочной колонны. На всем пути по трем колоннам экстрактора жидкая фаза последовательно насыщается извлекаемым маслом, и получаемая при этом мисцелла имеет наибольшую концентрацию на выходе из экстрактора. Патрубки в декантаторе для отвода мисцеллы из экстрактора расположены в экстракционной колонне ниже форсунок, по которым подается растворитель в экстрактор. Это позволяет иметь избыточный гидростатический напор для обеспечения течения жидкой фазы по трем колоннам экстрактора от входа к выходу (реализуется принцип сообщающихся сосудов). Мисцелла, поступающая снизу в декантатор, вначале фильтруется через опускающийся слой жмыха, а затем отстаивается в расширенной части декантатора. В результате этого мисцелла, выходящая из экстрактора, имеет содержание частиц экстрагируемого материала 0,4...1,0 %.

Техническая характеристика экстрактора НД-1250

Производительность, т/сут:	
при переработке семян подсолнечника	500
по схеме форпрессования – экстракция в расчете на семена при переработке сои по схеме прямой экстракции сырого лепестка	160
форпрессование – экстракция жмыхового лепестка	250
по схеме форпрессования – экстракция жмыховой крупки	220
Продолжительность одного оборота шнекового вала, с	61
Число шнековых витков:	
загрузочной колонны	9,5
горизонтального шнека	3,5
экстракционной колонны	27,5
Шаг витка, мм:	
верхнего приемного	460
остальных витков	450
Толщина витка шнека, мм	10
Диаметр колонн (внутренний), мм	1250
Установленная мощность электродвигателей приводов, кВт:	
загрузочной колонны	4,4
горизонтального шнека	3,5
экстракционной колонны	5,0
Габаритные размеры, мм	5838?2535?13340
Масса, кг	30000

Ленточный экстрактор МЭЗ-350 (рис. 20.9) работает по способу орошения. Основным рабочим органом экстрактора является горизонтальный сетчатый ленточный транспортер 5. Лента состоит из двух параллельно расположенных бесконечных цепей, к щекам которых крепятся болтами поперечно 58 рамок. Рамки имеют размеры 2400×600 мм и для обеспечения жесткости снабжены продольными и поперечными ребрами. Сверху на рамки укладываются подкладочные листы с перфорацией (отверстия размером 8×8 или 20×20 мм), затянутые сверху специальной плетеной сеткой.

Цепи ленты надеты на звездочки ведущего 3 и ведомого 13 валов, расстояние между осями которых 15 м, поэтому длина верхней рабочей ветви транспортера 14,4 м. Для исключения провисания и смещения ленты между звездочками на пальцах цепей имеются ролики, которые катятся по направляющим. При этом с одной стороны одна направляющая гладкая, а с другой – направляющая имеет треугольное сечение. Соответственно ролики также с одной стороны гладкие, а с другой имеют треугольную проточку. Проточка на роликах и треугольный выступ на направляющей обеспечивают отсутствие бокового смещения ленточного транспортера.

Вал с двумя ведущими звездочками жестко закреплен в хвостовой части аппарата, приводится во вращение в подшипниках от электродвигателя через вариатор, редуктор, цепную передачу и храповой механизм. Вариатор позволяет изменять бесступенчато скорость движения ленты в пределах от 2,5 до 5 м/ч. Движение ленты

происходит непрерывно из-за включения в кинематическую схему привода храпового механизма. Вал с двумя ведомыми звездочками имеет подвижные подшипники, расположен в головной части экстрактора, где предусмотрено приспособление для натяжения цепей транспортера. Ленточный транспортер в экстракторе установлен не строго горизонтально. Ось ведущих звездочек расположена на 150 мм выше оси ведомых звездочек. Это препятствует стеканию бензина по поверхности слоя материала в выводной бункер 2.

Особенностью экстрактора ленточного типа является использование в рабочем процессе (транспортирование слоя экстрагируемого материала) только верхней ветви ленточного транспортера. Нижняя ветвь транспортера нерабочая, и в этой зоне лента подвергается вспомогательным операциям (очистке круглой щеткой и промывке частью мисцеллы из дозирочного бачка).

Под верхней ветвью ленты расположены десять мисцеллосборников, восемь из которых соединены с соответствующими насосами, которые объединены в два четырехкорпусных насоса 14, 16. Каждый из восьми центробежных отдельных насосов питает мисцеллой соответствующую форсунку 6.

Для обеспечения равномерного распределения орошающей мисцеллы по слою экстрагируемого материала, получения хорошей проницаемости слоя, устранения скопления растворителя на верхней поверхности слоя экстрагируемого материала к крышке экстрактора на цепях подвешены грабельные рыхлители 7, которые прочесывают верхний слой материала.

Все рабочие органы экстрактора заключены в корпус экстрактора 4, который выполнен из листовой стали и швеллеров в виде коробчатой конструкции. В верхней части корпуса расположен загрузочный бункер 10, над которым имеется шлюзовой затвор 9 с индивидуальным электроприводом. Загрузочный бункер экстрактора имеет два ограничителя 11, 12 (верхний и нижний) флажкового типа. При этом также обеспечивается создание слоя материала, играющего роль затвора, препятствующего прорыву паров растворителя за пределы объема экстрактора. В нижней части загрузочного бункера расположен вертикальный регулировочный шибер 8, снабженный указателем, при помощи которого устанавливается определенная высота (0,8...1,4 м) слоя материала.

В хвостовой части экстрактора снизу имеется разгрузочный бункер, который имеет сужающееся боковое сечение с расположенным в самом низу двусторонним лопастным пневком 1 и шлюзовыми затворами. Корпус экстрактора установлен на опорах 15.

Экстрактор работает следующим образом. Экстрагируемый материал, подготовленный в виде лепестка, а также, возможно, в виде крупки, подается транспортером и после прохождения электромагнита через шлюзовой затвор поступает в загрузочный бункер, где автоматически поддерживается слой материала, опирающийся на ленту.

При движении ленты вместе с ней из загрузочного бункера транспортируется слой материала, высота которого регулируется шибером. На всем пути движения материала в рабочей зоне экстрактора на верхней ветви ленты происходит орошение слоя материала из восьми оросителей мисцеллой, концентрация которой последовательно увеличивается в противотоке. Свежий материал орошается крепкой мисцеллой, а материал в конце пути на ленте орошается чистым растворителем.

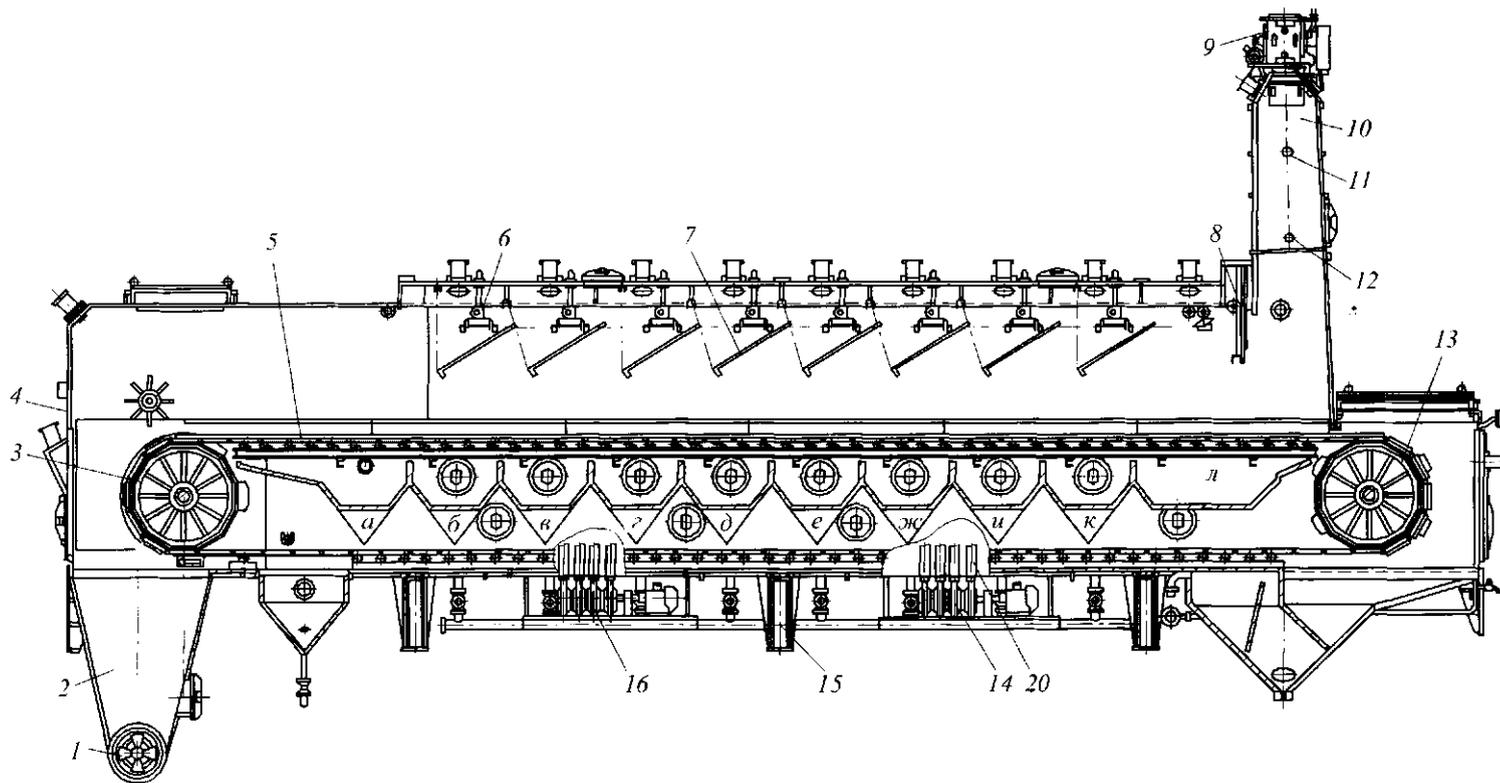


Рис. 20.9 Ленточный экстрактор МЭЭ-350

Мисцелла или растворитель, фильтруясь через слой материала, экстрагирует из него масло. Пройдя через слой материала и сетчатую ленту, мисцелла стекает в соответствующий мисцеллосборник, откуда откачивается и вновь подается на орошение.

При принятой схеме циркуляции мисцеллы на ступени (из мисцеллосборника насосом мисцелла подается в ороситель, расположенный над этим же мисцеллосборником) противоточное движение мисцеллы осуществляется переливом ее в смежный мисцеллосборник. Направление движения мисцеллы к месту загрузки материала, путем ее перелива, обеспечивается соответствующим снижением уровня переливной щели в последовательности мисцеллосборников. В хвостовой части экстрактора проэкстрагированный материал после зоны стока разрыхляется разгрузочным разрыхлителем и сбрасывается в разгрузочный бункер. Здесь материал двусторонним лопастным шнеком подается на два шлюзовых затвора и выводится из экстрактора. Мисцелла при фильтрации через высокий слой материала очищается от взвесей и не нуждается в специальной очистке на фильтрах после выхода из экстрактора.

Техническая характеристика экстрактора МЭЗ-350

Производительность экстрактора по семенам, т/сут:	
подсолнечника и хлопчатника	380
сои	140
Продолжительность экстракции, мин	140...200
Скорость ленты, м/ч	3,6...7,0
Число оросителей для циркуляции мисцеллы, шт.	16
Расход подаваемого в экстрактор растворителя, м ³ /ч	5...6
Масличность шрота при переработке, %:	
подсолнечника и хлопчатника	1,0
сои	0,6...0,7
Концентрация мисцеллы при переработке, %:	
подсолнечника и хлопчатника	25...30
сои	25...35
Установленная мощность электродвигателей приводов, кВт:	
экстрактора	3
шлюзового затвора загрузочного бункера	0,6
разгрузочного шнека и шлюзового затвора	1,5
Габаритные размеры, мм	1845×3950×9750
Масса, кг	57 400

В карусельных экстракторах реализуется принцип многоступенчатого орошения слоя маслосодержащего материала с фильтрацией рециркулирующей мисцеллы через слой экстрагируемого материала.

Двухъярусный роторный карусельный экстрактор (рис. 20.10) представляет собой аппарат, состоящий из цилиндрического корпуса 2 и двух вращающихся роторов (верхнего 8 и нижнего 3), имеющих собственные валы 14 и 18. У каждого ротора внешняя 15, 20 и внутренняя 16, 19 обечайки образуют кольцевое пространство, которое разделено вертикальными радиальными перегородками 4, 13 на 18 камер. В поперечном сечении эти перегородки имеют сужающуюся книзу форму, что способствует перегрузке материала на нижний ярус или разгрузочный бункер без зависания в камере. Привод обоих роторов общий, причем вращение они получают

через зубчато-цепные передачи 5 и 9, которые, в свою очередь, получают вращение через валы с шарнирами.

На обоих ярусах экстрактора – по два днища: верхнее 1, 7 – зерное (шелевое) и нижнее 6, 21 – сплошное, имеющее уклон 12° к внешнему периметру экстрактора. На каждом сплошном нижнем днище расположены вертикальные радиальные перегородки, выгораживающие камеры для сбора мисцеллы (мисцеллосборники) и направляющие ее к рециркуляционным насосам.

Загрузка исходного экстрагируемого материала происходит через загрузочный бункер 11 двумя параллельно расположенными шнеками 10 разной длины, что обеспечивает равномерность загрузки камер экстрактора. Загрузочные шнеки имеют индивидуальные приводы.

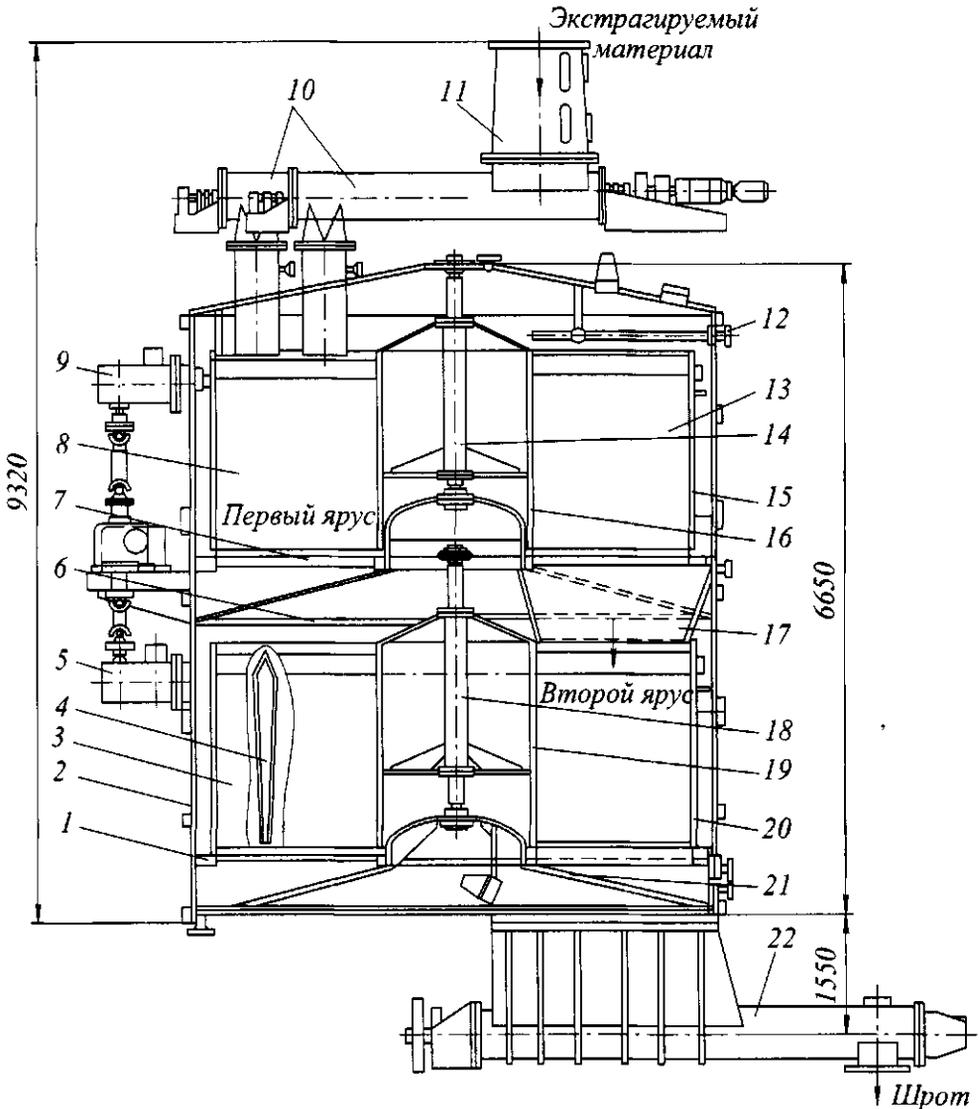


Рис. 20.10 Двухъярусный роторный карусельный экстрактор

На верхнем ярусе материал перемещается радиальными лопатками ротора по неподвижному зерному днищу и проходит восемь ступеней орошения мисцеллой, подаваемой рециркуляционными насосами через орошающие трубы 12 (разбрызгиватели). Система рециркуляции мисцеллы обеспечивает общее противоточное движение экстрагируемого материала и мисцеллы, т.е. по направлению к месту ввода материала растет концентрация рециркулируемой мисцеллы.

Совершив практически полный круг по верхнему ярусу, экстрагируемый материал через шахту перегрузки 17 пересыпается из разгружаемой камеры верхнего яруса в загружаемую камеру нижнего яруса. На нижнем ярусе материал также перемещается радиальными лопатками нижнего ротора и проходит еще восемь ступеней орошения мисцеллой понижающейся концентрации. Непосредственно перед выходом из экстрактора материал на последней ступени орошается чистым растворителем и проходит зону стока растворителя. Материал выгружают через разгрузочный шнек 22, который имеет индивидуальный привод.

Техническая характеристика двухъярусного роторного карусельного экстрактора

Типоразмер экстрактора	2/5000/1800	2/6000/1800
Производительность (в зависимости от вида семян и способа подготовки материала), т/сут.....	280...500	350...600
Масличность, %.....	0,5...1,0	0,5...0,1
Диаметр внутренний, мм:		
корпуса.....	5400	6500
ротора.....	5000	6000
Высота слоя материала в роторе, мм.....	1800	1800
Число роторных камер в ярусе.....	18	18
Мощность привода, кВт:		
загрузочного шнека.....	4,6	4,6
ротора.....	4,6	4,6
разгрузочного шнека.....	6,7	9,0
Частота вращения, $^{\circ}$ мин:		
загрузочного шнека.....	10...60	15...67
разгрузочного.....	10...44	0...125
Частота вращения ротора, $^{\circ}$ мин ⁻¹	29...173	34,5...208
Расход пара давлением 0,15 МПа для нагрева мисцеллы, кг/ч.....	700	850
Габаритные размеры, мм.....	9320×6650×1550	9200×7000×1550
Масса, кг	46 000	53 500

Чистый растворитель перед подачей в экстрактор подвергают сепарации от воды в водоосадителе и нагревают в теплообменнике до рабочей температуры 50...60 °С. Орошение материала как на нижнем, так и на верхнем ярусе производится с помощью рециркуляционных насосов через разбрызгиватели, и смещение разбрызгивателей по отношению к связанным с ними соответствующими мисцелло-сборниками способствует общему противоточному движению материала и мисцеллы. Этому же способствует то, что перегородки, разделяющие мисцеллосборники нижнего и верх-

него ярусов экстрактора, имеют вырезы, высота которых по отношению к смежным перегородкам обеспечивает перетекание мисцеллы из камеры в камеру, образуя противоточный поток по отношению к движению материала.

Для отвода мисцеллы на рециркуляцию из мисцеллосборников обоих ярусов экстрактора имеются соответствующие патрубки. В нижней части экстрактора имеется патрубок, через который мисцелла отводится с нижнего яруса экстрактора и с помощью насоса подается в орошающие трубы верхнего яруса.

В связи с тем, что в загружаемом материале содержится много мелких частиц, которые попадают в фильтрующуюся часть через слой мисцеллы, выводить ее из экстрактора на дашной ступени нецелесообразно. Данная мисцелла из последнего мисцеллосборника подается насосом через разбрызгиватель на материал в третьей по ходу его движения камере. После фильтрации через слой материала на третьей ступени конечная мисцелла отводится из экстрактора.

Инженерные расчеты.

Производительность Π (т/ч) колонного аппарата (НД)

$$\Pi = 15\pi D^2 S n \rho \xi \varphi.$$

Мощность N (кВт) колонного аппарата (НД):

– со шнеком загрузочной колонны

$$N_3 = \pi D^2 n f \xi h_3 (\rho_T - \rho_{ж}) (mS + D/30) / 24000 \eta;$$

– со шнеком горизонтальным (переходным)

$$N_n = \pi D^2 n f \xi l (\rho_T - \rho_{ж}) (S + D/30) / 24000 \eta;$$

– разгрузочным шнеком

$$N_p = \pi D^2 n \xi [(\rho_T - \rho_{ж}) h_{ж} + \rho_3 h_0] [(1 + fm)S + Df/30] / 24000 \eta,$$

где $\varphi = 0,7 \dots 0,8$ – коэффициент проскальзывания; n – частота вращения вала, об/мин; ρ – объемная масса материала, т/м³; D – наружный диаметр шнеков, м; S – шаг шнека, м; $\xi = 0,7 \dots 0,8$ – коэффициент заполнения; h_i – высота слоя материала на отдельной лопасти, м; $\rho_T, \rho_{ж}$ – плотности твердой и жидкой фаз, т/м³; η – КПД привода; f – коэффициент трения материала о стенки корпуса; $m = 0,5 \dots 0,7$ – коэффициент бокового распора.

Производительность Π (т/ч):

– ленточных экстракторов

$$\Pi = 3600 b h v \rho;$$

карусельных экстракторов

$$\Pi = \pi (D_k^2 - d_k^2) H n \rho / 4.$$

Мощность N (кВт):

– ленточных экстракторов

$$N = (10v/\eta) [(bhL\rho_p + G_0)(\mu d + 2k)\beta / D + h^2 L \rho_p \xi f];$$

– карусельных экстракторов

$$N = \pi H \rho_p f (D_k^3 - d_k^3) / 600 \eta,$$

где v – скорость движения конвейера, м/с; b – ширина конвейера, м; h – высота слоя материала, м; ρ – объемная масса материала, т/м³; L – длина конвейера, м; ρ_p – объемная масса материала с учетом задержки растворителя в слое, т/м³; G_0 – масса движущихся частей транспортера, т; μ – коэффициент трения в подшипниках скольжения; d – диаметр подшипника скольжения, м; k – коэффициент трения качения на поверхности роликов; $\beta = 1, 2 \dots 1,5$ – коэффициент, учитывающий трение в ребордах и торцах подшипника; ξ – коэффициент бокового распора слоя материала; f – коэффициент трения материала о стенки корпуса и днище; η – КПД привода; D – наружный диаметр роликов, м; D_k, d_k – наружный и внутренний диаметр карусели, м; H – высота слоя материала, м; n – частота вращения карусели, ч⁻¹.



Всегда ставьте себе большие и надличностные задачи, и вы достигнете в своей жизни большого и надежного. Вы будете счастливы.

ЛИХАЧЕВ ДМИТРИЙ СЕРГЕЕВИЧ (1906–1999),

литературовед и историк культуры, академик АН СССР

20.6 АППАРАТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКТОВ ИЗ ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ

Жир экстрагируют (вытапливают) из жиросодержащего сырья различными способами: мокрым (с добавлением 20...50 % воды к массе сырья) и сухим (без смешивания жира с водой). Вытопку жира в открытых аппаратах периодического действия проводят в два этапа: на первом – измельченное сырье нагревают до 65...75 °С, на втором – до 80...90 °С. Высшие сорта говяжьего, свиного и бараньего жира получают при открытой крышке аппарата (при температуре 65...80 °С в течение 1,5 ч). Все виды жиров первого сорта, сборный и свиной высшего сорта получают при закрытой крышке (температура 120 °С и время 3 ч).

Вибрационный экстрактор ЭВГ-06 показан на рис. 20.11. Поток кость – вода перемещается горизонтально в цилиндрическом гладком корпусе 19. Корпус изготовлен из нержавеющей трубы с глухими торцевыми днищами, к которым на кронштейнах 2, 11 наклонно прикреплены инерционные вибраторы 1, 10, работающие от электродвигателей мощностью 0,75 кВт. В передней верхней части трубы приварены патрубков 5 для загрузки кости, патрубки для подачи горячей воды 3 и пара. Паровой патрубок соединен с коллектором 7, оснащенным наклонно установленными соплами.

Все вводы соединены резиновыми герметизаторами 4 и 9 с внешними подводами. В задней нижней части трубы на оси установлена поперечная заслонка 15, с помощью которой в трубе регулируется толщина слоя смеси кость – вода. За заслонкой установлена сетка 13, отделяющая водожировую эмульсию, которая собирается в коллекторе и отводится из аппарата через патрубок 14. Обезжиренная кость выводится по патрубку 12. Все вибрирующие части установлены с помощью четырех пружин 18 на раме 16. При пуске в аппарат подается вода температурой 90...95 °С и затем кость, измельченная до частиц размером 25...30 мм.

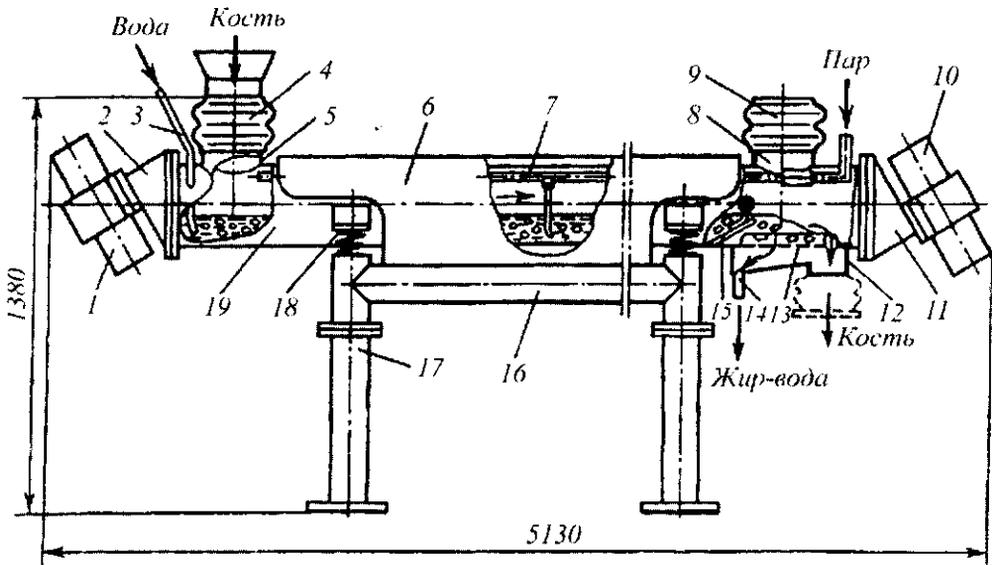


Рис. 20.11 Вибрационный экстрактор ЭВГ-06

Два самосинхронизирующихся вибратора создают направленные колебания, которые заставляют частицы двигаться по сложным траекториям, что приводит к активному перемешиванию, созданию вихревых потоков и организует перемещение смеси вдоль оси аппарата. Легкие частицы мышечной и соединительной ткани всплывают на поверхность, и для ее перемещения через коллектор 7 подается острый пар. Он же поддерживает температуру воды на уровне 90...95 °С. Слой смеси кость – вода занимает около 1/3 поперечного сечения трубы. С наружной стороны труба с воздушным зазором закрыта кожухом 6, предохраняющим персонал от ожогов.

Техническая характеристика экстрактора ЭВГ-06

Производительность аппарата по сырой кости, кг/ч	до 1000
Установленная мощность электродвигателей, кВт.....	0,74
Потребность на 1 т сырья:	
масса пара, кг.....	350
объем горячей воды, м ³	1
Масса, кг.....	600

Аппарат К7-ФВ-2В для вытопки жира из кости показан на рис. 20.12. В этих аппаратах достигается более полное извлечение жира (до 80 %). В одностенных аппаратах К7-ФВ-2В нагрев осуществляют острым паром с непрерывным отводом жира и бульона. Аппарат состоит из непосредственно автоклава и жиरोотделителя.

Цилиндрический корпус 8 автоклава с эллиптическим днищем 7 закрыт эллиптической крышкой 5, снабженной резиновой прокладкой. Крышка поворачивается на оси с помощью механизма винт – гайка. Винт 11 в нижней части закреплен на оси и поворачивается в вертикальной плоскости. Ходовой гайкой служит ступица зубчатого колеса одноступенчатого цилиндрического редуктора 3, в которой нарезана трапецеидальная резьба. Корпус редуктора установлен на боковых осях в кронштейнах 1 крышки. Реверсивный электродвигатель 2 через шестерню вращает зубчатое колесо, гайка которого, перемещаясь по винту, поворачивает кронштейны и

поднимает или опускает крышку. Угол поворота кронштейнов автоматически ограничивается двумя конечными выключателями 4. Кость загружают в три цилиндрические корзины 6, каждая вместимостью 0,5 м³, и тельфером подают в автоклав. Обогрев сырья ведут острым паром давлением до 0,5 МПа, который поступает через патрубков в нижней части корпуса. В центре дна закреплена труба-тройник с двумя вентилями. Через вентиль 12 отводят конденсат и осадок после варки, а через вентиль 13 в жиροотделитель поступают жир и бульон.

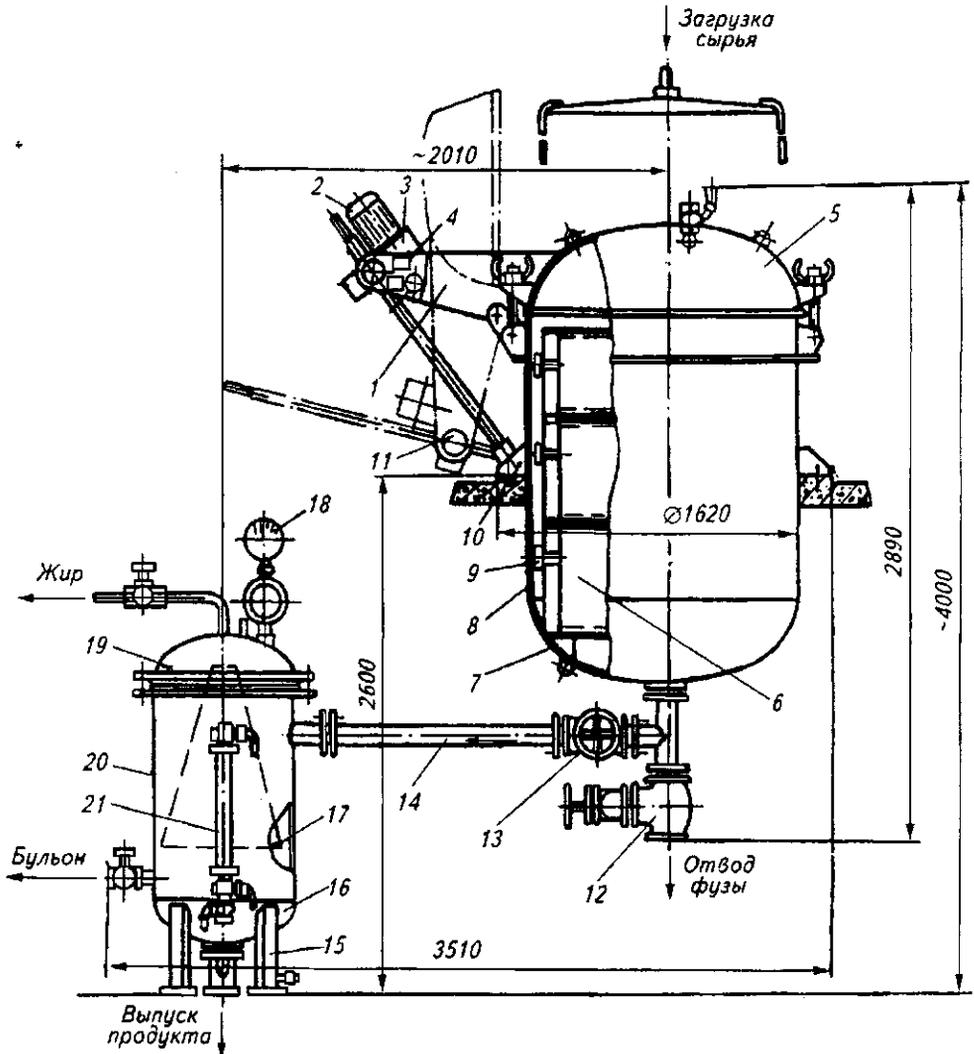


Рис. 20.12 Аппарат К7-ФВ-2В для вытопки жира из кости

Жироотделитель имеет цилиндрический корпус 20 с приваренным эллиптическим днищем 16 и крышкой 19, прикрепленной болтами. Крышку уплотняют резиновой прокладкой. К крышке крепят конусный колпак 17, под который через трубу 14 поступает жиробелковая смесь. Жир поднимается под колпаком и отводится по центральной трубе в крышке, а бульон сливается по боковой трубе в корпусе. Для слива осадка и промыв-

ной воды в центре днища имеется труба с вентилем. Уровень жидкости в жиросепараторе контролируют с помощью водомерной стеклянной трубы 21.

В автоклав одновременно загружают от 900 до 1200 кг кости, закрывают крышку и подают острый пар давлением 0,15...0,20 МПа. При этом кран на крышке открыт для удаления воздуха. В начале процесса при прогреве открывают вентиль 12 и сливают конденсат. Когда начинает вытекать бульон, вентиль закрывают, и давление повышается до 0,4 МПа. Открывают вентиль 13, и бульон с жиром поступает в жиросепаратор. Процесс выварки заканчивается, когда прекращается выделение жира из жиросепаратора. Контролируют процесс с помощью манометров, установленных на жиросепараторе и автоклаве. Автоклав снабжен предохранительным клапаном.

Техническая характеристика автоклава

Объем, м ³	2,45
Расход:	
пара, кг/ч	100
воды, м ³ /ч	0,56
Масса, кг	1520

Диффузоры К7-ФВ1-Г имеют вместимость 3 и 5,5 м³.

Диффузор К7-ФВ1-ГЗ (рис. 20.13)

вместимостью 3 м³ состоит из цилиндрического корпуса 14, нижнего конического 13 и верхнего эллиптического 1 днища. К нижнему днищу приварена цилиндрическая горловина 18, в которую установлен перфорированный стакан 16. Горловину закрывают крышкой 17 с бугельным затвором 12. В центре верхнего днища приварен люк загрузки, закрываемый крышкой аналогичной конструкции. Диаметры люка и горловины – 0,4 м. К горловине приварены два патрубка 15 для слива бульона, а в верхнюю крышку и нижнюю – патрубки 6 и 10 для подачи острого пара, горячей воды 7 и для снятия давления 2. Автоклав имеет датчик давления 3, связанный с пультом управления 8, на котором зажигаются сигнальные лампы. Верхний и нижний люки имеют блокировочные устройства 4 и 11, препятствующие подаче пара при неплотно закрытых крышках и открытию крышек при наличии давления в корпусе.

Кость загружают в аппарат, затем закрывают верхний и нижний люки. При этом на пульте зажигаются соответствующие сигнальные лампы. После этого в аппарат подается пар давлением 0,3 МПа и происходит варка. После варки бульон сливают

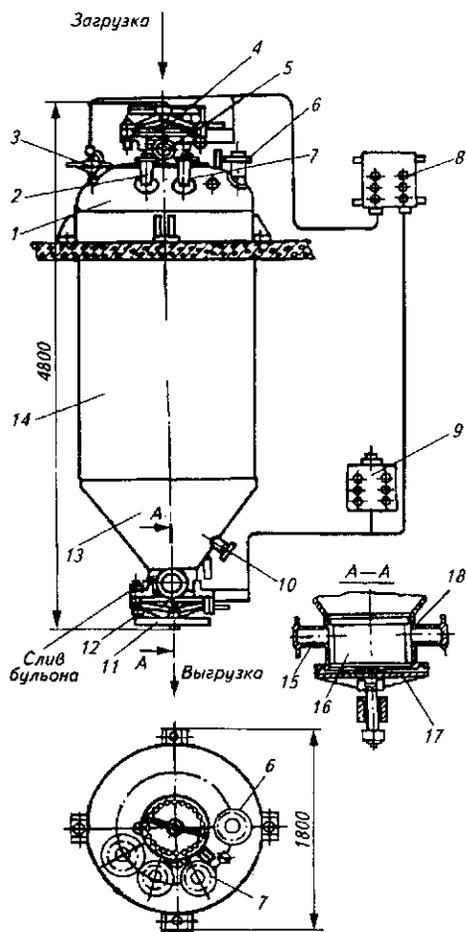


Рис. 20.13 Диффузор К7-ФВ1-ГЗ

через патрубки 15, а кость выгружают через нижний люк. Для более полного выделения белка диффузоры устанавливают в батареи с последовательной циркуляцией бульона.

Расходы пара на варку от 125 до 300 кг/ч, горячей воды от 0,6 до 0,7 м³/ч. Масса аппаратов 1450 и 1966 кг.

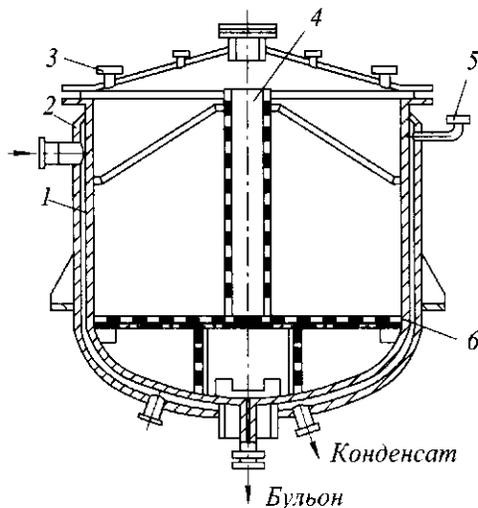
Использование вибрационных аппаратов позволяет сократить процесс обезжиривания до 3 мин, получить жир первого и высшего сортов. Остаточное содержание жира 4...7 % в зависимости от вида кости.

Техническая характеристика диффузоров

Показатель	К7-ФВ1-Г-3	К7-ФВ1-Г-5,5
Производительность по сухому клею, кг в смену.....	450	700
Вместимость диффузора, м ³	3	5,5
Рабочее давление, МПа.....	0,294	0,294
Расход пара, кг/г.....	125...175	188...313
Расход воды, м ³ /ч.....	0,6...0,7	0,7
Внутренний диаметр люков, мм.....	400	400
Габаритные размеры, мм.....	1700×3830	1800×4800
Масса, кг.....	1450	1966

Аппарат для экстракции желатина (рис. 20.14) состоит из корпуса 1 с паровой рубашкой 2 и перфорированным дном 6, на котором установлен перфорированный стакан 4. Корпус аппарата снабжен штуцером для воды 3 и штуцером для манометра 5.

Сырье температурой 18...20 °С подают в аппарат в смеси с водой. По окончании подачи сырья воду полностью спускают в канализацию и подают воду температурой 70...80 °С. В паровую рубашку постепенно пускают пар; рН вывариваемых бульонов для оссеина – 5,8...6,2, для мягкого коллагенсодержащего сырья – 5,8...6,6. В период ведения процесса экстракции (варки) измеряют температуру в различных точках экстракционного аппарата. О готовности бульона судят по его



способности желатинизоваться и крепости студня. Бульоны сливаются самотеком, или их откачивают насосами. При медленном спуске масса сырья в аппарате является своеобразным фильтром и адсорбирует на своей поверхности жир. Оставшееся в аппарате сырье заливают горячей водой для экстракции (варки) второй фракции и т.д. Концентрация последних бульонов обычно не превышает 2,0 %, при этом желатина в них содержится мало, и такие бульоны упаривать невыгодно. Целесообразно направлять их вместо свежей воды для варки фракций в другие варочные аппараты.

Расход горячей воды для заливки сырья 15000...16000 кг на 1 т готового желатина.

Рис. 20.14 Аппарат для экстракции желатина

Аппарат для обезжиривания костей (рис. 20.15) применяют в производстве желатина. Корпус аппарата цилиндрикоконический, в нижней части которого установлено перфорированное днище 8, штуцер для спуска жидкости 9, шлюзовый затвор 6 и разгрузочный люк 7. На крышке аппарата установлен загрузочный люк 1, штуцер для пара 2, перфорированный карман 3 и штуцер для слива жира 4. По обечайке конической части аппарата установлены штуцера для воды 5 и пара 2.

В аппарат через загрузочный люк 1 загружают предварительно измельченную до 30...40 мм кость, которая обезжиривается при температуре 90...95 °С. Через штуцер 5 заливают воду на 15...20 см выше уровня кости, которую нагревают до кипения острым паром, а нагревание воды поддерживают в течение 4...6 ч. Жир, выделившийся на поверхность жидкости через перфорированный карман 3 и штуцер 4, непрерывно самотеком сливается в резервуар для приема и обработки жира. Полученный бульон с концентрацией белковых веществ 2...3 % направляют на выработку клея. Для обезжиривания свежих порций кости вместо свежей воды целесообразно использовать вторичные бульоны. Бульон, полученный в первом аппарате, применяют для обезжиривания новой порции кости во втором аппарате, а бульон из второго аппарата – для обезжиривания кости в третьем аппарате. При этом содержание клеевых белковых веществ повышается до 6 %, вместо трех бульонов поступает один, в результате чего в 2...2,5 раза уменьшаются затраты воды, пара и электроэнергии на одну единицу массы получаемого клея.

Окончание процесса обезжиривания характеризуется прекращением выделения жира из кости, легкой отделяемостью прирезей мяса от кости.

Костный бульон спускают через штуцер 9 и направляют на сгущение до 25...30 %, а обезжиренную кость после охлаждения холодной водой до 50...60 °С выгружают через люк 7. Степень обезжиривания кости горячей водой составляет 50...60 %, что является недостатком этого метода. Выход жира из тазовой кости – 7...9 %, лопатки и челюстной кости – 2...3, ребра – 5...6 %. В среднем выход жира при обезжиривании горячей водой составляет около 6 % массы костей.

Инженерные расчеты. Концентрирование биологических жидкостей мясного производства (бульонов, желатина и т.п.) производят в экстракторах различных конструкций, отличающихся режимными и конструктивными параметрами.

Продолжительность вытопки определяется из условия теплопередачи

$$Q = kF\Delta t \tau,$$

где Q – количество теплоты, необходимой для плавления жира в сырье, находящемся одновременно в аппарате, Дж;

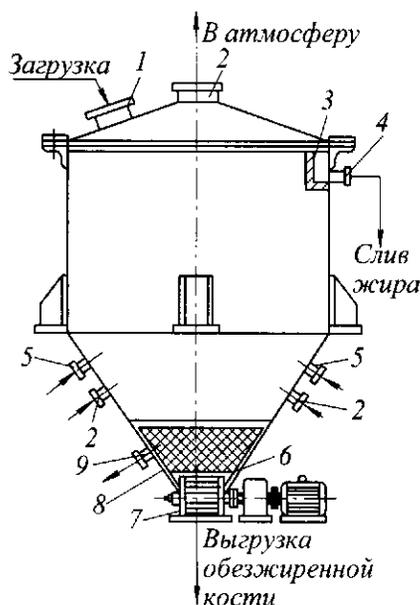


Рис. 20.15 Аппарат для обезжиривания кости

$$Q = qG,$$

где q – удельное количество теплоты, Дж/кг; G – масса сырья в аппарате, кг; k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К); F – площадь поверхности теплопередачи, м²; Δt – разность между температурами теплоносителя и продукта, К; τ – время, с.

Удельное количество теплоты q (Дж/кг) определяют по формуле

$$q = c_n(t_{пл} - t_n) + b_{ж}r_{ж} + c_k(t_k - t_{пл}) + E(t_k - t_n) + b_v r_v,$$

где c_n, c_k – теплоемкость сырья до и после плавления жира, Дж/(кг·К); $t_n, t_{пл}, t_k$ – температуры продукта начальная, плавления жира и конечная, °С; $b_{ж}$ – массовая доля жира в продукте, кг/кг; $r_{ж}$ – скрытая теплота плавления жира, Дж/кг; E – энергия, идущая на денатурацию белка при изменении его температуры на 1 °С, Дж/(кг·К); b_v – массовая доля испарившейся воды, кг/кг; r_v – скрытая теплота испарения воды, Дж/кг.

Для расчета интенсивности теплоотдачи в экстракторах, имеющих различные геометрические размеры корпуса, используется обобщенное уравнение вида:

$$Nu = 2,1 \cdot 10^{-6} Re_n^{0,94} Re_u^{0,17} Pr^{0,43} z^{0,11} Cr^{0,05},$$

где $Nu = (\alpha\delta)/\lambda$ – критерий Нусельта, $Re_n = (4\Gamma)/\mu$ – критерий Рейнольдса пленочный; $Re_u = (\rho n d_s^2)/\mu$ – критерий Рейнольдса центробежный; $Pr = (\mu c)/\lambda$ – критерий Прандтля; z – число лопастей; $Cr = d/\Delta$ – геометрический симплекс; α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); δ – толщина пленки продукта, м; λ – теплопроводность продукта, Вт/(м·К); Γ – линейная плотность орошения поверхности, кг/(м·с); μ – динамическая вязкость продукта, Па·с; ρ – плотность продукта, кг/м³; n – частота вращения ротора, с⁻¹; d_s – диаметр лопасти мешалки, м; c – удельная теплоемкость продукта, Дж/(кг·К); d – диаметр рабочей поверхности аппарата, м; Δ – зазор между пальцами лопастей и стенкой корпуса, м.

Уравнение рекомендуется для инженерных расчетов в следующих пределах: $Re_n = 600 \dots 10500$; $Pr = 4,5 \dots 7,5$; линейная скорость концов лопастей $v = 1,1 \dots 2,0$ м/с; количество лопастей $z = 1 \dots 4$; зазор $\Delta = 0,001 \dots 0,004$ м.



Нет победителя сильнее того,
кто сумел победить самого себя.
БИЧЕР ГЕНРИ УОРД (1813–1887),
американский общественный деятель

20.7 ТЕХНИКА БУДУЩЕГО: НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Диффузионный аппарат для свеклосахарного производства (А.с. № 1594218, С13 D1/10) предназначен для ускорения процесса экстрагирования за счет равномерного распределения стружки по сечению аппарата.

На рис. 20.16 изображен продольный разрез аппарата; на рис. 20.17 – вал аппарата с укрепленными на нем стойками. Диффузионный аппарат для свеклосахарного производства включает в себя наклонный корытообразный корпус 1, снабженный загрузочным бункером 2, обогревательной рубашкой 3 и технологическими патрубками 4...7 соответственно для подачи экстрагента, отвода диффузионного сока, подачи пара в трубовал и подачи пара в обогревательную рубашку, установленные в

нем два шнека 8 и 9 с возможностью вращения навстречу один другому, каждый из которых состоит из вала 10, установленных по длине стоек 11 и прикрепленных к ним лент 12, образующих витки 13, разгрузочное устройство 14 и привод 15. На рабочей поверхности каждого витка 13 укреплены перпендикулярно к ней по спирали Архимеда направляющие ребра 16, при этом последние на каждом витке 13 расположены против его захода.

Свековичную стружку подают в загрузочный бункер 2 и двумя параллельными шнеками 8 и 9 транспортируют в верхнюю часть диффузионного аппарата. Навстречу стружке движется экстрагент, поступающий по патрубку 4 в верхнюю часть аппарата. Сок на производство отводится через патрубок 5, расположенный в нижней части аппарата. Жом выгружается устройством 14. Подогрев сокоотрующей смеси осуществляется через полые трубчатые валы 10, полые стойки 11 и полые витки шнека 13, внутренние пространства которых сообщаются между собой и образуют вращающуюся греющую поверхность внутри аппарата. Греющий пар в полые валы 10 подают через патрубок 6, а в обогревательные рубашки 3 — через патрубки 7.

При вращении шнеков 8 и 9 в существующих аппаратах стружка в большей степени скапливается в средней части корпуса. Это явление ухудшает гидродинамику движения экстрагента в аппарате, что приводит к повышенным потерям сахара в жоме. Направляющие ребра 16 в процессе вращения шнеков отводят скопившуюся в средней части аппарата стружку и равномерно распределяют ее по всему объему аппарата. Это создает хорошие гидродинамические условия движения экстрагента, обеспечивающие интенсивное выслаживание стружки и снижение потерь сахара в жоме.

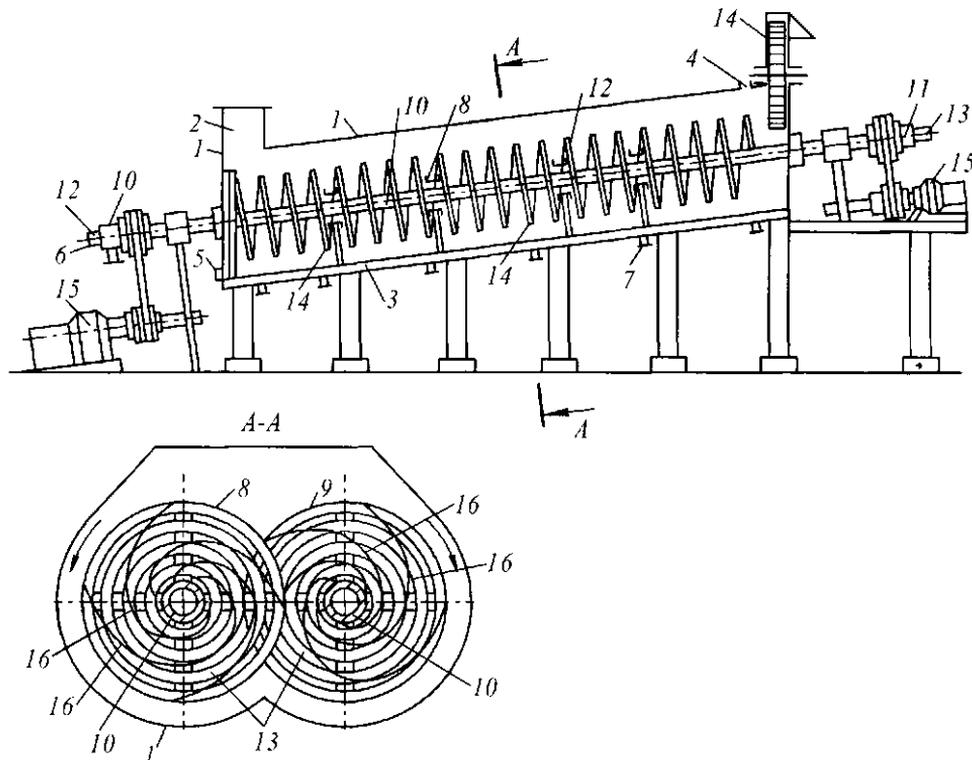


Рис. 20.16 Диффузионный аппарат

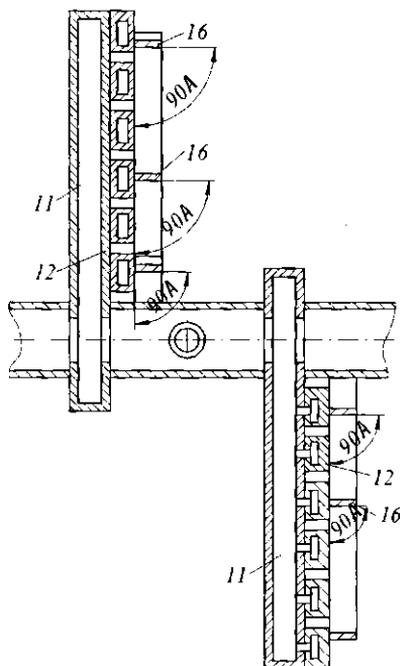
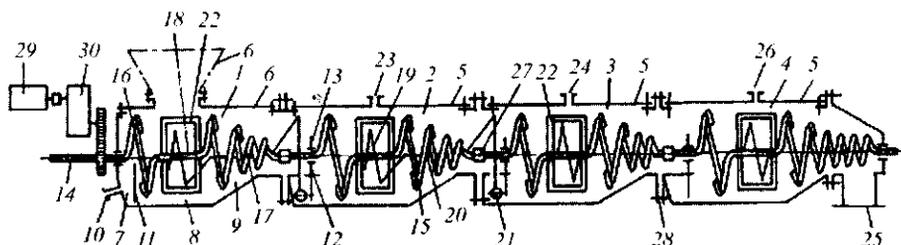


Рис. 20.17 Вал

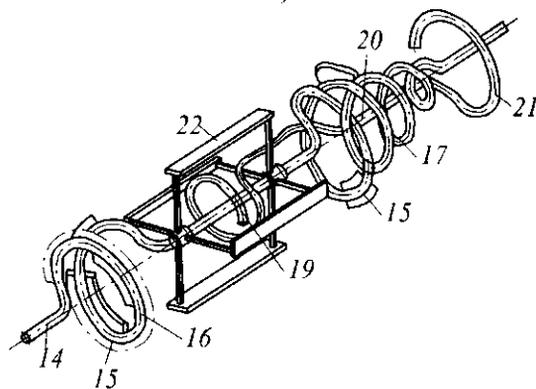
Диффузионный аппарат для свеклосахарного производства отличается тем, что, с целью ускорения процесса экстрагирования за счет равномерного распределения стружки по сечению аппарата, на рабочей поверхности каждого витка укреплены перпендикулярно к ней по спирали Архимеда направляющие ребра, при этом последние на каждом витке расположены против его захода.

Горизонтальный шнековый экстрактор (А.с. № 2082477, В01 D11/02) предназначен для утилизации металлосодержащих твердых промышленных отходов, а также для растворения, выщелачивания и экстракции в пищевой, химической, металлургической и других отраслях промышленности.

На рис. 20.18. изображен противоточный горизонтальный шнековый экстрактор: *а* – общий вид, *б* – шнековый узел экстрактора в аксонометрии. Предлагаемое устройство содержит корпус, разделенный на первую 1, средние 2, последнюю 3 и дополнительную 4 секции, имеющие корытообразное сечение, уменьшающееся в направлении движения твердой фазы, и закрывающиеся крышками 5. В крышке 5 первой секции 1 расположен фланец для подсоединения загрузочного бункера 6. Секции 1...3 имеют три зоны: зону вывода экстрагента 7, реакционную 8 и зону перемещения экстрагируемого материала 9. Зона вывода экстрагента 7 предназначена для сбора жидкой фазы и отделения ее от твердой фазы, расположена в торцевой части секции 1 и имеет наклонную стенку. Вывод экстрагента из зоны 7 производят через патрубок 10. Зона вывода экстрагента 7 отделена от реакционной зоны 8 не доходящей до дна перегородкой 11. Внутри каждой секции на опорах 12 с подшипниками скольжения 13 размещен изготовленный из трубы основной шнек 14, на котором закреплены любым известным способом винтовые лопасти 15 в виде перфорированных пластин.



а)



б)

Рис. 20.18 Горизонтальный шнековый экстрактор

В каждой секции основной шнек 14 состоит из первой и второй по ходу экстрагируемого материала спиральных частей 16, 17, между которыми расположен его горизонтальный участок 18, и соединен с линией подвода теплоносителя.

Экстрактор снабжен шнеком обратной подачи 19 с диаметром и шагом, составляющими 0,6...0,8 от диаметра, и шага первой части 16 основного шнека, имеющей постоянный шаг и диаметр. Указанные размеры шнека обратной подачи связаны с тем, что при диаметре, большем 0,8, существенно уменьшается объем зоны интенсивного перемешивания, а при диаметре, меньшем 0,6, лопасти шнека обратной подачи оказываются практически не погруженными в реагирующую смесь. Шнек обратной подачи 19 выполнен из трубы с закрепленными на ней лопастями и имеет навивку, обратную навивке частей 16, 17 основного шнека 14. Горизонтальная часть трубы 20, из которой выполнен шнек обратной подачи, выполнена соосно конической части 17 основного шнека, крепится к ней любым известным способом и имеет заборный серповидный штуцер 21, опущенный в зону 7 вывода экстрагента последующей секции, за исключением дополнительной. Другой конец шнека обратной подачи 19 расположен в реакционной зоне 8 предыдущей секции.

На горизонтальных участках 18 основного шнека 14 любым известным способом закреплены рамочные перемешиватели 22, состоящие из крестовины и лопастей.

Первая часть 16 шнека 14, размещенная в реакционной зоне 8, имеет постоянные шаг и диаметр. Часть 17 шнека 14, размещенная в зоне перемещения материала 9, имеет коническую форму с диаметром и шагом, уменьшающимися в направлении движения твердой фазы. Такое устройство шнека позволяет при перемещении реагирующей смеси вверх по наклонной части зоны 9 корпуса производить отделение жид-

кой фазы от твердой, уменьшить вынос экстрагента в последующую секцию, благодаря чему повышается степень извлечения из экстрагируемого материала. Устройство средних секций 2 аналогично устройству секции 1, за исключением того, что в крышке корпуса над реакционной зоной 8 они имеют патрубок 23 для ввода корректирующего раствора. Количество средних секций определяется свойствами реагирующих веществ и требуемой степенью извлечения компонентов из обрабатываемого материала. В крышке последней секции 3 имеется патрубок 24 для ввода экстрагента. Дополнительная секция 4 предназначена для проведения вспомогательных реакций, таких, например, как нейтрализация обработанного сырья. Дополнительная секция 4 снабжена выгрузочным отверстием 25 для выгрузки экстрагированного материала и патрубком 26 для ввода нейтрализующего раствора. Шнеки различных секций соединены между собой с помощью муфт 27, а сами секции соединяются при помощи фланцев 28. Вращение шнеков осуществляют от электродвигателя 29 через вариатор скорости 30 любого известного типа, например фрикционного.

Включением электродвигателя 29 через вариатор 30 приводят во вращение шнеки устройства. В секцию 3 через патрубок 24 вводят в экстрактор обрабатывающий раствор (экстрагент). Обрабатываемый (экстрагируемый) материал из загрузочного бункера 6 поступает в реакционную зону 8 по ходу секции 1. За счет вращения основного шнека 14 происходит перемещение материала по длине реакционной зоны 8. Шаг винта и скорость вращения шнека выбирают таким образом, чтобы обеспечить заданную на каждой ступени продолжительность обработки. В средней части реакционной зоны 8 за счет вращения рамочного перемешивателя 22 происходит перемешивание материала в вертикальной плоскости. В этой же зоне за счет вращения шнека обратной подачи 19 происходит перемещение верхнего слоя реакционной смеси в направлении первой части 16 основного шнека и таким образом возникает дополнительный контур перемешивания. Интенсификация перемешивания позволяет значительно увеличить скорость экстракции по сравнению с аналогом. Из реакционной зоны 8 обрабатываемый материал перемещается в следующую секцию 2 обработки конической частью 17 основного шнека 14. При движении обрабатываемого материала шнеком вверх по конической части корпуса в зоне 9 перемещения материала секции 1 жидкая фаза стекает обратно в реакционную зону 8 и таким образом происходит отделение твердой фазы от жидкой.

Твердая фаза последовательно проходит реакционные зоны 8 всех средних секций 2 и секции 3, где подвергается каждый раз обработке все более чистым раствором. Сам процесс обработки протекает аналогично тому, как это происходит в секции 1. В зоне вывода экстрагента 7 секций 2 и 3, отделенных от соответствующих реакционных зон 8 вертикальной перегородкой 11, скапливается и отстаивается обрабатывающий раствор, который перекачивается в секцию 1. Перекачивание обрабатывающего раствора (экстрагента) из средних 2 и из последней 3 секций происходит за счет того, что серповидный штуцер 21 при вращении трубчатого вала 20 захватывает часть раствора. При дальнейшем повороте шнека экстрагент перетекает по внутренней полости трубы 20 и шнека обратной подачи 19 непосредственно в наиболее интенсивно перемешиваемую часть реакционной зоны 8 предыдущей секции, что позволяет более эффективно проводить процесс экстракции. Из секции 1 отработанный раствор выводят через патрубок 10 на последующие операции, например регенерацию, извлечение экстрагированных веществ и т.п.

Таким образом, обрабатываемый материал проходит все секции устройства для выщелачивания, а обрабатывающий – противотоком все секции в направлении от 3 к 1. При необходимости состав выщелачивающего раствора может корректироваться в ходе протекания процесса путем подачи корректирующего раствора через патрубки 23.

Далее обрабатываемый материал поступает в дополнительную секцию 4, где производят вспомогательные операции, например нейтрализацию обрабатываемого материала, путем подачи через патрубок 24 нейтрализующего раствора. Из секции 4 после нейтрализации обрабатываемый материал выводят из устройства через выгрузочное отверстие 25. Теплоноситель вводят через открытый конец основного шнека 14 секции 1, а вывод его осуществляют из его оконечной части, выходящей из секции 4.

Противоточный горизонтальный шнековый экстрактор *отличается* тем, что за последней секцией установлена дополнительная секция нейтрализации экстрагента с отверстием для выгрузки экстрагированного материала, секции имеют корытообразное сечение и три зоны: зону вывода экстрагента, отделенную перегородкой, не доходящей до дна, от реакционной зоны, переходящей в зону перемещения материала с коническим сечением корпуса, основной шнек для перемещения экстрагируемого материала выполнен в виде змеевика из трубы с закрепленными на ней лопастями и соединен с линией подвода теплоносителя, в каждой секции основной шнек состоит из первой и второй по ходу экстрагируемого материала спиральных частей, соединенных горизонтальным участком, на котором расположен рамочный перемешиватель. Установлен шнек обратной подачи с диаметром и шагом, составляющими 0,6...0,8 диаметра и шага первой части основного шнека, вторая часть основного шнека выполнена конической и имеет шаг и диаметр, уменьшающиеся в направлении движения материала, причем шнек обратной подачи выполнен в виде змеевика из трубы, горизонтальная часть которой расположена соосно конической части основного шнека, с заборным серповидным штуцером, опущенным в зону вывода экстрагента последующей секции, за исключением дополнительной, другой конец шнека обратной подачи расположен в реакционной зоне предыдущей секции, а в крышке корпуса над реакционными зонами средних секций экстрактора установлены патрубки для ввода корректирующего раствора.

Экстрактор (А.с. № 1756333, С11 В1/10) предназначен для экстрагирования масел из маслосодержащего сырья растительного происхождения с интенсификацией процесса путем предотвращения нарушения противотока мисцеллы.

На рис. 20.19 изображен экстрактор: *а* – общий вид, *б* – чан экстрактора. Экстрактор состоит из попарно расположенных чанов, наружная обечайка которых образует корпус 1. Внутри каждого из чанов расположены соосно вала 2 экстрактора внутренние обечайки 3 ротора с лопастями 4, которые делят пространство ротора на камеры.

Вращение ротора осуществляется приводом 5. Каждый чан экстрактора имеет зерное днище 6, снабженное секторным вырезом, под которым размещена шахта 7, проходящая через кольцевой мисцеллосборник 8, расположенный под зерным днищем 6, причем секторный вырез зерного днища нижерасположенного чана смещен относительно секторного выреза вышесрасположенного чана против направления вращения ротора. Шахта 7 последнего (нижнего) чана связана с разгрузочным шнеком 9. Ниже разгрузочного шнека 9 расположен дополнительный кольцевой мисцеллосборник 10, разделенный на секции перегородками 11. Каждая секция дополнительного мисцеллосборника 10 связана посредством насосов 12, трубопрово-

дов и оросителей 13 с соответствующим чаном и его кольцевым мисцеллосборником 8. Верхний чан снабжен питателем 14, а нижний чан – оросителем 15 для подачи растворителя.

Материал питателем 14 загружается в камеры ротора верхнего чана экстрактора, образованные внутренней обечайкой 3, зерным днищем 6 и лопастями 4. Ротор, вращаясь от привода 5 вокруг вала 2, перемещает материал к секторному вырезу зерного днища, при этом материал орошается мисцеллой, подаваемой из соответствующей чану секции дополнительного кольцевого мисцеллосборника 10 посредством насоса 12 и оросителей 13. После прохождения через слой материала мисцелла собирается в кольцевом мисцеллосборнике 8 и стекает в ту же секцию дополнительного мисцеллосборника 10. Проэкстрагированный в чане материал через шахту 7 пересыпается в нижележащий чан, где подвергается орошению мисцеллой с более низкой, чем предыдущая, концентрацией, подаваемой другим насосом 12 из соответствующей чану секции кольцевого мисцеллосборника 10. Таким образом, постепенно обезжириваясь, материал проходит сверху вниз все чаны экстрактора и после орошения чистым растворителем через ороситель 15 в нижнем чане разгрузочным шнеком 9 выводится из экстрактора. Мисцеллы различных концентраций собираются в соответствующих секциях дополнительного кольцевого мисцеллосборника 10, и каскадный переток мисцеллы из одной секции в другую через перегородки 11 возможен только в сторону увеличения концентрации мисцеллы за счет различной высоты перегородок. Самая концентрированная мисцелла, соответствующая верхнему чану, выводится из экстрактора из секции дополнительного кольцевого мисцеллосборника 10 на дальнейшую обработку.

Все рабочие органы экстрактора отделены от атмосферы герметичным корпу-

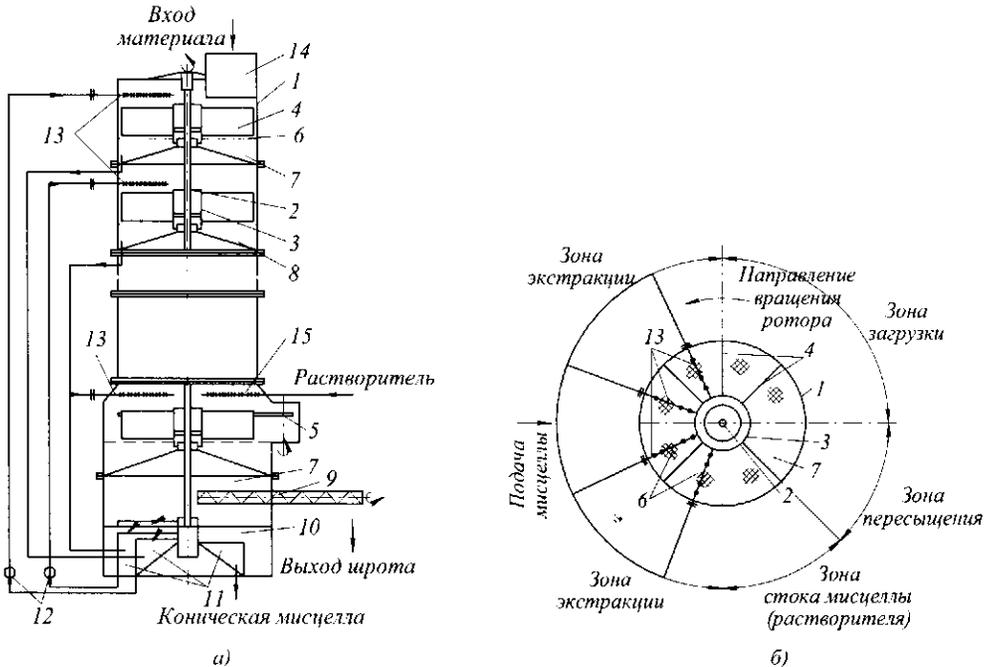


Рис. 20.19 Экстрактор

сом 1, поскольку экстракция осуществляется растворителем гексановых фракций.

Экстрактор для маслосодержащего сырья *отличается* тем, что, с целью интенсификации процесса маслоотделения путем предотвращения нарушения противотока мисцеллы, он снабжен дополнительным кольцевым мисцеллосборником с разделительными перегородками, расположенными в нижней части корпуса под разгрузочным шнеком, при этом разделительные перегородки имеют различную высоту для обеспечения каскадного перетока мисцеллы из секции с меньшей концентрацией в секцию с большей концентрацией, а каждая секция соединена через средства циркуляции с мисцеллосборником и оросителями соответствующего чана.

Колонный массообменный аппарат (Пат. № 2147454 РФ, В01 D11/02) предназначен для осуществления процессов экстракции, сорбции, выщелачивания и отмывки жидкими и газообразными реагентами зернистых и мелкодисперсных материалов, в том числе радиоактивных, в режимах прямотока и противотока.

На рис. 20.20 показан колонный массообменный аппарат: *a* – для работы в режиме прямотока; *б* – для работы в режимах прямотока и противотока; *в* – фрагмент насадки в увеличенном изображении при ее движении вверх; *г* – фрагмент насадки в увеличенном изображении при ее движении вниз; *д* – сечение А-А наклонных перегородок насадки, выполненных в виде усеченных конусов; *е* – сечение А-А наклонных перегородок насадки, выполненных в виде усеченных правильных пирамид.

Колонный массообменный аппарат согласно изобретению содержит корпус 1 с плоским днищем 2, вибропривод 3, шток 4 со сквозными тарельчатыми насадками 5, концевую пластину 6, патрубок 7 для подачи исходных реагентов в виде суспензии, патрубок 8 для вывода продуктов взаимодействия и нерастворенного остатка. Концевая пластина 6 выполнена жесткой из полипропилена, снабжена перфорацией 9 и имеет боковую кромку 10. Патрубок 8 с входным отверстием 11 и концевая пластина 6 установлены вблизи днища 2 корпуса 1 так, что в среднем положении пластины 6 ее боковая кромка 10 находится напротив входного отверстия 11 патрубка 8. Патрубок 8 направлен вверх относительно днища 2 корпуса 1 под углом 1, равным 15...45°. Тарельчатые насадки 5 имеют наклонные перегородки 12, причем углы наклона *a* и *б* перегородок 12 двух соседних насадок 5 относительно оси аппарата составляют соответственно 30...60° и 120...150°. Наклонные перегородки 12 представляют в сечении окружности 13, если они выполнены в виде усеченных конусов, или правильные многоугольники 14, если перегородки выполнены в виде усеченных правильных пирамид. Такое выполнение аппарата позволяет использовать его при работе в режиме прямотока.

Для работы в режимах, как прямотока, так и противотока аппарат дополнительно оснащен верхним 15 и нижним 16 расширениями, причем верхнее расширение оборудовано дополнительным патрубком 17, а нижнее – дополнительным патрубком 18. Патрубок 17 предназначен для вывода продукта взаимодействия более легкого, по сравнению с продуктом, выводимым из патрубка 8, патрубок 18 – для подачи исходного реагента, плотность которого меньше плотности реагента, вводимого через патрубок 7.

Положение концевой пластины 6 характеризуется тремя уровнями: крайним верхним 19, крайним нижним 20 и средним 21. Работа колонного массообменного аппарата происходит следующим образом. Через патрубок 7 в аппарат подают жидкую фазу исходного реагента, которая заполняет его до уровня верхней тарельчатой насадки 5, после чего включают вибропривод 3. Затем через патрубок 7 загрузают

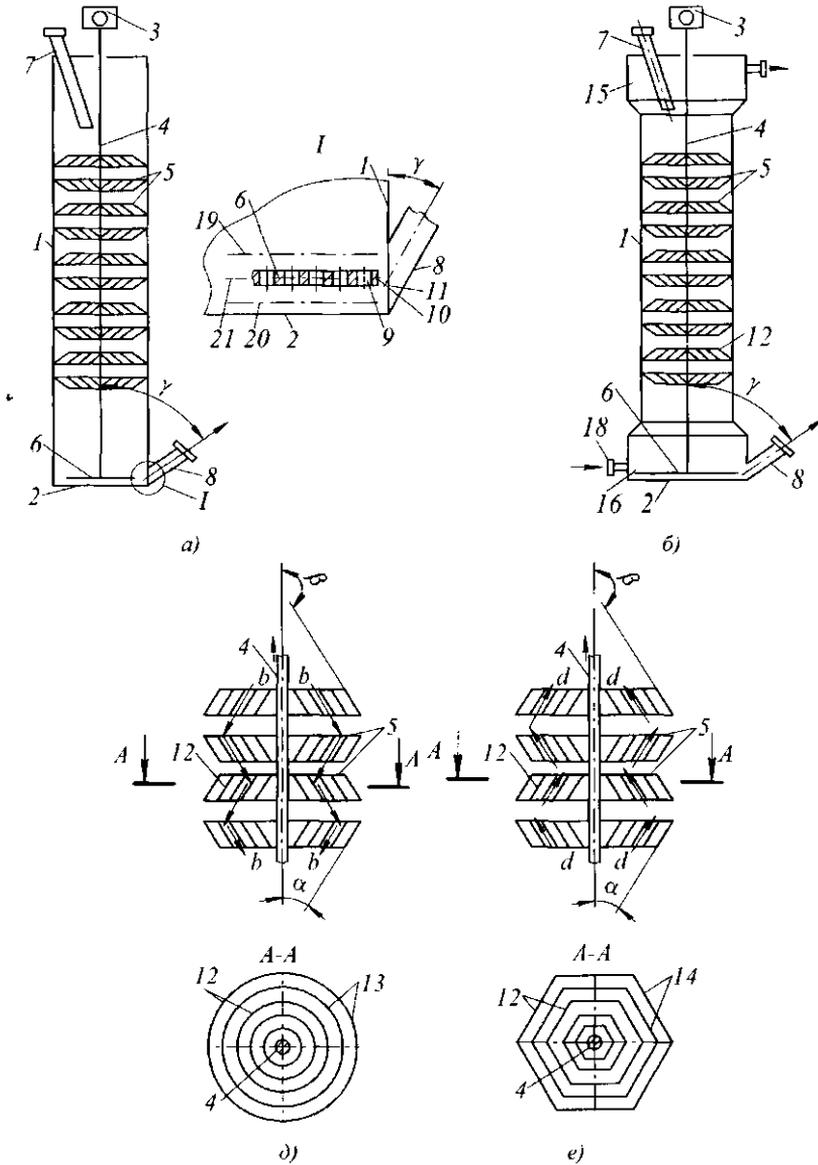


Рис. 20.20 Колонный массообменный аппарат

твёрдый зернистый материал в сухом виде или в виде суспензии. При движении штока 4 вверх жидкая фаза и находящиеся в ней твёрдые частицы материала, попадая в пространство между наклонными перегородками 12 тарельчатых насадок 5, отбрасываются перегородками поочередно то к периферии корпуса, то к штоку 4, совершая зигзагообразное движение, направленное вниз согласно стрелкам *b*. Изменение направления движения потока сопровождается возникновением турбулентных вихрей, которые достигают наклонных поверхностей нижней расположенной насадки, в результате чего твёрдые частицы ударяются о них и изменяют свое первоначальное направление.

При движении штока 4 вниз поток твердых частиц и жидкой фазы начинает перемещаться по траектории, показанной на рисунке 4 стрелками *d*. Однако твердые частицы, имеющие большую плотность по сравнению с жидкой фазой, обладают большей инерционностью, благодаря чему они не увлекаются жидкой фазой вверх, а продолжают движение вниз. Таким образом, твердые частицы при вибрации тарельчатых насадок 5 совершают зигзагообразное движение в турбулентных струях и, ударяясь о поверхности перегородок 12, продолжают двигаться вниз со скоростью, меньшей, чем скорость, обусловленная силой тяжести твердых частиц. Благодаря этому увеличивается время пребывания суспензии в аппарате. Энергия, передаваемая частицам, активизирует их, в результате чего усиливается массообмена от твердой фазы в жидкую и происходит активное растворение частиц.

Нерастворенные частицы, пройдя через последнюю насадку 5, под действием гравитационных сил достигают днища 2 корпуса 1 и попадают в сильно турбулизованную зону, создаваемую вибрирующей концевой пластиной 6 за счет перфорации 9. Наличие мощных турбулентных вихрей не позволяет осесть на дно даже очень тяжелым частицам. Кроме того, пластина 6 генерирует гидравлические удары, частично направленные в патрубок 8. Это происходит благодаря тому, что боковая кромка 10 концевой пластины 6 расположена напротив центра входного отверстия 11 патрубка 8 в непосредственной близости от него. Когда пластина 6 под воздействием вибраций совершает перемещения от крайнего верхнего положения 19 до крайнего нижнего 20, ее среднее положение 21 постоянно находится в пределах отверстия 11. Так как жидкая фаза практически несжимаема, то при движении пластины 6 вниз с ее боковой кромки 10 срываются вихревые импульсы жидкости, часть которых попадает в патрубок 8 через отверстие 11. При движении пластины 6 вверх под ней создается разрежение, которое способствует возникновению в наклонном патрубке 7 обратных по знаку вихревых импульсов жидкости. Импульсы жидкости вызывают гидравлические удары в полости патрубка 6, что исключает накопление в нем твердых частиц и гарантирует надежную работу аппарата.

В режиме противотока работа аппарата происходит аналогично вышеописанному с той лишь разницей, что через дополнительный патрубок 18 вводят реагент, плотность которого меньше плотности исходного реагента, поступающего через патрубок 7. Благодаря этому реагент и продукты массообмена, образовавшиеся в нем, движутся вверх, попадают в верхнее расширение 15 и выводятся из аппарата через патрубок 17.

Использование предлагаемого колонного массообменного аппарата в процессах экстракционной переработки танталниобийсодержащих пульп в режиме противотока и получения алюмокремниевого коагулянта из нефелинового концентрата в режиме прямотока обеспечивает удельную производительность по сумме фаз 30...35 м³/м·час при непрерывном цикле работы в течение не менее 6 месяцев с извлечением целевого компонента до 98 %.

Колонный массообменный аппарат *отличается* тем, что корпус имеет плоское днище, концевая пластина выполнена жесткой и снабжена перфорацией, при этом концевая пластина и патрубок для вывода продуктов взаимодействия установлены вблизи днища корпуса так, что в среднем положении пластины ее боковая кромка находится напротив входного отверстия патрубка; *отличается* тем, что патрубок для вывода продуктов взаимодействия направлен вверх относительно днища корпуса под углом 15...45° к оси аппарата; *отличается* тем, что каждая тарельчатая на-

садка имеет ряд расположенных соосно идентичных наклонных перегородок, выполненных в виде усеченных конусов или усеченных правильных пирамид, при этом угол наклона перегородок двух соседних насадок относительно оси аппарата составляет соответственно $30...60^\circ$ и $120...150^\circ$; отличается тем, что верхняя и нижняя части корпуса выполнены расширяющимися, причем в верхней части корпуса установлен дополнительный патрубок для вывода продуктов взаимодействия, а в нижней части - дополнительный патрубок для подачи исходного реагента.

Экстрактор для растительного маслосодержащего материала (А.с. № 1824429, С11 В1/10) предназначен для масложировой промышленности и относится к оборудованию для масложировой промышленности, и позволяет повысить производительность.

На рис. 20.21 показан экстрактор в разрезе, сечение А-А, сечение камеры после загрузки экстрагируемым материалом. Экстрактор состоит из герметичного корпуса 1, в котором размещен ротор 2, состоящий из наружной 3, внутренней 4 обечайек. Ротор 2 вращается над перфорированным днищем 5 и разделен радиальными перегородками 6 на камеры, внутри которых равномерно по высоте размещены крестообразные перфорированные пластины 7, закрепленные на оси 8, и содержит систему циркуляции мисцеллы. Ротор 2 приводится во вращение посредством привода 9, закрепленного на корпусе 1. Для сбора мисцеллы служат мисцеллосборники 10, а для орошения растворителем - оросители 11, установленные над камерами ротора 2, загрузочное 12 и разгрузочное 13 устройства.

Загрузка материала осуществляется через загрузочное устройство в камеры ротора 2, образованные наружной 3 и внутренней 4 обечайками и перегородками 6.

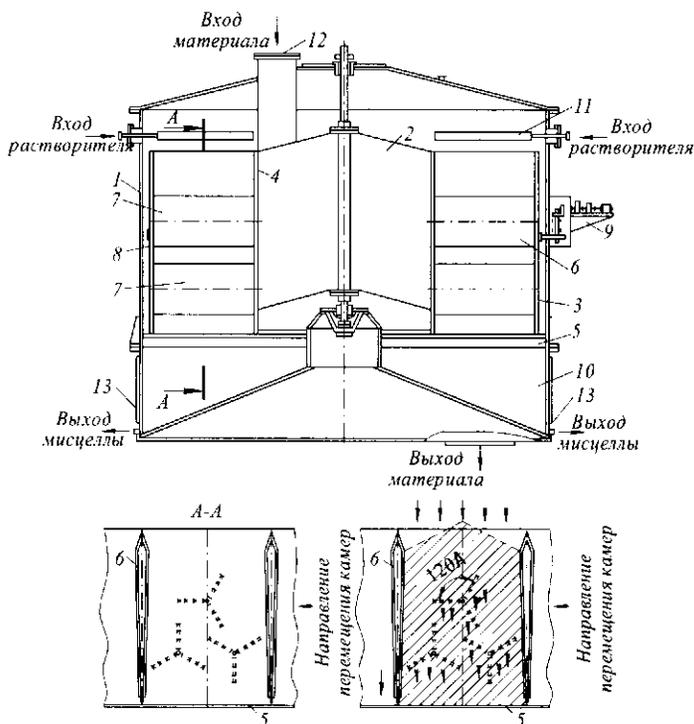


Рис. 20.21 Экстрактор

Материал вначале поступает на перфорированные свободно вращающиеся пластины 7, а затем на днище 5 ротора, благодаря чему уменьшаются давление вышележащих слоев на нижележащие, и предотвращается уплотнение слоя. За счет равномерного распределения по высоте камер перфорированных пластин 7 достигается равный слой экстрагируемого материала между осями пластин 7, что уменьшает слеживаемость слоя и повышает проницаемость слоя материала растворителем. Перфорация пластин 7 позволяет растворителю равномерно распределяться по всей площади камеры.

Угол между пластинами 7 составляет 120° . Это позволяет разгружать проэкстрагированный материал под действием силы тяжести в разгрузочное устройство.

По ходу движения материал орошается мисцеллами убывающей концентрации, подающимися рециркуляционными насосами из мисцеллосборников 10 на оросители 11. Сборники 10 мисцеллы расположены таким образом, что мисцелла имеет возможность перетекать по ним в сторону увеличения концентрации, что способствует организации принципа противотока. Мисцелла, проходя через слой материала, фильтруется из мелких частиц. При проходе камеры экстрактора над разгрузочным устройством происходит выгрузка нижнего слоя материала из камеры, а затем и верхнего слоя. Повышение производительности экстрактора достигается за счет снижения уплотнения слоя, повышения проницаемости слоя для растворителя при полностью заполненной камере экстрактора, увеличения стока жидкой фазы из слоя.

Экстрактор для растительного маслосодержащего сырья *отличается* тем, что с целью повышения производительности он снабжен размещенными равномерно в каждой камере, одно над другим, средствами для разуплотнения экстрагируемого материала, каждое из которых представляет собой укрепленные на горизонтальной оси между обечайкой с возможностью вращения под углом одна к другой перфорированные пластины, причем угол между пластинами составляет 120° .

* * *

В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.

1. Процесс извлечения растворимых веществ из клеток свеклы обусловлен двумя стадиями процесса – диффузией вещества в ткани данного сырья и массоотдачей с поверхности частиц к экстрагенту.

2. Коэффициент молекулярной диффузии отражает интенсивность теплового движения молекул, а коэффициент конвективной диффузии – интенсивность действия гидродинамических факторов.

3. Экстракция растительных масел ведется либо способом погружения экстрагируемого материала в противоположно движущийся растворитель, либо способом ступенчатого орошения растворителя противоточно перемещающегося продукта.

4. Производительность диффузионных аппаратов преимущественно определяется габаритными размерами транспортирующих органов, плотностью диффундируемого материала и коэффициентом заполнения аппарата.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается сущность процесса экстракции и что является движущей силой диффузионного процесса?
2. Какие основные требования должны быть выполнены при конструировании диффузионных аппаратов?
3. Какова классификация диффузионных аппаратов сахарного производства?
4. Чем диффузионные аппараты отличаются от экстракционных?
5. Что такое откачка диффузионного сока и чем она определяется?
6. По какому принципу работают экстракционные установки для получения спиртовых настоек и морсов?
7. Каково устройство и каков принцип действия шнекового экстрактора НД-1250?
8. Каковы основные параметры технической характеристики экстрактора МЭЗ-350?
9. Чем отличаются одноколонные диффузионные аппараты КДА-30 и КДА-66?
10. По какому режиму работает диффузионный аппарат КДА?
11. Каково основное требование для надежной работы наклонного диффузионного аппарата?
12. Каковы достоинства и недостатки наклонных диффузионных аппаратов?
13. Как получают диффузионный сок в наклонном диффузионном аппарате?
14. От каких параметров зависит длительность процесса диффузирования в диффузионном аппарате?
15. Как устроен ротационный диффузионный аппарат типа РДА-59М?
16. Чем отличаются расчеты производительности вертикального наклонного и ротационного диффузионных аппаратов?
17. В чем заключается предварительная подготовка воды для питания диффузионной установки?
18. Каково устройство и каков принцип действия аппарата для экстракции желатина?
19. Как работает аппарат для обезжиривания кости?
20. Каков принцип обесклеивания костного шрота в диффузоре?

УПРАЖНЕНИЯ

Предложите в виде эскизов Ваши решения инженерных задач, связанных с развитием конструкций:

- аппаратов для получения диффузионного сока;
- установок для экстракции настоек и морсов;
- аппаратов для экстракции растительного масла;
- аппаратов для экстракции бульонов и желатина.

Эти решения должны предполагать совершенствование, модернизацию оборудования с целью достижения одного или нескольких следующих результатов:

- повышение производительности;
- повышение качества продукции;
- улучшение условий труда рабочего с точки зрения эргономики, техники безопасности и охраны труда;
- экономию времени на санитарное обслуживание оборудования;
- экономию времени на техническое обслуживание оборудования;
- экономию энергоресурсов;
- экономию конструкционных материалов;
- повышение технологичности конструкции с точки зрения изготовления и ремонта;
- улучшение дизайна оборудования;
- снижение себестоимости продукции другими, кроме перечисленных выше, путями.

Вместе с этими, преимущественно машиноведческими, аспектами рассмотрите возможность развития конструкций машин и аппаратов с точки зрения повышения качества самих технологических процессов, которые реализуются этим оборудованием. Речь идет об увеличении точности, устойчивости, надежности, управляемости и стабильности технологических процессов, а также о снижении их чувствительности к возмущающим факторам окружающей среды.

По результатам Вашей работы сделайте заключение о том, в какой мере Ваши предложения повышают готовность машин и аппаратов к эффективной автоматизации данных технологических процессов.



Гипотезы – это леса, которые возводят перед зданием и сносят, когда здание готово; они необходимы для работника; он не должен только принимать леса за здание.

ГЁТЕ ИОГАНН ВОЛЬФГАНГ (1749–1832).

немецкий поэт, мыслитель, естествоиспытатель

Глава 21

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Кристаллизация – процесс выделения твердой фазы в виде кристаллов из растворов и расплавов. Кристаллизацией завершается производство сахара, глюкозы, лимонной кислоты, поваренной соли, а также жировых смесей и жиродержащих эмульсий (масло сливочное, маргарины, кулинарные, хлебопекарные и кондитерские жировые продукты).

Особенности процесса кристаллизации связаны с образованием центров кристаллизации и ростом кристаллов. Образование центров кристаллизации в растворах осуществляют двумя способами: созданием условий для их самопроизвольного образования и вводом в раствор искусственных центров кристаллизации. Способность жировых продуктов кристаллизоваться в значительной мере зависит от температуры кристаллизации (плавления).



Кто знает мало и знает об этом, тот знает много.

СТУАРТ ДУГАЛЬД (1753–1828),

английский философ и экономист

21.1 НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Переход вещества из раствора в твердую фазу осуществляется путем диффузии растворенного вещества через пограничный слой, окружающий поверхность кристалла. Скорость процесса кристаллизации может определяться скоростью диффузии растворенного вещества через пограничный слой, либо скоростью слияния вещества с телом кристалла, либо зависимостью от обеих стадий одновременно.

В процессе кристаллизации сахарозы кристаллы окружены пограничным слоем межкристалльного раствора толщиной δ . Избыток молекул сахарозы из этого слоя пересыщенного раствора быстро выделяется на поверхность кристаллов, и раствор становится насыщенным с концентрацией сахарозы y_n . На некотором расстоянии от граней кристаллов в окружающем растворе сохраняется пересыщение с концентрацией сахарозы y_n .

Вследствие разности концентраций ($y_n - y_n$) сахара диффундирует через пограничный слой раствора. Приблизившись к граням кристаллов, молекулы сахарозы переходят в кристаллическую решетку – происходит фазовый переход.

Скорость роста кристаллов можно выразить с помощью уравнения молекулярной диффузии

$$dM / dt = [DF(y_n - y_n)] / \delta,$$

где dM – количество вещества, выкристаллизованного в единицу времени dt ; D – коэффициент диффузии; F – площадь поверхности кристаллов, на которых выкристаллизовывается вещество; y_n – концентрация вещества в объеме пересыщенного раствора; y_n – концентрация вещества у поверхности кристалла (принимается равной концентрации раствора); δ – толщина пограничного слоя раствора, в котором концентрация изменяется от y_n до y_n .

После интегрирования получим уравнение вида

$$M = [D(y_n - y_n)F\tau] / \delta,$$

тогда скорость кристаллизации будет равна

$$M / (F\tau) = D(y_n - y_n) / \delta.$$

Толщина пограничного слоя при ламинарном характере обтекания кристалла пересыщенным раствором

$$\delta \cong (\mu / \nu)^{0.5},$$

где μ – динамическая вязкость насыщенного раствора; ν – скорость движения кристалла в растворе.

Согласно закону Стокса $\nu = 1/\mu$, а зависимость коэффициента диффузии от абсолютной температуры T и динамической вязкости μ по Эйнштейну имеет вид $D = kT/\mu$, где k – постоянная величина, зависящая от природы диффундирующего вещества, тогда

$$M / (F\tau) = kT(y_n - y_n) / \mu^2.$$

Основными факторами, определяющими скорость кристаллизации, являются степень пересыщения раствора, температура, образование центров кристаллизации, интенсивность перемешивания, наличие примесей в растворе.

Движущей силой процесса кристаллизации является величина отклонения системы от состояния равновесия, а направление процесса определяется изменением избыточной свободной энергией E , которой обладает раствор или его отдельные компоненты. Свободную энергию, отнесенную к одному молю химически индивидуального вещества, вводимого в систему или выводимого из нее, называют химическим потенциалом μ_x . Если раствор содержит n_c молей сахарозы и n_g молей воды, то при постоянных давлении P и температуре T справедливы соотношения:

$$\mu_c = (\partial E / \partial n_c) P T n_g;$$

$$\mu_g = (\partial E / \partial n_g) P T n_c.$$

Тогда для раствора сахарозы

$$E = \mu_c n_c + \mu_g n_g,$$

а для одного моля раствора

$$E = \mu_c x_c + \mu_g x_g,$$

где x_c, x_g – мольные доли сахара и воды.

Движущей силой процесса кристаллизации является разность химических потенциалов молекул сахарозы в перенасыщенном μ_c^n и насыщенном μ_c^u растворах:

$$\Delta\mu = \mu_c^n - \mu_c^u.$$

Химический потенциал сахара в растворе зависит от концентрации. Для насыщенного раствора

$$\mu_c^u = \mu_c^0 + RT \ln C_u,$$

где μ_c^0 – стандартный химический потенциал при концентрации вещества в растворе, равной 1 моль/л.

Для пересыщенного раствора

$$\mu_c^n = \mu_c^0 + RT \ln C_n,$$

движущей силой кристаллизации будет

$$\mu_c^n - \mu_c^u = \mu_c^0 + RT \ln C / C_u.$$

Кристаллизация лактозы осуществляется при производстве молочного сахара, сгущенного молока, а также сухих молочных продуктов. Скорость, с которой растворяются в воде различные кристаллические формы лактозы, а также их растворимость, неодинаковы для различных форм. Кристаллографическая структура лактозы относится к моноклинной сингонии и аксиальному виду симметрии.

Модель нестационарной кристаллизации лактозы можно представить в виде системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \Phi_N &= dN / dt; & \Phi_A &= dA / dt; \\ \Phi_M &= dM / dt; & \Phi_T &= dT / dt, \end{aligned}$$

где $\Phi_N, \Phi_A, \Phi_M, \Phi_T$ – функции, связывающие независимое время t и исходные переменные N, A, M, T с производными последних; N – численная концентрация кристаллов, кг^{-1} ; A – удельная площадь поверхности кристаллов, $\text{м}^2/\text{кг}$; M – относительная масса кристаллов; T – абсолютная температура, К.

В модель входят соотношения для расчета среднего размера кристаллов L (мм)

$$C = C_0 + M_0 - M,$$

$$L = \sqrt{A / (\beta \cdot N)},$$

где C – относительная массовая концентрация гидрата кристаллизующегося вещества; C_0 – начальное значение относительной массовой концентрации пересыщенного раствора; M_0 – относительная масса заправки; β – поверхностный коэффициент формы.

Механизм образования центров кристаллизации (зарождение кристаллов) в объеме переохлажденных жировых компонентов объясняется теорией гетерофазных флуктуаций вблизи точки плавления вещества. При охлаждении возникают местные и временные флуктуации, которые представляют собой скопления с ориентированным расположением молекул. Состояние этих скоплений неустойчиво: наряду с образованием наблюдается и их распад. Возникающее структурное образование становится зародышем для роста кристалла.

Основные элементы жировых кристаллов строятся из расположенных друг возле друга молекул триглицерида с отличающейся модификацией кристаллов с различной температурой кристаллизации (плавления). В числе этих форм кристаллов две являются метастабильными, их называют модификациями α и β' , и одна стабильная фаза – β .

Для жирового сырья и жировых продуктов следует учитывать наличие значительного числа жировых компонентов с различной температурой кристаллизации (плавления), а также многообразие триглицеридного состава каждого жирового компонента. Процесс кристаллизации связан с режимами полиморфного преобразования и зависит от скорости охлаждения, а также скорости и степени кристаллизации.

Сущность процесса термомеханической обработки высокожирных сливок заключается в изменении структуры продукта. Последовательность протекающих процессов здесь можно представить в виде: охлаждения высокожирных сливок, интенсивного образования центров кристаллизации, отвердевания части жира, смены фаз жировой эмульсии, разрушения кристаллов агрегатов жира и их равномерного распределения по всей массе.



Мне лично ощущение высшего счастья дают произведения искусства. В них я черпаю такое духовное блаженство, как ни в какой другой области... Достоевский дает мне больше, чем любой научный мыслитель, больше, чем Гаусс.
ЭЙНШТЕЙН АЛЬБЕРТ (1879–1955), физик-теоретик

21.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Кристаллизаторы могут быть периодического или непрерывного действия, причем на предприятиях в основном используют кристаллизаторы периодического действия.

В качестве кристаллизаторов периодического действия часто используют универсальные емкостные аппараты с рубашкой и мешалкой. В кристаллизаторе с ванной открытого типа предусмотрены рубашка для хладоносителя и мешалка.

В кристаллизаторах непрерывного действия центры кристаллизации образуются на охлаждаемой поверхности вращающегося полого вальца (барабана) в результате понижения температуры нанесенной на нее пленки (раствора). Образовавшиеся кристаллы удаляют с поверхности барабана неподвижным ножом.

Классификация оборудования для ведения процесса кристаллизации пищевых сред приведена на рис. 21.1.

В основу классификации оборудования для ведения процесса кристаллизации пищевых сред положены признаки, характеризующие различные процессы структурообразования, в соответствии с которыми оборудование можно разделить на следующие группы:

– аппараты для кристаллизации сахарозы, к которым относятся вакуум-аппараты, кристаллизаторы и помадозбивальные машины, используемые в сахарном и кондитерском производствах;

– аппараты для кристаллизации лактозы, к которым относятся кристаллизаторы-охладители, вальцовые кристаллизаторы и вакуум-охладители, используемые в производстве молочного сахара, сгущенного молока и сухой молочной продукции.

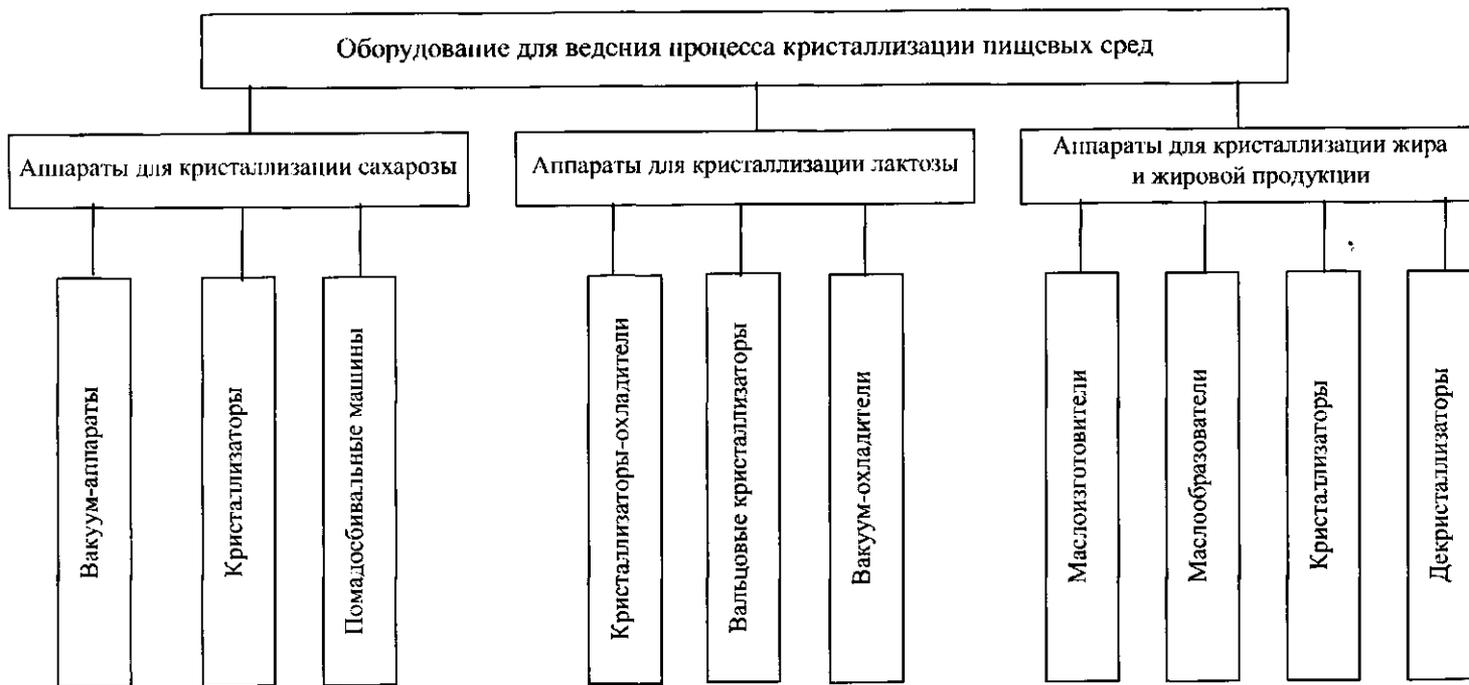


Рис. 21.1 Классификация оборудования для ведения процесса кристаллизации пищевых сред

– аппараты для кристаллизации жира и жировой продукции, к которым можно отнести маслоизготовители, маслообразователи, кристаллизаторы и декристаллизаторы, которые используются в маслоделии и в производстве различной жировой продукции.

Вакуум-аппараты работают при давлении ниже атмосферного и предназначены для уваривания утфелей. Форма корпуса вакуум-аппарата зависит от его конструкции и бывает цилиндрической (с расширенной верхней частью), сферической или прямоугольной с полукруглой крышкой. Греющие камеры вакуум-аппаратов могут иметь различную конструкцию. Наибольшее распространение получили вакуум-аппараты с подвесными греющими камерами, верхние и нижние трубные решетки которых имеют различную конфигурацию (конические, сферические, двускатные и др.). Пар поступает в межтрубное пространство греющих камер, а увариваемый продукт перемещается внутри труб.

Диаметр греющей камеры в большинстве конструкций вакуум-аппаратов меньше диаметра корпуса аппарата, таким образом, между стенками греющей камеры и корпусом вакуум-аппарата образуется кольцевое пространство, по которому циркулирует утфель.

Сепарирующие устройства в вакуум-аппаратах, так же как и в выпарных аппаратах, предназначены для отделения от вторичного пара капель продукта. Так как в вакуум-аппаратах продукт имеет большую вязкость, то используются сепараторы только инерционного типа, которые устанавливаются над утфельным пространством в верхней части корпуса аппарата.

При выборе кристаллизационного оборудования необходимо учитывать кинетические особенности и массообменные закономерности процессов кристаллизации жировых продуктов. В производстве жировой продукции различного назначения широко применяются как промежуточные, так и базовые кристаллизаторы.

Наибольшее распространение получили маслообразователи цилиндрические (обычно трехцилиндровые) и пластинчатые. Применяются также вакуум-маслообразователи.



...работа настоящих исследователей –
это непрерывная и жесткая борьба с сомнениями.
ПИСАРЖЕВСКИЙ ОЛЕГ НИКОЛАЕВИЧ (1908-1964),
писатель, популяризатор науки

21.3. ВАКУУМ-АППАРАТЫ

Уваривание утфеля I кристаллизации осуществляется в периодически действующих вертикальных вакуум-аппаратах (кристаллизаторах) вместимостью 40, 60, 80 т. Полный цикл уваривания утфеля в вакуум-аппаратах состоит из четырех этапов: сгущение сиропа до заводки кристаллов, заводка кристаллов сахара, наращивание кристаллов сахара, сгущение и выгрузка утфеля.

Утфели увариваются при температурах 70...80 °С при остаточном давлении в надутфельном пространстве аппаратов около 0,015 МПа. Перепады температуры в вакуум-аппаратах составляют 30...50 °С при обогреве паровых камер вторичным паром выпарных установок и около 80 °С при обогреве свежим паром.

Вакуум-аппарат ПВА-400 (рис. 21.2, а) имеет цельносварной корпус 4, внутри которого подвешены греющая камера 3 на опоре 9 и кронштейне 10 и ловушка-

сепаратор 7. В нижней части аппарата для спуска утфеля установлен клапан 1 с гидравлическим приводом 11, размещенных на днище 2. Под крышкой 6 установлена труба кольцевая 5 для пропарки аппарата. Пар в греющую камеру 3 поступает через штуцера 8 с мембранами 13, которые прикреплены коническими патрубками 14 к корпусу 12 греющей камеры.

Греющая камера (рис. 21.2, б) состоит из двух конических трубных решеток 3 и 8, в которые завальцованы трубы 5 и приварена циркуляционная труба 4. Штуцера с мембранным устройством присоединены к фланцам 2, а аммиачные газы отводятся при помощи оттяжек. Конденсат удаляется по трубе 1. Паровая камера в аппарате подвешивается при помощи кронштейнов 6. Между корпусом 7 греющей камеры и корпусом аппарата имеется кольцевое пространство для циркуляции утфеля.

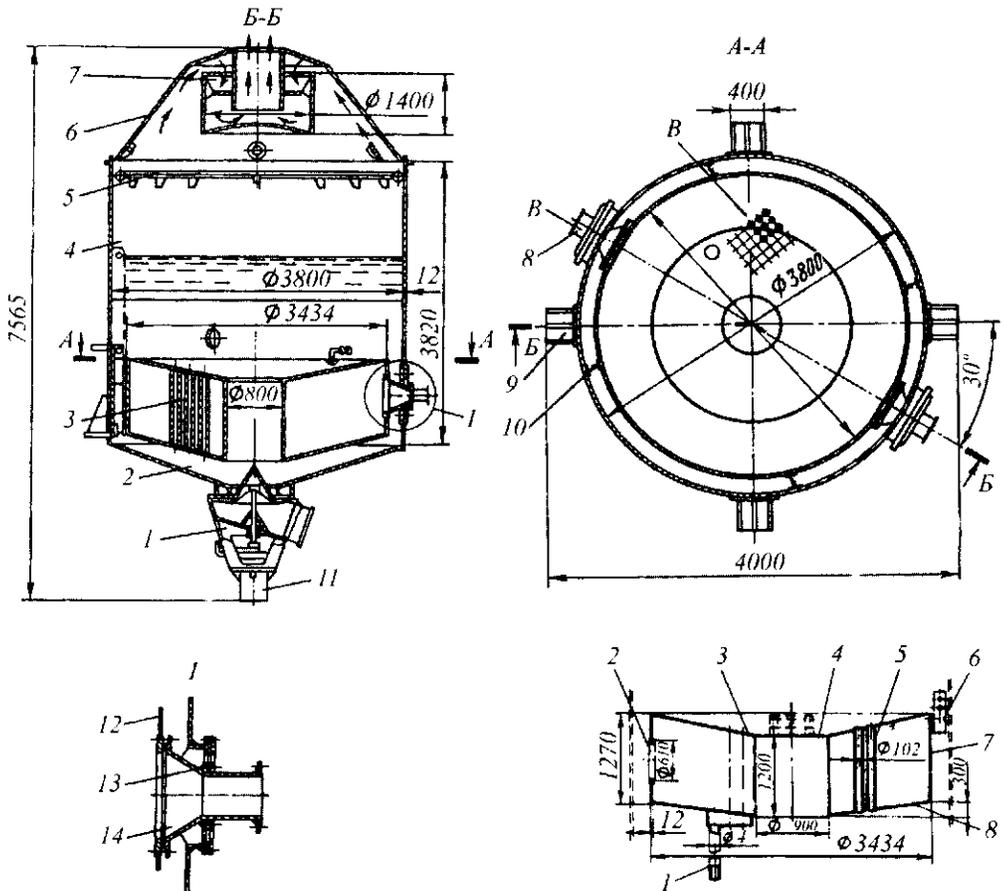


Рис. 21.2 Вакуум-аппарат ПВА-400:
а – общий вид; б – греющая камера; в – спускное устройство

Спускное устройство для утфеля представлено на рис. 21.2, в. Состоит оно из корпуса 6 с днищем 5, запорного клапана 13, штуцера 14, штока 9 с поршнем 2, гидrocиллиндра 1 и привода для клинового стопора 16. Клапан установлен на штоке 3 при помощи шарообразной пяты 12 и втулки 11. Такое соединение способствует самоустановлению клапана и обеспечению плотности между проточенной частью буртика клапана и уплотнением 10. Для того чтобы шток 9 и поршень 2 гидропри-

вода 11 не поворачивались вокруг вертикальной оси при подъеме и опускании клапана, направляющая втулка 7 имеет паз, а к штоку прикреплен длинная шпонка 8, которая перемещается в пазу направляющей втулки. В период уваривания утфеля в вакуум-аппарате рабочий цилиндр гидропривода не должен находиться под давлением, и клапан необходимо жестко стопорить. Для этого на штоке клапана установлена гайка 15 со скосом, под которую заходит клиновое стопор, который при помощи шарнира соединен со штоком 3, приводимым в движение поршнем, установленным в гидроцилиндре 4.

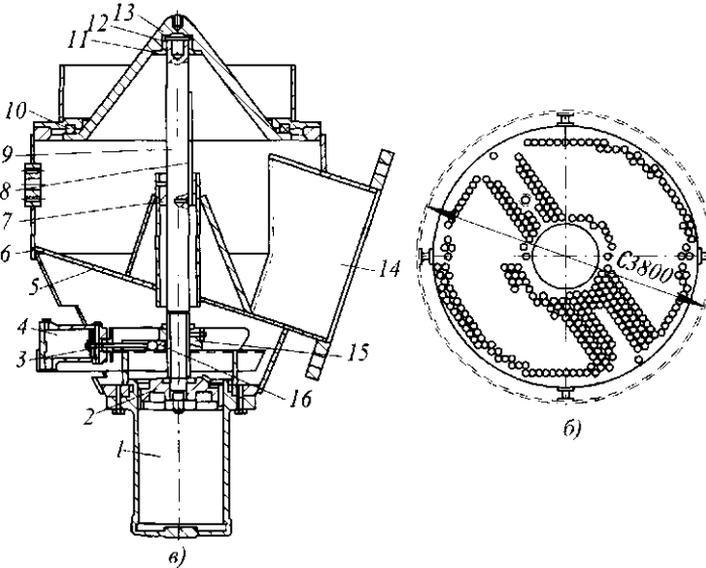


Рис. 21.2 (Продолжение)

Техническая характеристика аппарата типа ПВА-400

Полезный объем аппарата, м ³	28
Масса утфеля, сваренного за одну варку, т.....	40
Диаметр аппарата (внутренний), мм.....	3800
Высота аппарата, мм.....	7565
Диаметр греющей камеры, мм.....	3434
Площадь поверхности нагрева греющей камеры, м ²	200
Рабочее давление, МПа:	
в вакуум-аппарате.....	0,093
в греющей камере.....	0,3
Давление в гидроцилиндрах спускного устройства, МПа.....	1,0
Масса, кг.....	19 697

Вакуум-аппараты типов ВАЦ, ЯВА и ВАР различаются лишь конструкцией греющей камеры. Греющая камера аппарата ВАЦ-600-700 изображена на рис. 21.3, а и состоит из двух частей – наружной 4 и внутренней 5. Продукт подводится в грею-

щую камеру по трубе 3. Для подвода пара во внутреннюю камеру по штуцеру 10 в корпусе ее имеются отверстия 12 – окна. Верхняя трубная решетка паровой камеры имеет коническую двускатную форму: трубная решетка 1 наружной части камеры имеет уклон к корпусу аппарата, а решетка 2 внутренней части – к циркуляционной трубе. Такое устройство верхней трубной решетки, особенно при больших диаметрах аппаратов, значительно улучшает циркуляцию утфеля при уваривании. Нижние трубные решетки 9 и 10 обеих частей камер имеют уклон в одну сторону. Конденсат из обеих паровых камер собирается в кармане 8 и отводится по трубе 7.

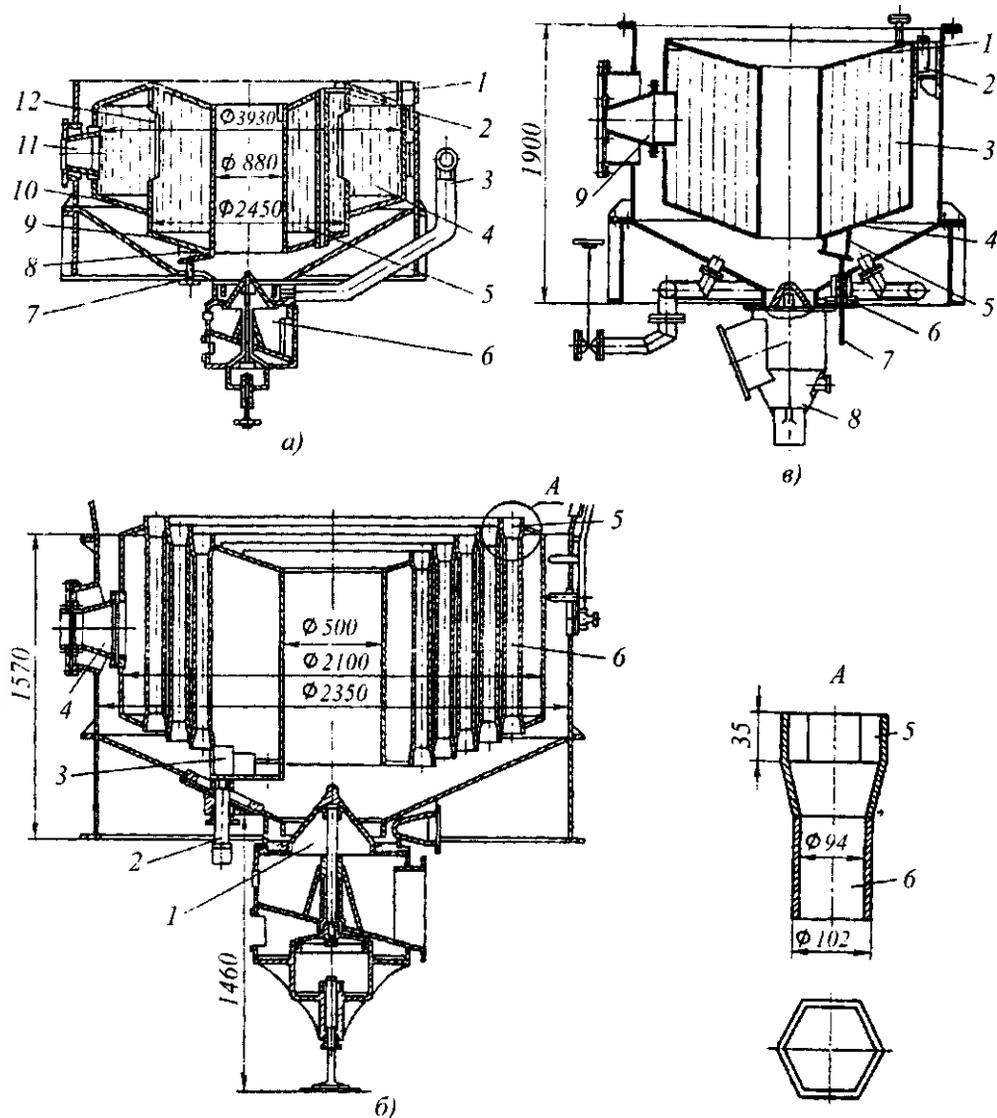


Рис. 21.3 Греющие камеры вакуум-аппаратов: а – типа ВАЦ; б – типа ЯВА; в – типа ВАР

Таблица 21.1 Техническая характеристика вакуум-аппаратов

Показатель	ВАЦ-350	ВАЦ-500	ВАЦ-600-700	ЯВА	ВАР-75	ВАР-50
Масса utfеля, сваренного за одну варку, т	35	50	60 - 70	40	7,5	15
Площадь поверхности нагрева греющей камеры, м ²	190	255	395	224	40	70
Диаметр греющих трубок, мм	102/98	102/98	102/98	102/98	102/98	102/98
Рабочее давление в греющей камере, МПа	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Диаметр корпуса аппарата, мм	—	4296	4930	2700	2000	2400
Общая высота, мм	—	9874	10775	7175	7100	7500
Масса аппарата, кг	19039	28650	38820		6450	8475

Штуцера // для подвода пара в греющую камеру имеют мембраны, воспринимающие температурные расширения.

Устройство для спуска utfеля б из аппарата по конструкции аналогично устройству, применяемому в аппаратах типа ПВА.

На рис. 21.3, б представлена греющая камера вакуум-аппаратов типа ЯВА. Греющая камера этого аппарата не имеет трубных решеток. Она выполнена из нагревательных трубок и состоит из трех частей – средней б и двух надставок 5, приваренных к средней части. Надставки отштампованы в виде шестигранников. Трубы устанавливаются ступенчато, и грани шестигранников свариваются между собой, образуя верхнюю и нижнюю трубные решетки с определенным углом наклона к горизонтальной плоскости. Греющая камера состоит из устройства для спуска utfеля 1, трубы для отвода конденсата 2, кармана 3 и штуцера для подвода пара 4.

Греющая камера вакуум-аппарата ВАР (рис. 21.3, в) состоит из трубных решеток 1 и 4, прикрепленных на кронштейне 2 к корпусу 3, кармана 5, уплотнения б, трубы 7, устройства для спуска utfеля 8 и штуцера для подвода пара 9.

Техническая характеристика вакуум-аппаратов приведена в табл. 21.1.

Инженерные расчеты. Материальный баланс вакуум-аппарата (кристаллизатора) составляется в виде

$$G_n = G_{кр} + G_m + U,$$

где G_n , $G_{кр}$, G_m , U – соответственно количество начального раствора, кристаллов, маточного раствора и выпаренного растворителя, кг.

Материальный баланс по сухому растворенному веществу определяется как

$$G_n x_n = G_{кр} a + G_m x_m,$$

где x_n и x_m – концентрация исходного и маточного раствора, массовые доли; $a = M/M_{кр}$ – отношение молекулярных масс растворенного вещества и кристаллогидрата (при кристаллизации без присоединения молекул воды $M = M_{кр}$ и $a = 1$).

Количество удаляемого растворителя U при $a = 1$ определяют по уравнению, аналогичному уравнению для выпаривания

$$U = (G_{кр} / G_n) [1 - (x_n / x_m)].$$

Решая совместно эти уравнения, получим количество образовавшихся кристаллов $G_{кр}$ (кг) в виде

$$G_{кр} = [G_n(x_m - x_n) - Ux_m] / (x_m - a) .$$

Составим уравнение теплового баланса процесса кристаллизации, объединяющего этап выпаривания части растворителя при повышении концентрации до состояния насыщения и образования центров кристаллизации, а также этап охлаждения и роста кристаллов

$$G_n c_n t_n + G_{кр} q_{кр} = G_m c_m t_m + G_{кр} c_{кр} t_{кр} + Uh + G_a c_a (t_{ак} - t_{ан}) + Q_{ос} ,$$

где $c_n, c_m, c_{кр}$ и c_a – соответственно удельная теплоемкость начального раствора, маточного раствора, кристаллов и охлаждающего агента, Дж/(кг·К); $t_n, t_m, t_{кр}, t_{ан}$ и $t_{ак}$ – соответственно температура начального раствора, маточного раствора, кристаллов, начальная и конечная охлаждающего агента, °С; $q_{кр}$ – удельная теплота кристаллизации, Дж/кг; h – энтальпия паров растворителя, Дж/кг; $Q_{ос}$ – потери теплоты в окружающую среду, Дж.

Объем кристаллизатора V (м³) рассчитываем по уравнению

$$V = G_n / (b\rho) ,$$

где b – коэффициент полезного использования объема кристаллизатора (для большинства аппаратов $b = 0,8 \dots 0,9$); ρ – плотность начального раствора, кг/м³.



Я чту Аристотеля наравне со своим отцом,
так как если отцу я обязан жизнью,
то Аристотелю обязан всем, что дает ей цену.
АЛЕКСАНДР МАКЕДОНСКИЙ (356–323 до н.э.),
полководец, царь Македонии

21.4 ПОМАДОСБИВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Помадосбивальные машины предназначены для получения помады в результате кристаллизации сахара из сахаро-водно-паточного сиропа. При выстаивании помадных конфет твердая фаза увеличивается в результате дополнительной кристаллизации сахара из жидкой фазы.

Помада состоит из твердой и жидкой фаз, составными частями которых могут быть: сахар, патока, вода, молоко и т. д. Твердая фаза – мелкокристаллический сахар, а жидкая фаза – насыщенный раствор сахара в водном, водно-паточном или другом более сложном растворителе. Соотношение фаз определяет консистенцию помады, качество которой регулируется размерами кристаллов сахара в твердой фазе.

Помадосбивальная машина ПСМ-250 (рис. 21.4.) обеспечивает получение помады из горячего высококонцентрированного сиропа. Сироп поступает на сетку 15 через воронку 15, откуда стекает через отверстия сетки в корпус 13. Температура сиропа близка к температуре его кипения. При свободном падении струйки или капельки сиропа охлаждаются воздухом. Вентилятор 18 нагнетает воздух по трубе 17 в канал 14 воронки. Только при низкой температуре воздуха и хорошей работе вентилятора можно получить высококачественную помаду.

Охлажденный сироп попадает в корпус 13 на сбивальные лопасти 10. Они интенсивно сбивают сироп. Это вызывает быстрое образование большого количества центров кристаллизации. В результате образуются мелкие кристаллы. При этом вы-

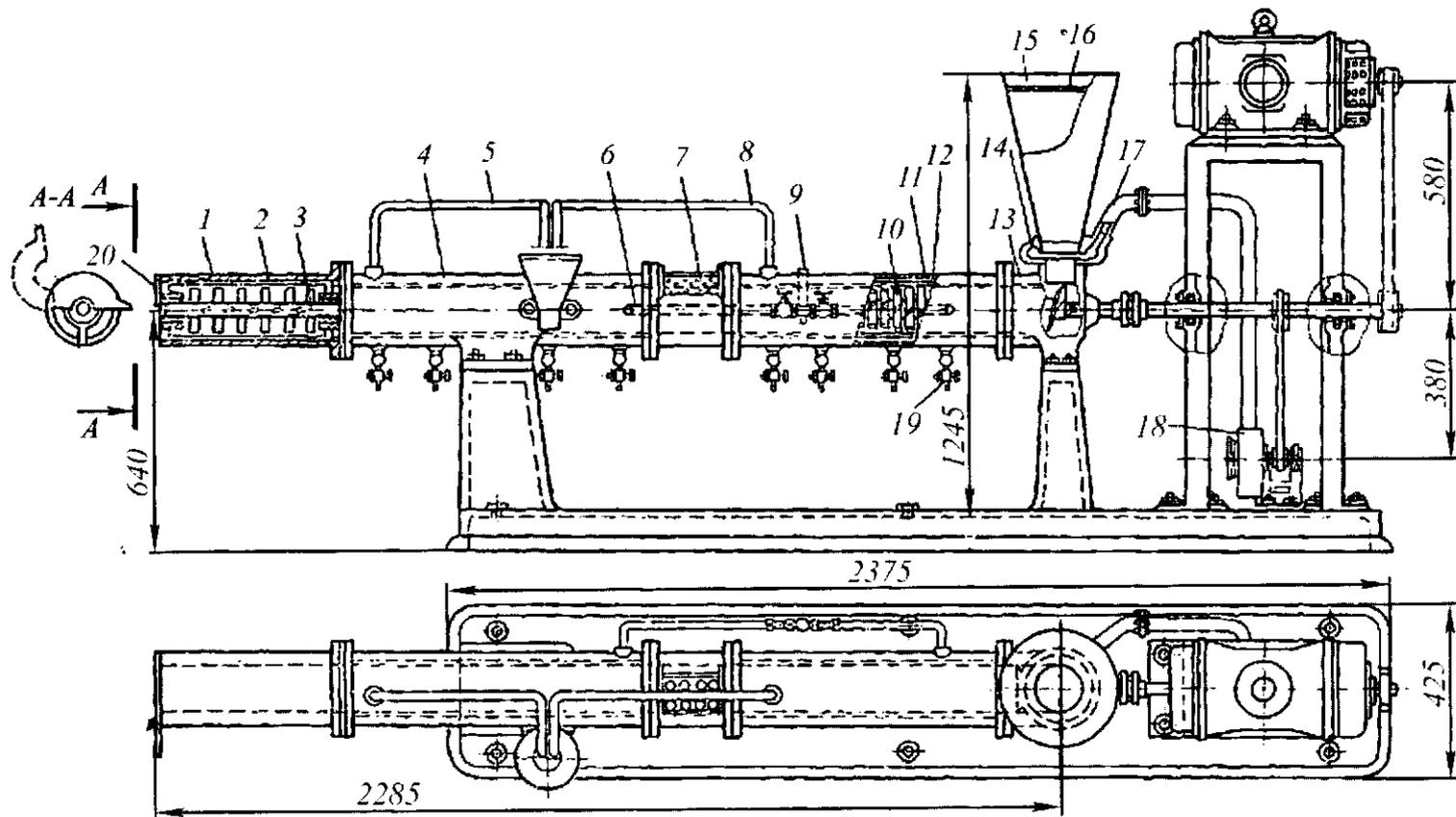


Рис. 21.4 Помадосбивальная машина ПСМ-250

деляется скрытая теплота кристаллизации, пропорциональная количеству твердой фазы. Кроме того, выделяется теплота при трении лопастей о сироп и сиропа о стенки цилиндра. Для лучшего отвода теплоты стенка 12 камеры сбивания сделана из меди и окружена чугунной охлаждающей рубашкой 11.

По трубе 9 подводится холодная вода, а нагретая отводится по трубам 5 и 8 из верхних точек всех рубашек. Короткая камера 6 не имеет охлаждения. В ее верхней части сделано прямоугольное окно, прикрытое крышкой 7 с отверстиями. Через них может удаляться часть пара, если охлаждение в воронке и камере 12 было недостаточное. При наличии автоматических дозаторов через окно можно вводить красящие и ароматизирующие вещества. В настоящее время автоматические дозаторы отсутствуют, поэтому красители и ароматизирующие вещества добавляют в помаду вручную в отдельных котлах.

В камере 4 от помады отнимается меньше теплоты. Она нагревается. Скорость кристаллизации уменьшается. Часть корпуса 1 не имеет рубашки. В ней кристаллизация идет очень медленно. Левый конец сбивального вала 3 находится в рамке 2. Рамка с валом вынимается из машины. В машине рамку удерживает крышка 20. Готовая помада выходит из нижней части торца корпуса машины. Краны 19 служат для взятия проб воды и спуска воды из рубашек.

Четырехлопастные крыльчатки 6 расположены на валу с поворотом на угол $28^{\circ} 30'$ через одну крыльчатку. Шаг крыльчаток 40 мм, ширина лопасти 25 мм. Крепление крыльчаток на валу производится шпонками и стопорными винтами на крыльчатках.

Техническая характеристика помадосбивальной машины с неохлаждаемым валом ПСМ-250 приведена в табл. 21.2.

Помадосбивальная машина ШАЕ-800 (рис. 21.5). Высокосконцентрированный сахаро-водно-паточный сироп стекает из пароотделителя варочной колонки в невысокую воронку 3 и, не охлаждаясь в ней, попадает в составной четырехсекционный корпус. Каждая секция снабжена медной трубой 4 диаметром 310 мм и толщиной стенки 5 мм, развальцованной в чугунной рубашке 8. Рубашка имеет ребро 7, образующее спиральный канал. Благодаря такой конструкции обеспечивается равномерное омывание трубы водой и более эффективное охлаждение. В начале канала расположен штуцер 13 для ввода воды в рубашку. Охлаждающая вода поступает к штуцеру 13 по трубе 14. В конце канала через верхний штуцер 9 вода поступает в сливную трубу 12.

Таблица 21.2 Техническая характеристика помадосбивальных машин

Показатель	ПСМ-250	ШАЕ-800
Производительность, кг/ч	250...310	800
Угловая скорость рабочего органа, рад/с	30,0...33,0	32
Число рядов лопастей	61	13
Число лопастей в ряду	4	4
Максимальный радиус лопасти, мм	62	150
Установленная мощность, кВт	3,7	10
Габаритные размеры, мм	3090×535×1445	3330×792×2290
Масса, кг	745	1330

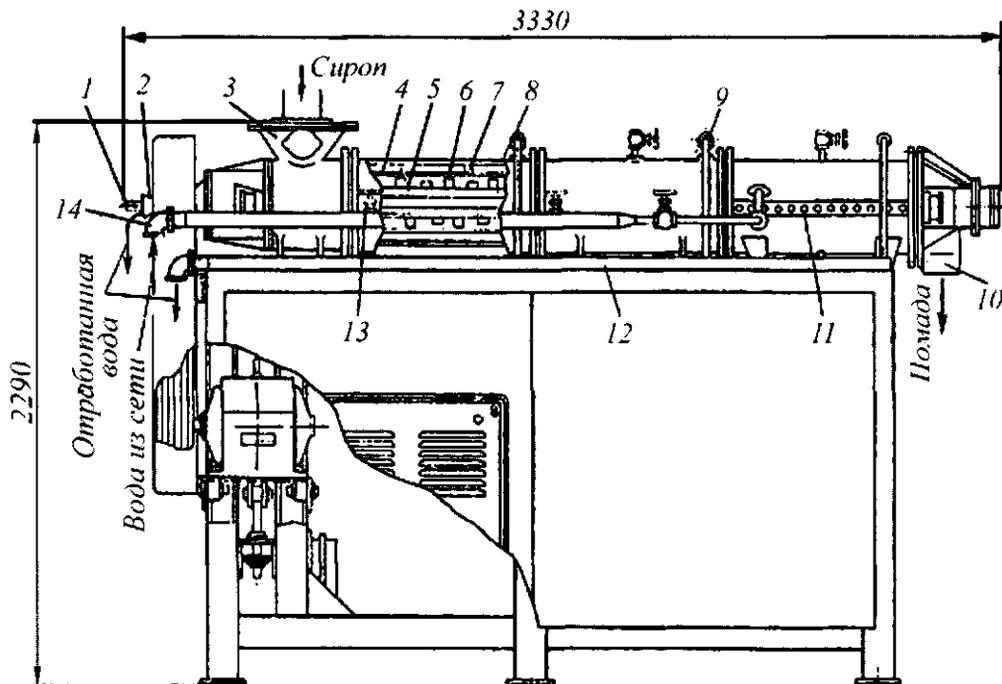


Рис. 21.5 Помадосбивальная машина ШАЕ-800

Пустотелым сбивальным валом 5 служит труба диаметром 219 мм, к поверхности которой приварены стальные зубчатые лопасти 6, образующие четырехзаконный зубчатый шнек. В самом начале, т. е. на участке приема, спиральная лопасть не имеет зубцов, что позволяет лучше захватывать сироп и продвигать его вдоль машины. В пустотелый вал охлаждающая вода поступает по трубе 1, а вытекает через сливную воронку 2.

В последней секции для повышения интенсивности сбивания на боковой стенке имеются неподвижные штыри 11. Они входят во впадины зубчатой лопасти. Готовая помада выходит через патрубок 10.

Техническая характеристика помадосбивальной машины с охлаждаемым валом ШАЕ-800 приведена в табл. 21.3.

Инженерные расчеты. Производительность помадосбивальной машины Π (кг/ч) определяется как

$$\Pi = 3600 \phi F \rho v_n,$$

где ϕ – коэффициент заполнения сечения; F – площадь поперечного сечения, м^2 ; ρ – плотность помады, $\text{кг}/\text{м}^3$; v_n – средняя скорость движения помады вдоль цилиндра, $\text{м}/\text{с}$;

$$v_n = \psi_c (b/H) j v_o \sin \alpha \cos \alpha,$$

где ψ_c – коэффициент скорости; b – ширина лопасти, м ; H – шаг лопастей по винтовой линии, м ; j – число лопастей в одном ряду; v_o – окружная скорость конца лопастей, $\text{м}/\text{с}$; α – угол разворота лопастей к осевой линии вала, рад.

При получении помады сироп охлаждается до температуры выходящей помады и дополнительно отнимается скрытая теплота кристаллизации сахара из его раствора в водно-паточном растворителе.

Расход теплоты помадообразования Φ (кВт) рассчитывается в виде

$$\Phi = G_2(q_1 - q_3) + G_c'q_k,$$

где G_2 , G_c' – соответственно масса уваренного сиропа и выкристаллизовавшегося сахара, кг; q_1 , q_3 , q_k – соответственно начальная и конечная теплота сиропа и скрытая удельная теплота кристаллизации выкристаллизовавшегося сахара; $q_k = 21$ кДж/кг.

Масса выкристаллизовавшегося сахара G_c (кг) равна

$$G_c = G_1(C_{1n} - C_{nn}) / (100 - C_{nn}),$$

где G_1 – начальная масса увариваемого сиропа, кг; C_{1n} и C_{nn} – соответственно концентрация сахара в уваренном сиропе и в насыщенном растворе, %.

Длина корпуса помадосбивальной машины должна быть такой, чтобы успели вырасти кристаллы желаемого размера. Для образования кристаллов размером d (мкм) потребуется время τ (с), равное

$$\tau = d / v_c,$$

где v_c – средняя скорость роста кристалла, мкм/с ($v_c \approx v_k/500$, где v_k – скорость кристаллизации, мг/с).

Длину корпуса помадосбивальной машины l (м) рассчитывают как

$$l = \tau / v_n,$$

где v_n – скорость движения помады вдоль цилиндра, м/с.



Рабочий день ученого – понятие скорее физиологическое, для многих он – весь период бодрствования и вся жизнь. Поэтому для успешного занятия наукой требуется отличное здоровье и четко выработанный индивидуальный режим труда и передышек.
СОКОЛОВ БОРИС СЕРГЕЕВИЧ (р. 1914),
геолог и палеонтолог, академик РАН

21.5 КРИСТАЛЛИЗАТОРЫ-ОХЛАДИТЕЛИ

Для изогидрической кристаллизации лактозы используют различные кристаллизаторы-охладители периодического действия: РЗ-ОКО, КСМ-67, КСМР-72.

Кристаллизатор-охладитель РЗ-ОКО (рис. 21.6) представляет собой горизонтальную полуцилиндрическую емкость с корпусом 1 и двумя торцевыми стенками 2. Внутри емкости смонтирована ванна внутренняя 3, изготовленная из пищевой нержавеющей стали. Межстенное пространство 4 представляет собой рубашку для охлаждающей воды. Внутри ванны в подшипниках скольжения 5 закреплены концы вала шнековой или рамной мешалки 6. Вращение мешалки обеспечивается электродвигателем 7 через редуктор 8 и клиноременную передачу 9.

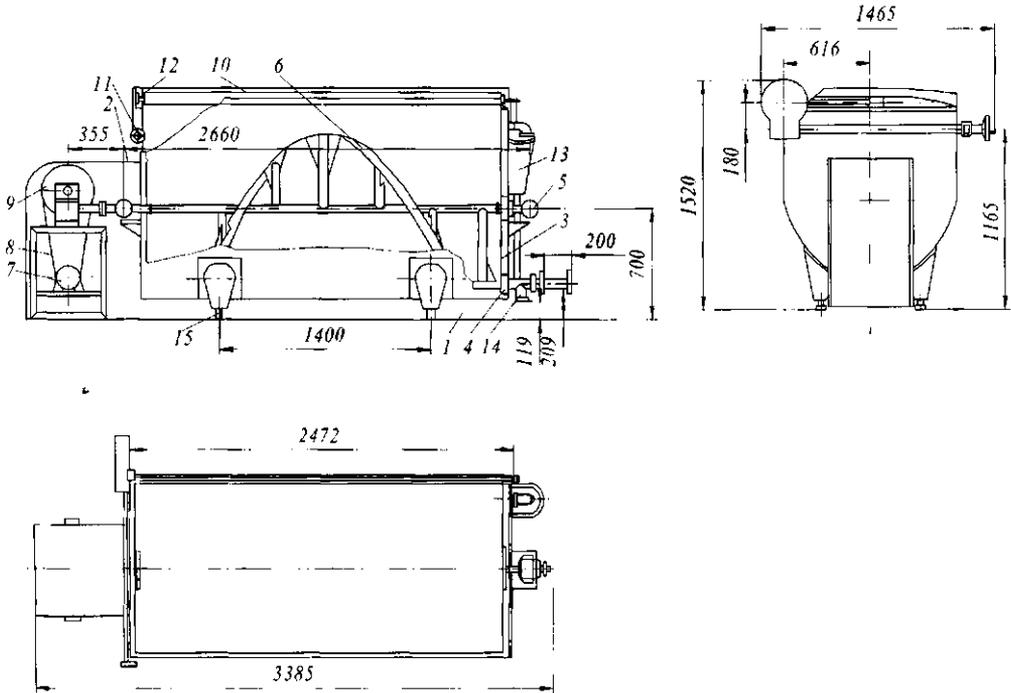


Рис. 21.6 Кристаллизатор-охладитель РЗ-ОКО

Кристаллизатор снабжен крышкой 10, которая открывается с помощью штурвала 11 через редуктор червячный 12.

Загрузка сиропа (сгущенной сыворотки) осуществляется через воронку 13, а выгрузка – через кран 14. Подача воды в рубашку 4 регулируется вентилем 15.

В зависимости от условий производства емкость может быть с закрытой или открытой крышкой 10. Мешалка 6 перемещает кристаллы вдоль корпуса и поддерживает их во взвешенном состоянии, способствуя образованию хорошо сформированных и сравнительно однородных по размерам кристаллов.

Устройство и порядок работы указанных кристаллизаторов имеет много общих принципов. Отличительной особенностью кристаллизатора КСМ-67 (рис. 21.7) является наличие одностенной полуцилиндрической рабочей ванны 6 сварной конструкции с крышкой 7. Хладагент циркулирует по полым дискам мешалки 8 благодаря наличию соединительных междисковых штуцеров 9 мешалки 3, установленной на валу 4, вращающегося от привода 2, который размещен на раме 1. Разгрузка готового продукта осуществляется с помощью клапана 5.

Рабочий цикл описанных кристаллизаторов включает следующие операции:

	Продолжительность, мин
Наполнение	15...20
Кристаллизация (мешалка работает на первой скорости постоянно или периодически на второй)	1500...1800
Отстаивание кристаллов (мешалка не работает)	180...240
Слив мелассы	30...45
Промывка кристаллов, наполнение водой и перемешивание мешалкой на второй скорости	20...30
Выгрузка кристаллизатора	60...120

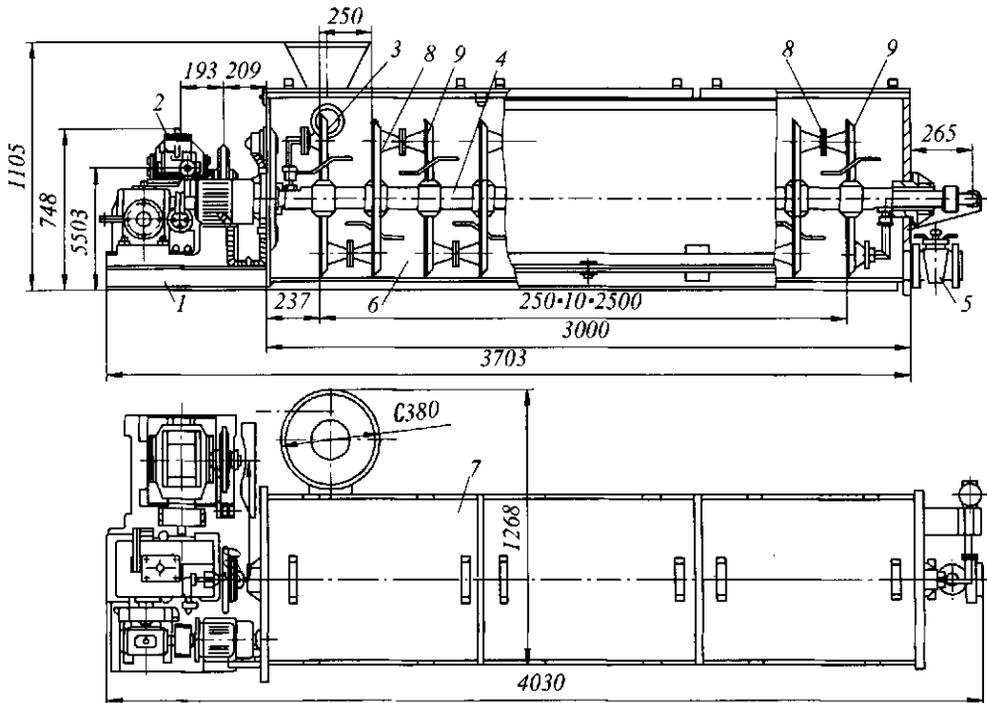


Рис. 21.7 Кристаллизатор-охладитель КСМ-67

Вальцовый кристаллизатор непрерывного действия (рис. 21.8) содержит основание 1, на котором монтируется ванна для продукта 2, установленные при помощи вертикальных опор сальниковые узлы 3 с осью 4 и приводным устройством 5, закрепленные в торцах барабана 6, внешняя поверхность которого служит для намораживания льда, а внутренняя играет роль испарителя. К оси 4 с устройствами для ввода 8 и отвода 9 хладагента прикреплена своим концом с наибольшей толщиной волнистая полиметаллическая лента 7 с переменной толщиной, которая уменьшается от оси барабана к периферии по радиусу закручивания. Кристаллизатор снабжен устройством для удаления замороженного продукта с наружной поверхности барабана 6 и лотком 11 для его отвода.

Жидкий хладагент подается в полу ось 4 через устройство ввода хладагента 8, заполняет внутреннюю поверхность барабана и пространство в волнистой спиральной полиметаллической ленте, кипит, охлаждая ленту и теплопроводящую поверхность барабана, а пар хладагента отводится через устройство 9.

Волнистая спиральная полиметаллическая лента выполнена с развитой поверхностью и обеспечивает частичное накопление тепловой энергии хладагента и отдачу одновременно во все точки барабана, а переменная толщина ленты и составляющие ее металлы, теплоемкости которых уменьшаются с уменьшением толщины ленты, обуславливают высокие скорости теплообмена при контакте с кипящим хладагентом и внутренней поверхностью барабана. Спиральное закручивание ленты способствует удалению слоя масла с внутренней поверхности барабана при его вращении за счет касания острых кромок ленты внутренней поверхности барабана под действием силы, направленной на раскручивание ленты.

Таблица 21.3. Технические характеристики кристаллизаторов-охладителей

Наименование показателей	КСМ-67	КСМ-72	РЗ-ОКО
Полезный объем ванны, л	1000	1000	2000
Расход охлаждающей воды, м ³ /ч:			
режим первый	1	0,9	1
режим второй	2	1,8	2
Потребление электроэнергии, кВт/ч:			
режим первый	0,85	0,85	0,5
режим второй	1,5	1,5	1,5
Установленная мощность электродвигателя, кВт	1,1	1,1	1,5

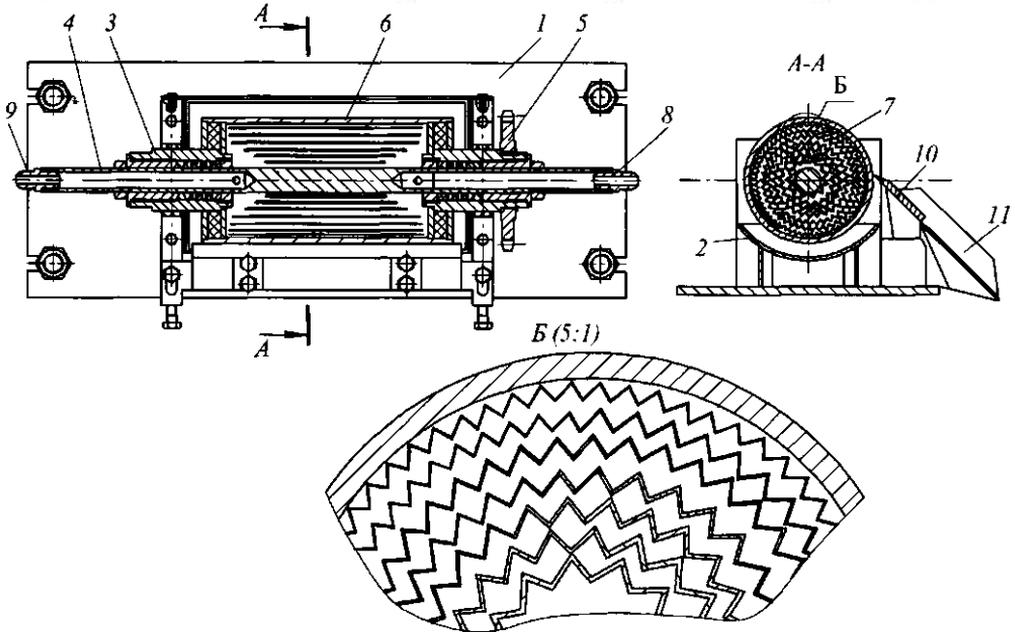


Рис. 21.8 Вальцовый кристаллизатор непрерывного действия

Продукт подается в ванну 2, в которую погружен барабан 6, непрерывное вращательное движение которому сообщается приводным устройством 5, закрепленным на сальниковом узле 3, при этом на наружной поверхности барабана намораживается влага в виде льда, а продукт концентрируется. При вращении барабана замороженный слой льда переохлаждается и подсыхает при постоянной температуре за счет равномерного охлаждения барабана, что исключает коробление или частичное подтаивание наружной поверхности льда и облегчает его сьем. Сьем образовавшихся кристаллов осуществляется устройством 10, а сконцентрированный продукт отводится из ванны 2 через патрубок (не показан).

Охлаждение возможно в одну или несколько ступеней. Такой режим вполне оправдан для открытых охладителей, в которых несовершенство процесса охлаждения (его невысокая скорость, недостаточно интенсивное перемешивание продукта) для кристаллизации лактозы в какой-то мере ослаблялось продолжительными выдержками между ступенями охлаждения для зарождения кристаллов. Необходимость чередования охлаждения с выдержкой при постоянной температуре обосновывалась для них особенностями кристаллизации лактозы, связанными с ее мутаротацией.

Высокая скорость процесса, интенсивное перемешивание охлаждаемых продуктов и частичное их подсушивание, специфичные для вакуумного охлаждения, обеспечивают требуемое направление кристаллизации лактозы и исключают необходимость охлаждения в несколько ступеней.

В вакуум-охладителе (рис. 21.9) осуществляется периодический способ кристаллизации сгущенных молочных консервов с сахаром следующим образом. За несколько минут до окончания сгущения продукта в вакуум-выпарном аппарате в одном из предварительно подготовленных корпусов 1 с помощью пароструйных насосов 17 и 20, а также конденсаторов 16 и 18 создается разрежение. По завершении сгущения вакуум-выпарной аппарат сообщается с атмосферой, после чего на корпусе открывают кран подачи 8, и за счет разрежения продукт поступает в вакуум-охладитель. Через 2...3 мин от начала перепуска продукта открывают вентиль для подачи воды на конденсатор 16 и приводят в движение электродвигателем 6 мешалку 9. После этого включают термокомпрессор 13. Завершив перепуск партии продукта (варка), закрывают кран 8, отбирают пробу, по результатам исследований которой регулируют состав продукта при вакуумном охлаждении.

В процессе охлаждения при непрерывающемся перемешивании и температуре 30...35 °С через кран для воздуха 7 с помощью специальной воронки в установленной дозе вносят подготовленную, простерилизованную мелкокристаллическую рафинированную лактозу. В целях предупреждения уноса затравки с соковыми парами в момент ее внесения закрывают задвижку 12, после подачи лактозы ее снова открывают. При наличии штуцеров в нижней части корпуса 1 или на крышке люка 3 затравку подают через них. После внесения затравки процесс охлаждения и перемешивания продукта продолжают до конечной температуры, установленной согласно условиям регулирования состава охлаждаемого продукта. По завершении охлаждения закрывают вентили для подачи пара в пароструйные насосы и вентили для подачи воды.

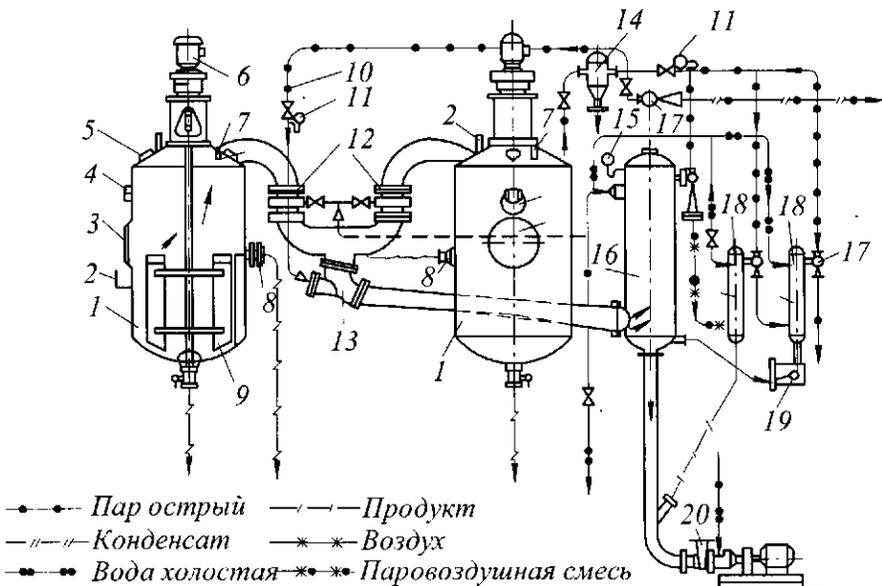


Рис. 21.9 Принципиальная схема вакуум-охладителя

Инженерные расчеты. В кристаллизаторах-охладителях, работающих по принципу самоиспарения, количество теплоты Q (Дж), отдаваемой при охлаждении продукта, рассчитывают по формуле

$$Q = W_n r,$$

где W_n – масса влаги, испарившейся во время кристаллизации, кг; r – удельная теплота парообразования, Дж/кг.

Масса влаги, испарившейся во время кристаллизации, можно определить из уравнения материального баланса

$$W_n = G_n - G_k,$$

где G_n, G_k – масса продукта до кристаллизации и после нее, кг.

Во время охлаждения в кристаллизаторах-охладителях увеличивается концентрация сухих веществ в продукте. Чтобы влажность готового сгущенного молока соответствовала стандартной, необходимо подбирать оптимальную влажность исходного продукта. Для определения оптимальной влажности исходного продукта используют следующую формулу:

$$W_n = (248 + 0,58t_n + 0,002245t_n^2) 10^{-2},$$

где t_n – начальная температура продукта, °С.

Оборудование для охлаждения сгущенного молока и кристаллизации молочного сахара подбирают по часовой производительности. Производительность Π (кг/ч) вычисляют по формуле

$$\Pi = (V\rho)/\tau,$$

где V – вместимость оборудования, м³; ρ – плотность обрабатываемого продукта, кг/м³; τ – продолжительность цикла обработки продукта, ч.



... в настоящее время невозможно одному человеку изучить даже до известной степени все отрасли науки, и во многих случаях приходится пользоваться источниками из вторых рук. Поэтому необходимо тем упорнее требовать, чтобы человек, по крайней мере в одной области, чувствовал себя свободно и имел самостоятельное мнение о вещах.

ПЛАНК МАКС КАРЛ (1858–1947), немецкий физик

21.6 МАСЛОИЗГОТОВИТЕЛИ И МАСЛООБРАЗОВАТЕЛИ

Маслоизготовители предназначены для получения масла методом сбивания сливок нормальной жирности (30...40 %), а маслообразователи – для получения масла из высокожирных сливок (до 80...82 %).

В маслоизготовителях осуществляются сбивание сливок и обработка масляного зерна для придания ему однородности и соответствующей структуры. Одновременно с созданием структуры регулируется и состав масла (по массовой доле воды в масле). Таким образом, при сбивании сливок масло образуется в результате механического воздействия на сливки нормальной жирности.

В маслообразователе регулирования состава масла не проводится. В него поступают сливки в полном соответствии с составом компонентов в масле. В маслооб-

разователях осуществляется изменение структуры высокожирных сливок. Для этого высокожирные сливки интенсивно охлаждаются в первый период и подвергаются механическому воздействию при одновременном более глубоком охлаждении во второй. Таким образом, масло образуется в результате механического и теплового воздействия на высокожирные сливки.

Маслоизготовитель непрерывного действия А1-ОЛО-1 (рис. 21.10, а) предназначен для выработки сладко- и кисло-сливочного, соленого, несоленого и любительского масла методом непрерывного сбивания с промывкой и без промывки масляного зерна, с обработкой масла под вакуумом.

В состав маслоизготовителя входят привод 1 текстуратора, привод 2 сбивателя, станина 3, сбиватель 4, шнековый текстуратор 5, бак 6 с винтовым насосом, центробежный насос 7, вакуум-насос 8, щит управления 9, тележка 10, конвейер 11, устройство 12 для дозирования влаги и трубопроводы 13.

Он состоит из последовательно размещенных устройства для сбивания сливок в масляное зерно (сбивателя) и обрабатывающего устройства для превращения масляного зерна в пласт заданной структуры (текстуратора).

Сбиватель 4 изготовляют с цилиндром для сбивания, в котором полностью завершается образование масляного зерна, а также с цилиндром для сбивания и разделительным цилиндром, в котором завершается сбивание и осуществляется отделение масляного зерна от пахты. В текстураторе 5 обработка вначале масляного зерна, а затем пласта масла заключается в отпрессовывании влаги: удаление избытка, а иногда и вработка недостающей массы воды и ее диспергирование. Текстуратор имеет шнеки с винтами. Как правило, текстураторы состоят из двух камер, в которых шнеки вращаются с одинаковой или различной частотой вращения. При необходимости в текстураторе проводятся промывка масла, посолка и вакуумирование.

Текстураторы независимо от сбивателя (с цилиндром для сбивания либо с цилиндром для сбивания и разделительным цилиндром) бывают с одной шнековой камерой и с двумя камерами, размещенными последовательно или параллельно. Каждая из этих камер может быть одно-, двух- и трехступенчатой.

Сбиватель (рис. 21.10, б) состоит из корпуса 1, цилиндра 3 и лопастной мешалки. В корпусе на двух опорах установлен съемный цилиндр, в который вставляется металлическая сетка. В цилиндре размещен вал 2 со съемными лопастями 4, которые прикреплены к корпусу. На внешней поверхности цилиндра сделаны винтовые канавки для протока охлаждающей воды. Цилиндр сбивателя предназначен для получения масляного зерна без дополнительной его доработки в разделительном цилиндре. Внутри цилиндра сбивателя, который охлаждается через рубашку холодной водой, вращается вал 2. Он приводится в движение от электродвигателя через вариатор скоростей.

Сливки поступают в сбиватель с торца или по касательной к стенке сбивателя. При вводе с торца сливки, разбрызгиваемые вращающимся диском, равномерно кольцом поступают на лопасти мешалки. При вводе по касательной сливки направляются по трубе во вращающийся вместе с мешалкой конус. Равномерно распределяясь по конусу, сливки непрерывно под действием центробежной силы поступают на лопасти мешалки.

В сбивателе процесс сбивания сливок осуществляется в условиях энергичного перемешивания. Скорости движения лопастей и жидкости вполне достаточны для создания кавитационного течения. В результате сбивания образуется масляное зер-

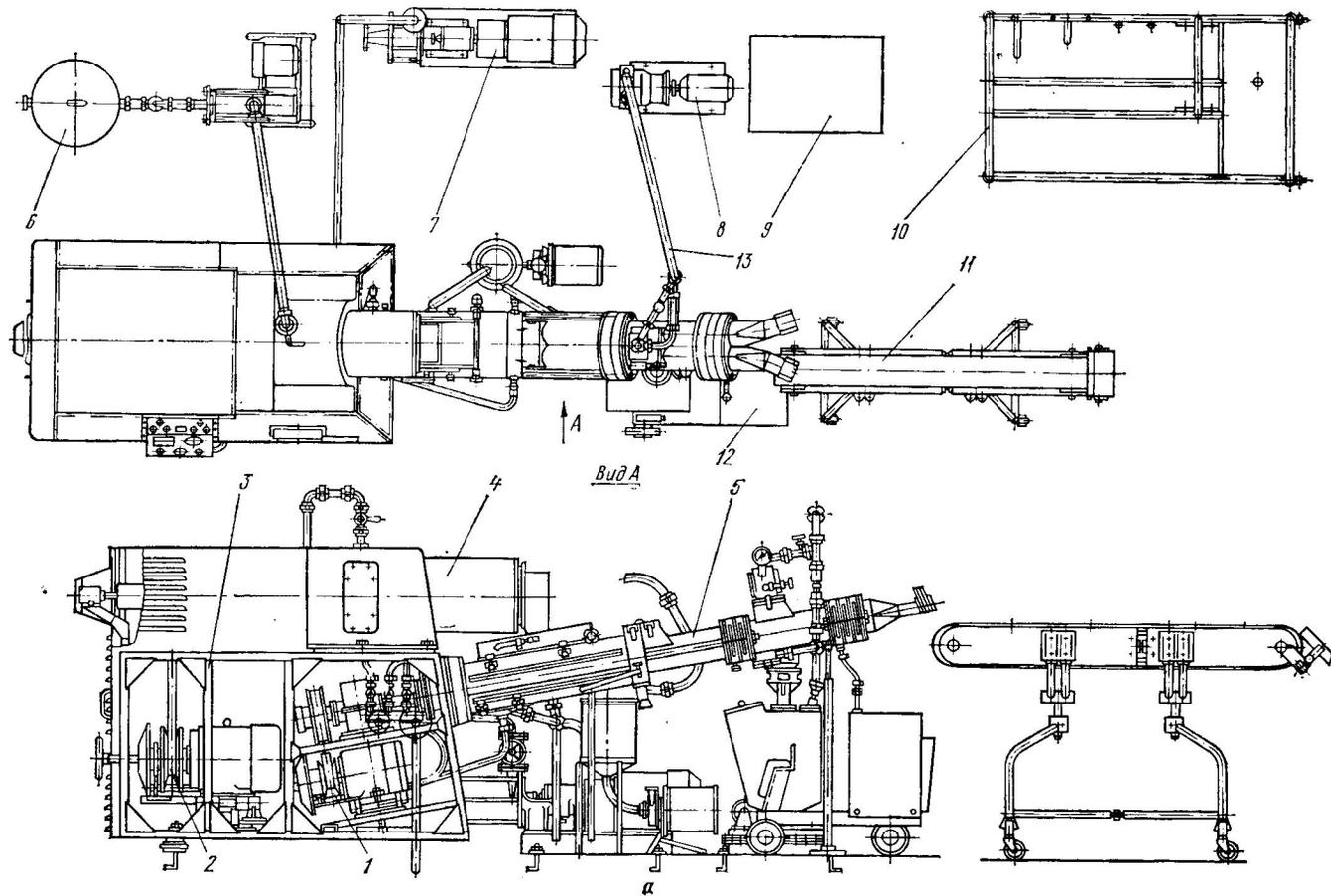


Рис. 21.10 Маслоизготовитель непрерывного действия А1-ОЛО-1

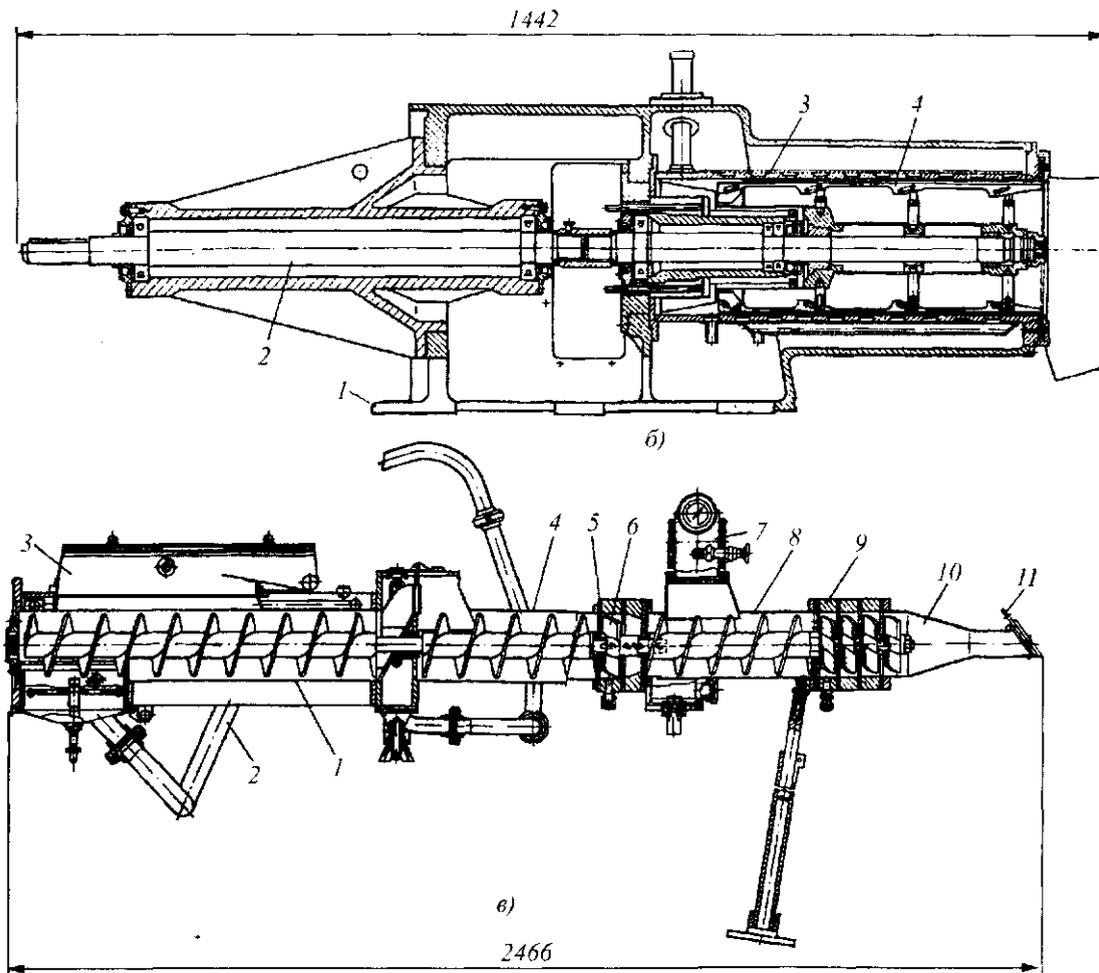


Рис. 21.10 (Продолжение)

но, которое после выхода сбивой массы из сбивателя отделяется от пахты.

В верхней части сбивателя расположен патрубок с краном для подачи сливок. Выпуск масляного зерна и пахты осуществляется через патрубок в крышке. На корпусе размещены патрубки для входа и выхода охлаждающей воды.

Текстуратор состоит из первой камеры 1, сифона 2 для удаления влаги, бункера 3, второй камеры 4, решетки 5, ножа 6, вакуум-камеры 7, третьей камеры 8, блока 9, насадки 10 и задвижки 11. В каждой из трех камер 1, 4 и 8 расположены шнеки, вращающиеся навстречу друг другу (рис. 21.10, в).

В первой камере 1 размещены бункер для масляного зерна и пахты с приспособлением для промывки масляного зерна, а также сетка, удерживающая масляное зерно вместе с выпускаемой пахтой. К камере прикреплена воронка с сифоном для удаления пахты и промывочной воды. Для охлаждения пахты и масляного зерна камера снабжена рубашкой для охлаждающей воды.

Вторая камера 4 не имеет рубашки. В верхней части находится устройство для вторичной промывки масляного зерна. Промывочная вода удаляется также через воронку с сифоном.

Между второй и третьей камерой размещены решетка и ножи для механической обработки масляного зерна.

В верхней части третьей камеры 8 размещена вакуум-камера 7 с патрубком для присоединения к вакуумному насосу и клапаном для регулирования глубины вакуума. К концевому фланцу третьей камеры прикреплены блок 9 и два блока, в которых установлены ножи.

На выходе из текстуратора расположена насадка 10 с двумя выводами, снабженными задвижками. Свободный конец текстуратора опирается на съемную подставку.

После удаления пахты масляное зерно промывается в камере 4, которая отделена от камеры отпрессовки перегородкой. Последняя проходит поперек шнека. Масло сначала продавливается через узкую щель в верхней части корпуса, а затем промывается водой, которая подается через форсунки, расположенные в верхней части корпуса, или через душ. В случае необходимости интенсивной промывки вода подается в камеру 4 сразу через оба устройства, монтируемые в верхней части корпуса шнеков. Если по технологическому процессу промывка масла не требуется, устройства можно снять. Вода для промывки удаляется из маслоизготовителя через отстойник.

За камерой промывки расположена камера обработки масла под вакуумом. Обработанное под вакуумом масло содержит значительно меньше воздуха и более стойко в хранении.

Узлы и приборы, а также насос для воды, вакуумный насос и насос-дозатор размещены внутри станины. Насос для сливок монтируется отдельно от маслоизготовителя. Амперметр, счетчик оборотов мешалки и шнеков, вакуумметр водяной, манометр, термометр и другие приборы выносятся на пульт управления.

Привод сбивателя осуществляется от электродвигателя через широкие клиновые ремни. Он позволяет плавно изменять скорость вращения мешалки в сбивающем устройстве через вариатор. Привод текстуратора также имеет вариатор, при этом передача движения к шнеку осуществляется через цилиндрический редуктор.

Сливки из емкости через уравнивательный бак насосом-дозатором подаются в цилиндр для сбивания. Перед входом в цилиндр они попадают на распределительный конус с направляющими. Поток сливок стекает к лопастям мешалки тангенциально. Сливки постепенно приобретают скорость вращения, равную скорости вращения

лопастей мешалки, что предотвращает дробление жировых шариков и интенсифицирует сбивание.

Масляное зерно с пахтой поступает в бункер первой камеры текстуратора для промывки при одновременной обработке сбитой шнеками массы. Пахта вместе с промывочной водой удаляется через сифон в бак для пахты.

Отделение от пахты масляного зерна, а также образование пласта масла происходят в первой камере. Во второй камере завершается промывка и осуществляется дальнейшая обработка пласта масла. При этом промывочная вода удаляется через сифон. В третьей камере масло подвергается вакуумированию в целях удаления из него воздуха. Обработка завершается продавливанием пласта масла через решетки, между которыми установлены ножи для его разрезания.

При необходимости добавления влаги включают дозирочный аппарат. Готовое масло выходит через одно из отверстий насадки текстуратора. Ледяная вода подается в наружный цилиндр сбивателя, рубашку текстуратора и вал сбивателя центробежным насосом высокого давления.

Техническая характеристика маслоизготовителя А1-ОЛО-1

Производительность, кг/ч.....	1000
Температура, °С:	
сбивания сливок	9...14
масла на выходе	12...15
Содержание жира в пахте, %	0,7
Содержание воздуха в масле, %	до 3,5
Вакуум в камере обработки, МПа	0,066
Расход воды для промывки масла, м ³ /ч.....	1,5
Расход воды для охлаждения, м ³ /ч.....	3,5
Частота вращения, с ⁻¹ :	
сбивателя	9,20...41,6
шнеков текстуратора.....	0,33...1,00
Установленная мощность, кВт.....	31,2
Габаритные размеры, мм.....	4090×870×1800
Масса, кг	2468

Трехцилиндровый маслообразователь Т1-ОМ-2Т (рис. 21.11) предназначен для переработки высокожирных сливок в сливочное масло.

Он состоит из станины 22, унифицированных цилиндров одинаковой конструкции. Каждый из цилиндров включает в себя фланцы передний 7 и задний 13, обшивку 9, обечайки наружную 10 и внутреннюю 12, вытеснительный барабан, крышку 5, втулку направляющую 3, кран воздушный 4, кронштейн 1, кольцо уплотнительное 6 и 14, подшипники 16, 17, шестерни 18, 19, редуктор и рубашку для охлаждения продукта водой. В рубашке проложена и закреплена спираль 11. Задней стенкой цилиндра является торцевой диск редуктора 15, а передней — крышка 5.

Вытеснительный барабан 8 изготовлен из нержавеющей стали с ребрами жесткости. На нем размещены два ножа 21, оснащенных пластинками из пластмассы. Ножи свободно вращаются над плоскостями вытеснительного барабана. При вращении барабана ножи под действием центробежной силы отбрасываются и прижимаются лезвием к внутренней поверхности цилиндра.

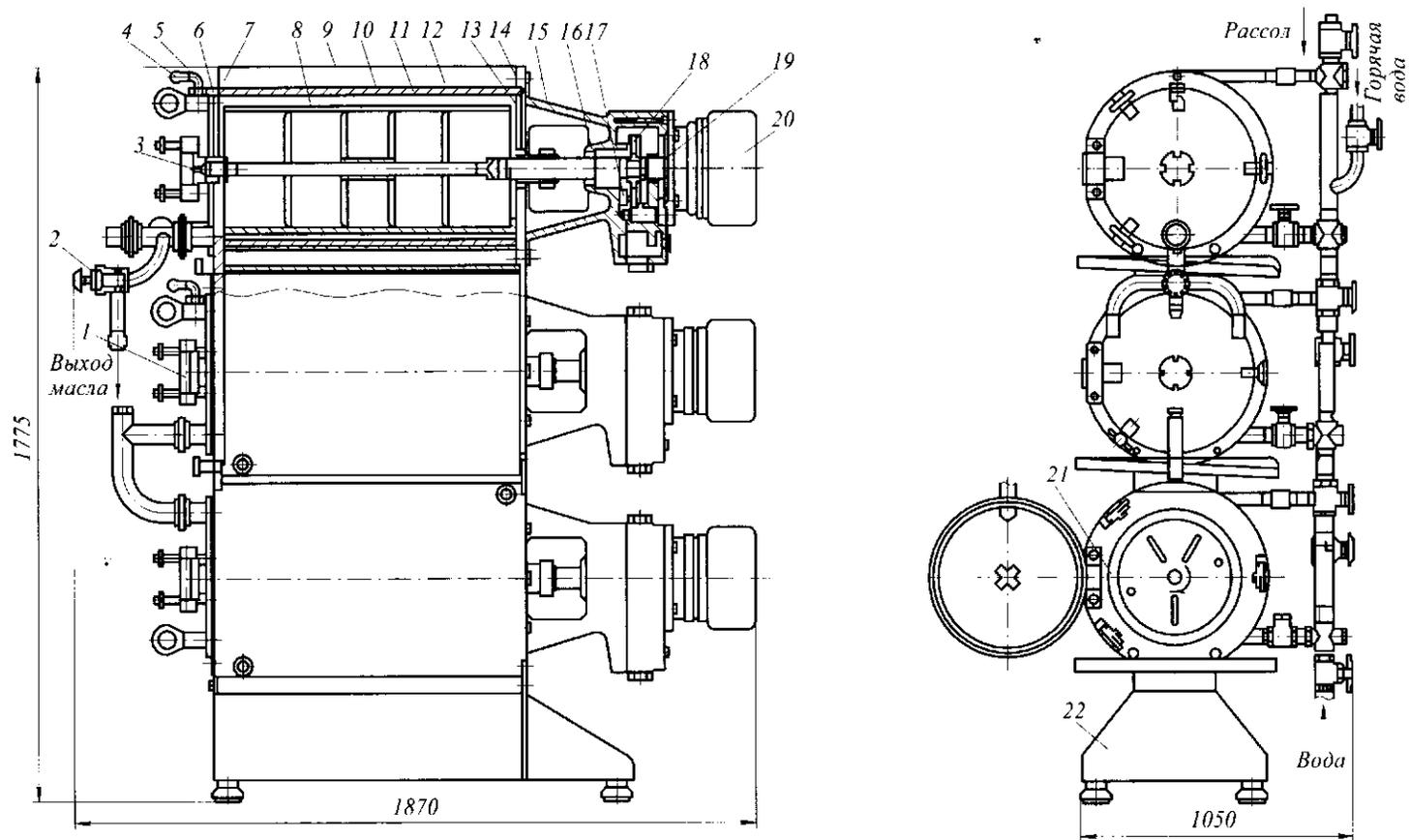


Рис. 21.11 Трехцилиндровый маслообразователь Т1-ОМ-2Т

Для удаления воздуха и контроля за наполнением цилиндра сливками в верхней части крышек расположены воздушные краны, которые открываются при пуске маслообразователя. В нижней части крышки верхнего цилиндра размещен кран 2 для выпуска продукта. На выходе продукта установлены выпускной кран 2 и термометр сопротивления для контроля за температурой выходящего масла.

От электродвигателя 20 маслообразователь приводится в движение через редуктор 15.

Высокожирные сливки с температурой 80...90 °С подаются в нижний барабан маслообразователя, а рассол и ледяная вода – в охлаждающую рубашку. При работе слой сливок срезается ножами и перемешивается. Температура масла на выходе обычно не превышает 10...12 °С. Масло, перемещаясь к выпускному патрубку, выходит из него. Продолжительность нахождения продукта в маслообразователе 3...6 мин.

В нижнем цилиндре высокожирные сливки, охлаждаясь до температуры кристаллизации глицеридов (22...23 °С), сохраняют свойства эмульсии. Температура рассола в нижнем цилиндре –1...–3 °С, в среднем –3...–5 °С. В среднем цилиндре начинается процесс структурообразования: жир из жидкого состояния переходит в вязкопластичное и отвердевает в течение 5...20 с. Продукт в среднем цилиндре охлаждается до 11...13 °С. В верхнем цилиндре вследствие механического воздействия в течение 150...250 с продукт приобретает мелкокристаллическую структуру и пластическую консистенцию.

Температура продукта в верхнем цилиндре вследствие охлаждения водой при температуре 7...9 °С даже повышается на 1...2 °С. Выделение тепла при механическом воздействии превышает отвод через стенку цилиндра к охлаждающей воде. Оптимальным углом установки ножей является угол 35, а кольцевой зазор при производительности 450, 650 и 850 кг/ч соответственно 15, 22 и 29 мм.

Техническая характеристика маслообразователя Т1-ОМ-2Т

Производительность, кг/ч	700
Количество цилиндров, шт.	3
Поверхность охлаждения, м ²	2,1
Диаметр цилиндра, мм	315
Частота вращения вытеснительного барабана, с ⁻¹	2,5
Установленная мощность, кВт	6,6
Габаритные размеры, мм	1870×1050×1775
Масса, кг	800

Пластинчатый маслообразователь РЗ-ОУА (рис. 21.12) предназначен для переработки высокожирных сливок в сливочное масло. Он состоит из станины 16 с опорами 21, охладителя 13, маслообработника 12 и системы трубопроводов.

Электродвигатель 20 с помощью клиновых ремней 3 и 9, редуктора 4 и шкивов 2, 5, 6, 7, 10, 17 приводит во вращение вал охладителя 13 и вал маслообработника 12. Натяжение клиноременной передачи осуществляется винтом 1 и натяжным роликом 8. Привод вала 15 маслообработника осуществляется двухступенчатой клиноременной передачей от того же электродвигателя. Ведомый шкив 17 первой ступени клиноременной передачи является сменным. При замене его другим, входящим в комплект маслообразователя, меняется скорость вращения вала охладителя и вала маслообработника. На конце приводного вала 19 редуктора имеется паз для рукоятки, при помощи которой производится холостое вращение маслообразователя.

Подача высокожирных сливок в маслообработчик 12 осуществляется через трубопровод 11 и трехходовой кран 14. Охладитель 13 представляет собой сжатый пакет пластин в комплекте с ножами, надетыми на приводной вал редуктора. Уплотнение пластин между собой осуществляется резиновыми кольцами, сжатие пакета пластин – с помощью нажимной плиты 18 специальными гайками.

Хладоноситель по каналам, образованным втулками продуктовых пластин, поступает во внутреннюю полость охлаждающих пластин, омывает торцовые стенки этих пластин изнутри и через такие же каналы выводится из них.

В первой части охладителя продукт поступает в полость, образуемую продуктовой пластиной, через центральное отверстие охлаждающей пластины, откуда по щели, образуемой охлаждающей пластиной и вращающимся диском, к периферии диска. Затем продукт огибает диск и движется в зазоре между диском и стенкой следующей охлаждающей пластины от периферии диска к центру, после чего направляется в следующую секцию через центральное отверстие охлаждающей пластины.

Во второй части охладителя в зоне температур, где интенсивно повышается вязкость продукта, с целью уменьшения гидравлического сопротивления предусмотрено движение продукта в зазоре между каждой парой охлаждающих пластин в одном направлении: либо от центра к периферии, либо от периферии к центру. Для этого установлены специальные охлаждающие пластины со сквозными отверстиями для прохода продукта, расположенными по окружности в зоне, прилегающей к продуктовой пластине. Зазоры по центральной части между этими пластинами и вращающимся валом уплотнены с помощью специальных втулок, которые прижимаются к пластине гидравлическим давлением.

В этой части охладителя вместо дисков на валу установлены лопастные турбулизаторы (крестовины) со скребковыми ножами. Ножи, непрерывно вращаясь, перемешивают продукт и счищают его с торцовых поверхностей охлаждающих пластин, чем интенсифицируют процесс теплообмена.

Маслообработчик (рис. 21.13) представляет собой цилиндр 2, внутри которого неподвижно закреплен отражатель 4 с текстурационной решеткой, а на валу закреплена трехлопастная мешалка 3. В состав маслообработчика входят также конус 1, подшипник 5, кольца 6 и 7, манжета 8, полумуфты 9 и 10, крышка 11, вал 12, кольцо 13, уплотнение 14, пружина 15, кран 16 и кольцо 17. Под воздействием мешалки происходит механическая обработка продукта с целью придания ему оптимальных структурно-механических свойств. В верхней части маслообработчика установлен кран для спуска воздуха, а в нижней – кран 16 для спуска жидкости после мойки маслообразователя.

Пульт управления обеспечивает управление электрооборудованием установки, контроль температуры в трех точках, блокировку от перегрузки электродвигателей и от короткого замыкания, звуковую сигнализацию о перегрузке электродвигателя маслообразователя и контроль потребляемого тока.

Блок манометра, пневмодатчик и регулирующий клапан образуют комплекс устройств, которые позволяют регулировать и автоматически поддерживать температурный режим маслообразователя. Этот комплекс приборов не нуждается в электропитании и построен на применении энергии сжатого воздуха.

Блок манометра устанавливается на кронштейнс, который болтами закрепляется в верхней части маслообразователя. Присоединение блока манометра к установке

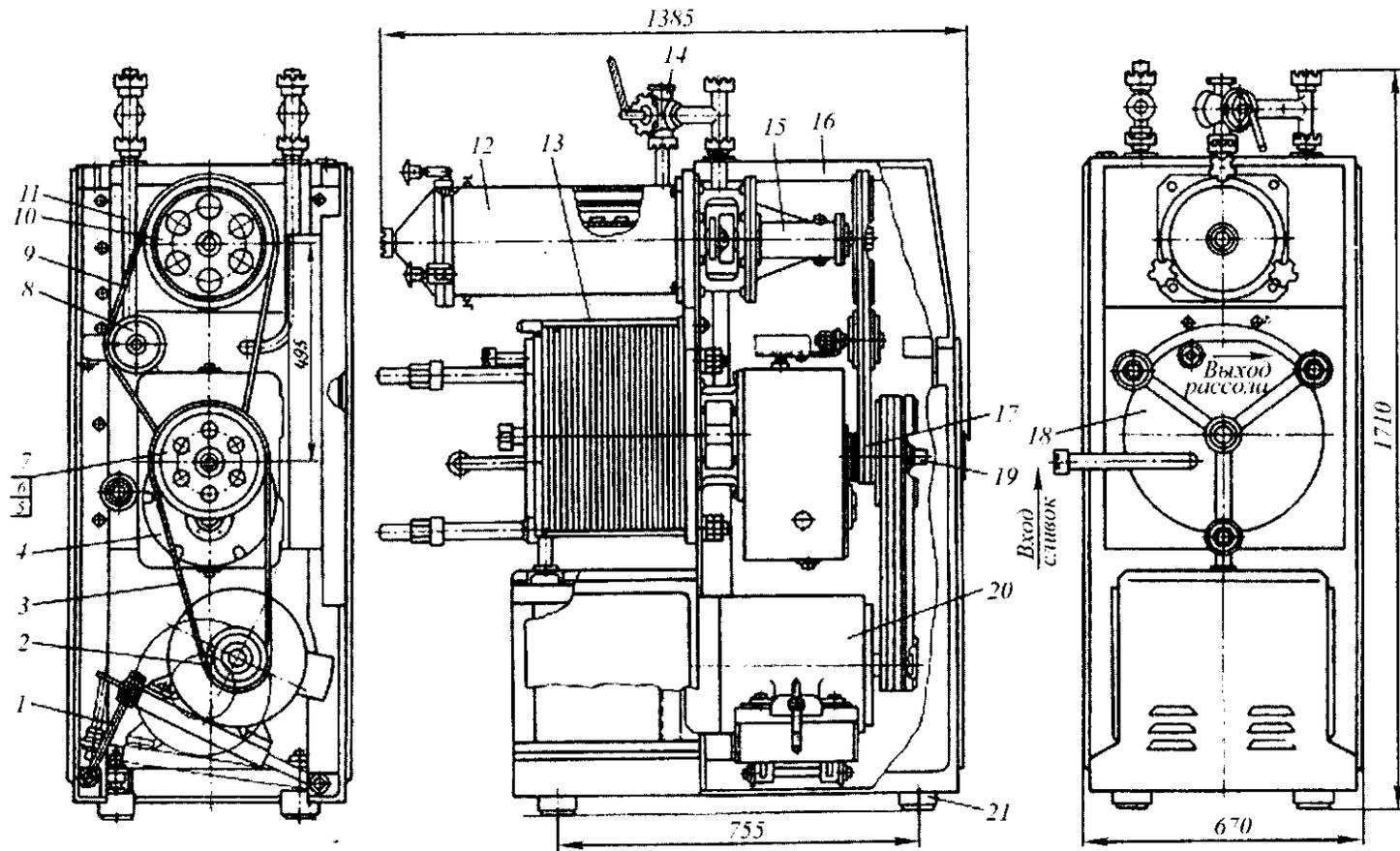


Рис. 21.12 Пластинчатый маслообразователь РЗ-ОУА

осуществляется через пневмодатчик, который монтируется на тройник на входе продукта в маслообразователь.

Пневмодатчиком служит вертикально установленная нержавеющая труба длиной 512 мм. В верхней части труба имеет штуцер для присоединения манометра. При работе в автоматическом режиме к штуцеру присоединяется регулирующий манометр, при работе в ручном режиме – обычный показывающий манометр. Воздушная подушка, образуемая в пневмодатчике, передает давление продукта на манометр и одновременно служит для защиты манометрической трубки от попадания в нее продукта.

К штуцеру «Питание» регулируемого манометра через фильтр-влагоотделитель и редуктор давления подводится сжатый воздух от центральной сети или отдельного компрессора.

Для стабилизации основного показателя ведения процесса охлаждения температуры продукта использована зависимость его вязкости от температуры. При увеличении температуры продукта вязкость его понижается, уменьшается давление на входе в аппарат. Уменьшение давления продукта на входе в маслообразователь через пневмодатчик воспринимается изодромным регулятором манометра и приводит к уменьшению давления воздуха. В результате этого увеличиваются проходное сечение регулятора и подача хладоносителя, температура продукта при этом понижается. При увеличении давления на входе (переохлаждение продукта) действие регулятора противоположное.

Техническая характеристика пластинчатого маслообразователя РЗ-ОУА

Производительность при выработке масла, кг/ч:	
сладко-сливочного	1000
крестьянского	800
Вместимость, дм ³ :	
охладителя	22
маслообработника	28
Частота вращения, с ⁻¹ :	
вала охладителя	1,17; 33; 1,67
мешалки маслообработника	4,65; 5,35; 6,70
Потребление электроэнергии, кВт·ч	8,6
Расход холода, кВт	42
Давление сжатого воздуха, МПа	0,2...0,6
Расход сжатого воздуха, м ³ /ч	1
Габаритные размеры, мм	2200×1700×1800
Масса, кг	1200

Высокожирные сливки винтовым насосом подаются в охладитель маслообразователя, где со скоростью около 40 °С в минуту охлаждаются от 75 до 11...14 °С. Затем по щели между охлаждающей пластиной и диском-турбулизатором высокожирные сливки направляются к центру.

Через центральное отверстие сливки переходят в камеру следующей продуктовой пластины, в которой перемещаются по щели от центра к периферии. В следующей камере они движутся сначала от периферии к центру, а затем от центра к периферии.

Вторая стадия процесса проходит в маслообработнике маслообразователя, где продукт подвергается интенсивной механической обработке. В маслообработнике температура продукта повышается до 15...18 °С за счет механической обработки и выделения скрытой теплоты кристаллизации. Интенсивность механической обработки на второй стадии процесса является главным фактором получения масла с оптимальными структурно-механическими свойствами. При продавливании продукта через решетку разрушаются грубые кристаллизационные структуры и под воздействием крыльчатки продукт выходит через патрубок.

Инженерные расчеты. В маслоизготовителях непрерывного действия должно быть достигнуто соответствие между производительностью сбивателя и текстуратора, т. е. $\Pi_{сб} = \Pi_m$.

Производительность сбивателя $\Pi_{сб}$ (кг/ч) равна

$$\Pi_{сб} = 2 R_c k l \delta^2 \rho n / S,$$

где R_c – радиус цилиндра, м; $k = 1,005$ – коэффициент; l – длина цилиндра, м; δ – зазор между внутренней стенкой цилиндра и краем лопасти мешалки, м; ρ – плотность сливок, кг/м³; n – частота вращения рабочего органа, ч⁻¹; S – шаг лопаток, м.

Производительность текстуратора Π_m (кг/ч) можно приближенно рассчитывать по формуле

$$\Pi_m = 0,25 m \rho (R_2^2 - R_1^2) \left\{ s - \left[(b_2 + b_1) / 2 \cos \alpha \right] \right\} n k,$$

где m – число захода шнека; ρ – плотность продукта, кг/м³; R_1, R_2 – наружный и внутренний радиусы шнека, м; b_1, b_2 – ширина винтовой лопасти в ее нормальном сечении по наружному и внутреннему радиусам шнека, м; s – шаг витков винтовой лопасти шнека, м; α – угол подъема винтовой линии лопасти по среднему диаметру шнека, угловые градусы; k – коэффициент ($k = 0,5 \dots 0,6$); n – частота вращения шнека, ч⁻¹.

Мощность, потребляемую мешалкой в сбивателе, $N_{сб}$ (кВт) рассчитывают по формуле

$$N_{сб} = (2,5 \cdot 10^{-5} \rho v_n^3 / \eta_m) F,$$

где ρ – плотность сливок, кг/м³; v_n – окружная скорость вращения лопастей, м/с; η_m – механический КПД ($\eta_m = 0,7 \dots 0,8$), F – рабочая поверхность цилиндра, м².

Потребляемую шнеком мощность N_m (кВт) находят по формуле

$$N_m = 7,7 v d^2 n_o p,$$

где v – скорость продавливания продукта через отверстия, м/с; d – диаметр отверстий перфорированных вставок, м; n_o – количество отверстий в перфорированных вставках, шт.; p – потери давления, Па.

Ориентировочно мощность, потребляемую маслоизготовителем периодического действия, N (кВт) определяют по формуле

$$N = (2 \pi n g G H) / 60,$$

где n – частота вращения рабочей емкости, с⁻¹; g – ускорение свободного падения, м/с²; G – рабочее наполнение маслоизготовителя, кг; H – высота подъема жидкости в маслоизготовителе, м.

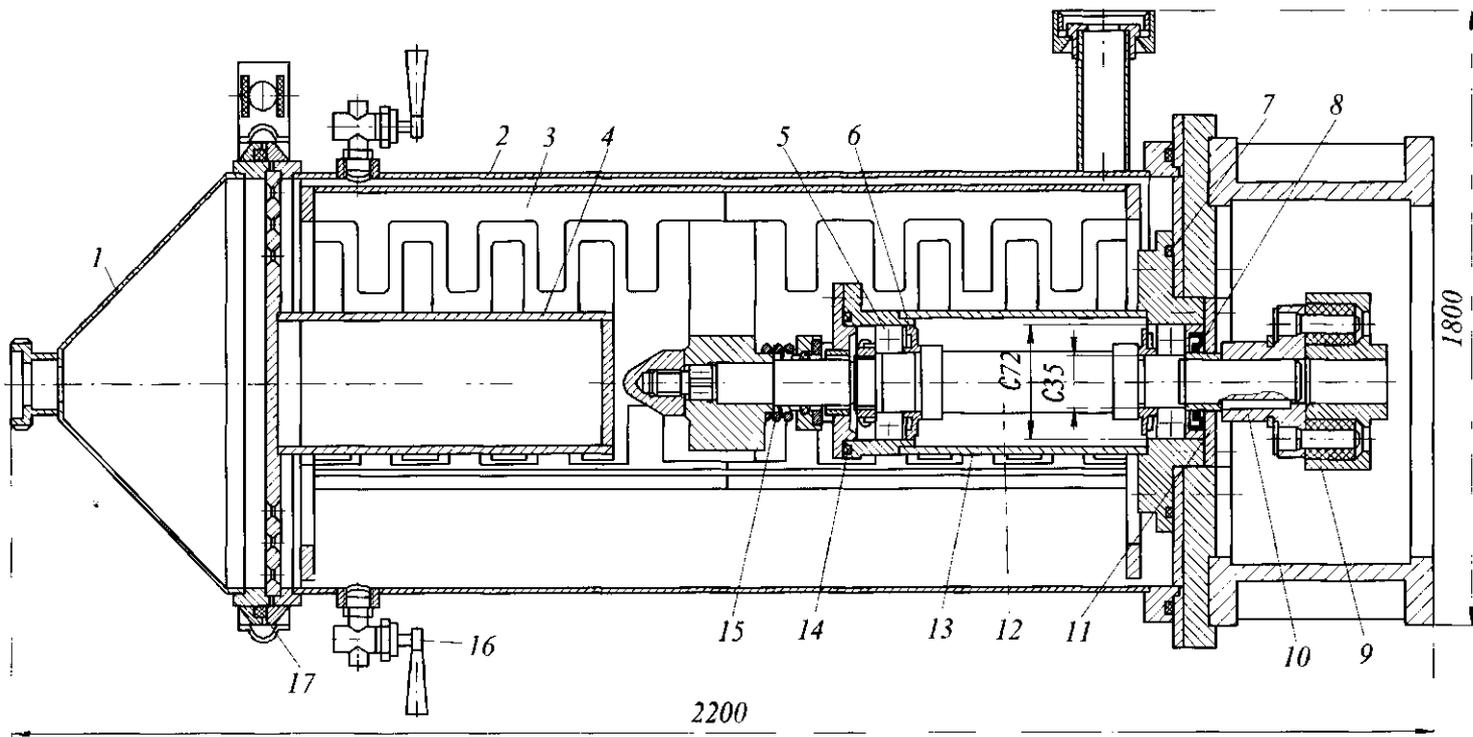


Рис. 21.13 Маслообработчик маслообразователя РЗ-ОУА



Когда наука достигает какой-либо вершины, с нее открывается обширная перспектива дальнейшего пути к новым вершинам, открываются новые дороги, по которым наука пойдет дальше.

БАВИЛОВ СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ (1891–1951),
физик, академик АН СССР

21.7 КРИСТАЛЛИЗАТОРЫ И ДЕКРИСТАЛЛИЗАТОРЫ ЖИРОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Кристаллизатор с компенсирующим устройством (рис. 21.14) предназначен для получения необходимой кристаллической структуры, требуемой твердости и пластичности для фасовки маргарина в линиях производства твердого маргарина. Основные узлы – фильтр-гомогенизатор и несколько последовательно соединенных на фланцах цилиндрических секций. Фильтр служит для улавливания случайно попавших в эмульсию механических примесей и ее дополнительной обработки.

Внутренняя полость входной секции 13 кристаллизатора 11 выполнена в виде конуса. Другие секции представляют собой цилиндры, соединенных переточными каналами 12 для обогревающей воды. Маргаиновая эмульсия поступает через патрубок 1. Диаметр кристаллизатора больше, чем диаметр подводящего патрубка, поэтому снижается скорость движения эмульсии, и она медленно передвигается к выходу и далее через коническую насадку 4 поступает в формующую камеру фасовочного автомата. Температура маргарина на выходе из кристаллизатора несколько возрастает вследствие выделения теплоты кристаллизации и составляет 16...20 °С. На последней секции 3 кристаллизатора установлено компенсирующее устройство для преобразования непрерывного процесса получения маргарина в периодический при подаче его на фасовочный автомат, работающий циклично.

Компенсирующее устройство состоит из корпуса 6, подвижного поршня 10 и непрерывного шпинделя 9. Последний соединен воздушным регулятором давления 8, к которому по трубе 7 подводится сжатый воздух. При превышении давления на выходе из кристаллизатора поршень 10 поднимается, открывает выходной канал 5, и часть маргарина отводится в бак возврата.

Кристаллизаторы можно размещать горизонтально на стойках 2, вертикально или горизонтально над фасующими автоматами.

При выработке маргарина в виде монолита, который упаковывается в короба, и при производстве мягких маргаринов необходимо, чтобы продукт обладал хорошей дозируемостью и подвижностью при наливе в тару, быстро принимал форму по окончании формообразования, имел ровную однородную консистенцию и был вы-

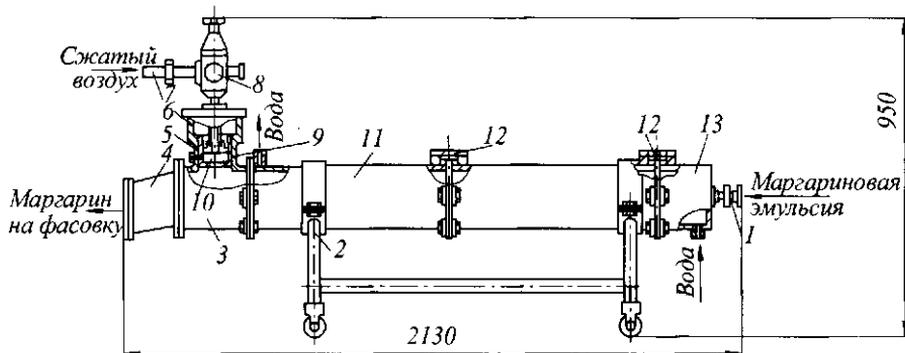


Рис. 21.14 Кристаллизатор с компенсирующим устройством

сокопластичным. Для этого после переохлаждения производят дополнительную механическую обработку для декристаллизации структуры. В результате маргарин при хранении менее подвержен образованию твердых пространственных структур, что способствует получению высокопластичного продукта, приближающегося к коагуляционной структуре. Твердая и жидкая фракции жира распределяются равномерно, готовый маргарин не теряет текучести и при наливе в короба приобретает пластичную консистенцию, сохраняющуюся длительное время при температуре $5...7^{\circ}\text{C}$.

Декристаллизатор (рис. 21.15.) состоит из трех горизонтальных цилиндров 2, смонтированных на опорной раме 6. Внутри корпуса цилиндра 2 крепятся неподвижные билы 3, а на валу 7 внутри цилиндра укреплены вращающиеся от привода 5 билы 8. Между биллами маргариновая продукция тщательно перемешивается. Продукт, выходящий через патрубок 4, последовательно проходит три цилиндра, которые соединяются патрубками 1. Частота вращения валов составляет $1,73\text{ с}^{-1}$.

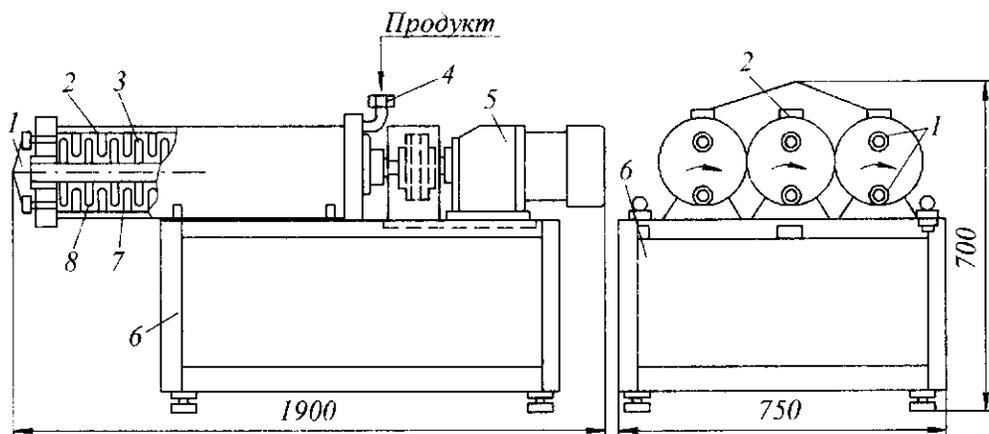


Рис. 21.15 Декристаллизатор

Анализ промышленных типов кристаллизаторов (табл. 21.4), используемых в современных линиях производства жиросодержащих продуктов, позволил определить продолжительность обработки жирового продукта.

При пластификации жировых продуктов с расфасовкой в виде брусков могут быть рекомендованы насадки в виде решеток с диаметром отверстий 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 мм (табл. 21.5.).

В технологических схемах производства низкожирного сливочного масла, топленого масла и кулинарного маргарина используются промежуточные кристаллизаторы, которые представляют собой, как правило, цилиндрическую камеру без внутренних насадок для зарождения и выдержки процесса массовой кристаллизации жировой основы.

В технологических схемах производства жировой продукции с последующей расфасовкой в полимерные баночки или короба, с расфасовкой в блоки используются промежуточные кристаллизаторы, где процесс массовой кристаллизации интенсифицируется, а также одно- и многоцилиндровые декристаллизаторы, где продукт подвергается пластификации перед операцией расфасовки.

Таблица 21.4 Анализ промышленных кристаллизаторов

Модель	Кристаллизатор линии А1-МЛМ (Россия)	Кристаллизатор линии фирмы «A.Johnson&Co LTD» (Англия)	Кристаллизатор линии фирмы «A.Johnson&Co LTD» (Англия)
Производительность, т/ч	1,0...1,25	1,0...1,25	2,5
Длина, мм	2118	2600	4600
Диаметр, мм	178	177	200
Рабочий объем, дм ³	52,7	64,0	144,4
Продолжительность обработки, с	151,8	159,0	208,0

Таблица 21.5 Техническая характеристика насадок в виде решеток

Показатели	Решетки с диаметром отверстий, мм			
	2,0	2,5	3,0	3,5
Площадь сечения кристаллизатора, мм ² , при $d_{\text{вн}} = 178,0$ мм	24884			
Количество отверстий в решетке, шт.	1960	980	980	800
Площадь живого сечения решетки, мм	9624	4812	6860	7680
Отношение площади живого сечения решетки к площади живого сечения кристаллизатора, %	38,6	19,3	27,5	30,8
Шаг отверстий решетки, мм	2,5	5,0	5,0	6,0
Толщина решетки, мм	3,5	3,0	3,0	2,5
Твердость жирового продукта при 15 °С, г/см	50...60	40...50	40	30...40
Число решеток, шт.	1	1...2	2...3	3
Твердость жировой основы продукта при 15 °С, г/см	40...160	120...140	100...120	50...100

Декристаллизатор (рис. 21.16) представляет собой устройство в виде рабочего цилиндра 1 с валом 6. На корпусе цилиндра 1 расположены штыри 7, а на вращающемся валу установлены пальцы – билы 4.

Сначала эмульсия поступает в декристаллизатор. После переохлаждения жировые продукты проходят стадию процесса массовой кристаллизации и пластификации.

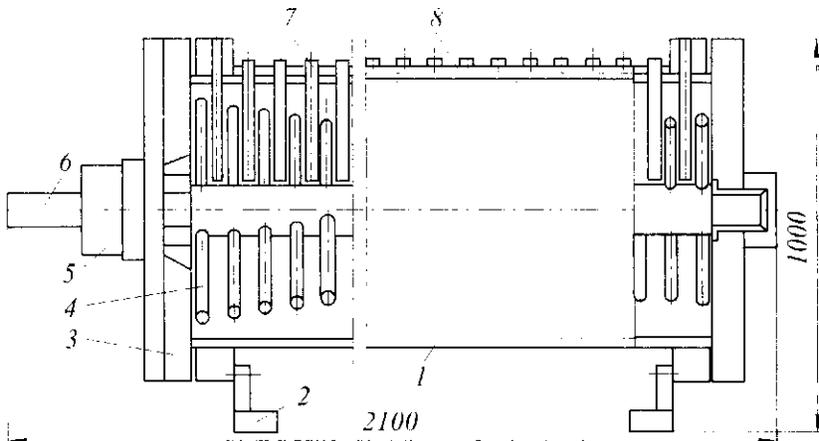


Рис. 21.16 Декристаллизатор для кристаллизации и пластификации жировых продуктов

Инженерные расчеты. Производительность кристаллизатора Π_k в геометрически подобных системах при одинаковых затратах мощности определяется функциональной зависимостью

$$\Pi_k = f(Re, Pr, Di, V_{кр}, U_k),$$

где Re – критерий Рейнольдса (характеризует режим поступательного движения продукта через кристаллизатор); Pr – критерий Прандтля; Di – критерий, характеризующий степень устойчивости триглицеридов к фазовым превращениям в молочном жире при механическом воздействии; симплекс $V_{кр}$ – отношение разности температур продукта на входе и выходе из кристаллизатора к температуре отвердения молочного жира; симплекс U_k – отношение содержания отвердевшего жира в продукте на выходе из кристаллизатора к содержанию закристаллизовавшихся триглицеридов в молочном жире.

Для получения этого уравнения в явном виде рекомендуются основные теплофизические и структурно-механические характеристики молочного жира и сливок, которые используются для расчета значений критериев процесса кристаллизации.

Степень кристаллизации K может быть определена в виде

$$K = (I'' - I_t) - \int_{I'}^{I''} c_0 dT / (I'' - I') - \int_{I'}^{I''} c_0 dT,$$

где I' и I'' – энтальпии на границах фазового перехода, Дж; I_t – энтальпия жира при конкретной температуре, Дж; T' и T'' – значения температур на границах фазового перехода, К; c_0 – собственная удельная теплоемкость жира, кДж/(кг·К).

Расчет степени кристаллизации K может быть реализован с учетом значений удельной теплоемкости, энтальпии и теплоты кристаллизации для различных жиров, масел и жировых композиций в следующем виде:

$$K = \left\{ 1 - \left[I_{ф.п} - \frac{[2c_0 + a(T - T_0)]}{2} T - T_0 \right] / L_{ф.п} \right\} 100,$$

где $I_{ф.п}$ – значение энтальпии фазового перехода для заданной температуры, Дж; a , c_0 , T – соответственно расчетный коэффициент, удельная теплоемкость, кДж/(кг·К) и температура на границе фазового перехода из твердого состояния, К; $L_{ф.п}$ – теплота фазового перехода, кДж.



Когда Эйнштейна спросили, каким образом он открыл теорию относительности, он ответил: «Усомнившись в аксиоме».
ГЛУД ЛОУРЕНС (1905–1954).
американский ученый в области полярных исследований

21.8 ТЕХНИКА БУДУЩЕГО: НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Утфелемешалка-кристаллизатор (Пат. №2182177 РФ, С 13, F 1/02) относится к оборудованию сахарной промышленности, предназначенной для дополнительной кристаллизации сахара из утфеля последнего продукта.

На рис. 21.17 показана схема утфелемешалки-кристаллизатора. Утфелемешалка-кристаллизатор состоит из цилиндрического корпуса 1 с днищем 2 и наружной тепло-

обменной рубашкой 3. Внутри корпуса 1 размещается теплообменная поверхность, состоящая из стальных частей нескольких цилиндров 4, расположенных коаксиально и образующих в каждом квадранте поперечного сечения расположенные диаметрально противоположно секторные секции 5. Соосно корпусу установлен вал 6, и на нем укреплены четыре вертикальные лопасти 7 с возможностью совершения колебательных движений в пространстве между секторными секциями 5 посредством вибропривода вала 8. Вал установлен на двух подшипниках 9 и 10. В каждой лопасти конусообразные сопла 11, расположенные таким образом, что сужающиеся части сопел на каждой лопасти направлены в одну сторону, а сопла лопастей расположены в одну сторону, а сопла лопастей расположены одно за другим для приведения utfеля во вращательное движение через входные отверстия 12. Входные отверстия сопел 13 открыты. Поверхность сопел покрыта антиадгезионным материалом 14. Utfелемешалка-кристаллизатор имеет патрубки 15 и 16 соответственно для подвода utfеля и его отвода, а также патрубки 16 и 17 для подвода хладагента в паровую рубашку 3 и ее отвода из нее. Секторные секции 5 теплообменной поверхности содержат нижние камеры 19 для распределения хладагента по кольцевым цилиндрам 4. В камеры 19 подается хладагент через патрубок 20. Для его отвода из отдельных кольцевых цилиндров 4 служат верхние распределительные камеры 21 и патрубок 22.

Utfелемешалка-кристаллизатор работает следующим образом. Теплообменную рубашку 3 заполняют горячей водой и разогревают аппарат до температуры начала процесса кристаллизации. Затем через патрубок 15 в корпус аппарата подают utfель последней кристаллизации до полного погружения в нее лопастей 7. После этого в теплообменную рубашку 3 и отдельные кольцевые цилиндры 4 секторных секций 5 подают хладагент, расход которого устанавливают таким образом, чтобы обеспечить заданным технологическим режимом скорость охлаждения кристаллизующегося раствора.

С момента подачи хладагента включается вибропривод 8 вала 6, и он приводит в попеременные поворотные движения вокруг оси. Лопастями 7, размещенными в свободных зонах между отдельными частями цилиндров 4, совершают колебательные движения с малым размахом. Перемещение лопастей с конусообразными соплами в зонах между секторными секциями обеспечивает вибрационно-пульсационный режим вращательного движения utfеля вокруг оси в зазорах между кольцевыми цилиндрами 4 секторных секций 5 теплообменной поверхности.

Набгающий на лопасти 7 поток utfеля заполняет через входные отверстия 13 конусообразные сопла 11, кристаллы сближаются, уплотняются и задерживаются в выходных отверстиях 12. При этом межкристалльный раствор протекает через слой кристаллов в соплах, и достигается интенсивный режим относительного движения «кристалл-раствор». При противоположном направлении движения лопастей 7 межкристалльный раствор в соплах протекает через выходные отверстия 12 в обратном направлении и легко выгружается за счет антиадгезионного покрытия порции кристаллов utfеля, ранее попавших в сопла, осуществляя регенерацию сопел. Кристаллы сахарозы испытывают также знакопеременные тангенциальные силовые импульсы при колебательных воздействиях частями лопастей без сопел, что увеличивает скорость обтекания кристаллов раствором, уменьшает толщину гидродинамического пограничного слоя.

Вся масса utfеля таким образом приводится в осциллирующее движение в одном направлении и перемещается в зазорах между отдельными частями цилиндров 4

секторных секций 5 поверхностей теплообмена, что интенсифицирует тепло-массопередачу, снижает эффективную вязкость утфеля и позволяет охлаждать утфель до более низких конечных температур (около 25 °С).

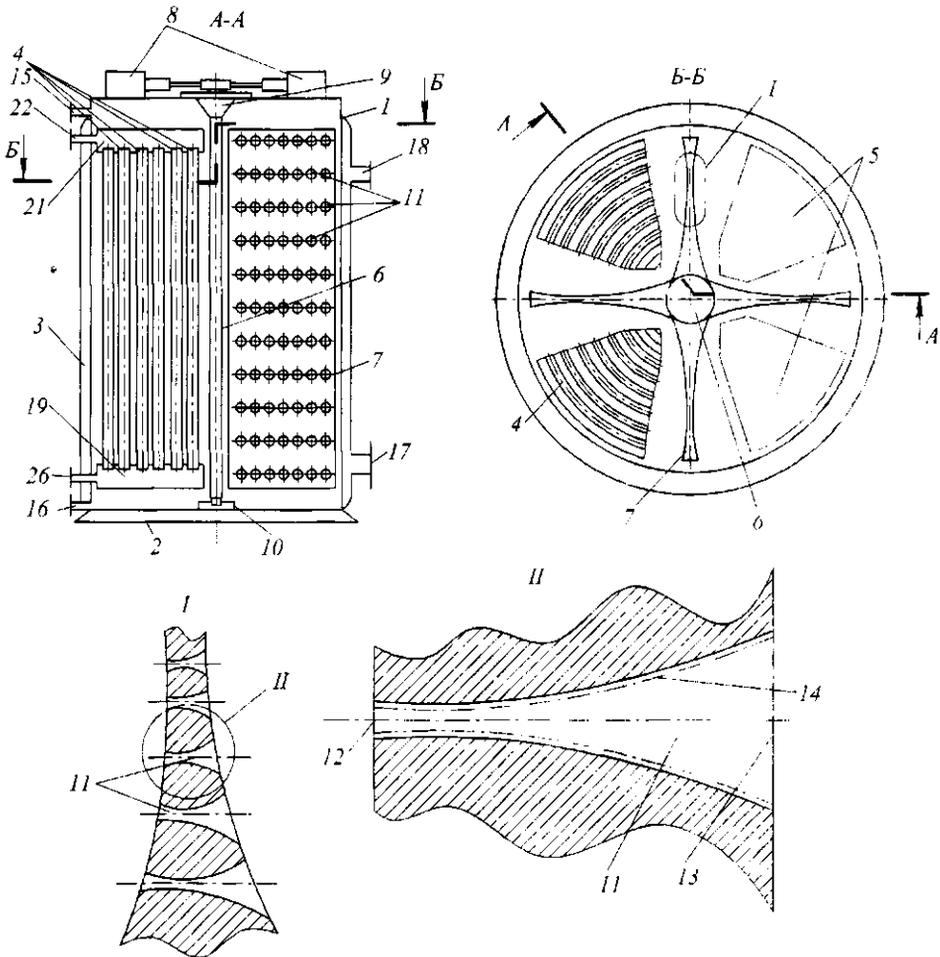


Рис. 21.17 Утфелемешалка-кристаллизатор

Утфелемешалка-кристаллизатор отличается тем, что секторные секции теплообменной поверхности состоят из отдельных частей нескольких цилиндров, расположенных коаксиально, при этом сужающиеся части сопел каждой лопасти направлены в одну сторону, а сопла смежных лопастей расположены одно за другим для приведения утфеля во вращательное движение, причем поверхность сопел покрыта антиадгезионным материалом.

Устройство для вакуумного концентрирования жидкости в непрерывном потоке (Пат. № 2060672 РФ), предназначен для вакуумного концентрирования растворов и эмульсий термолabileльных веществ, например, молока, чайного или кофейного экстракта, соков, растительных масел и природных углеводов.

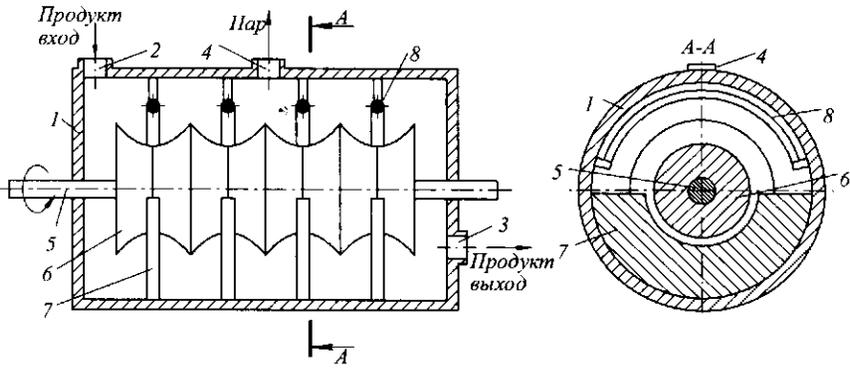


Рис. 21.18 Устройство для вакуумного концентрирования жидкости с дугowymi излучателями

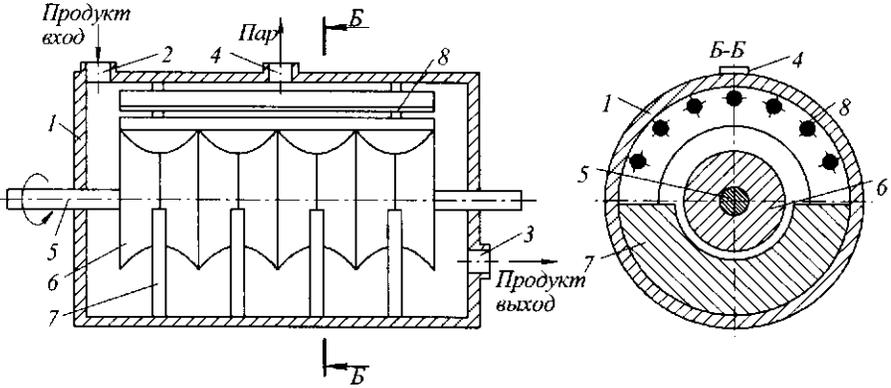


Рис. 21.19 Устройство для вакуумного концентрирования жидкости с линейными излучателями

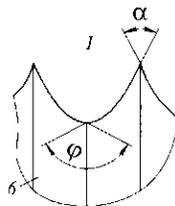
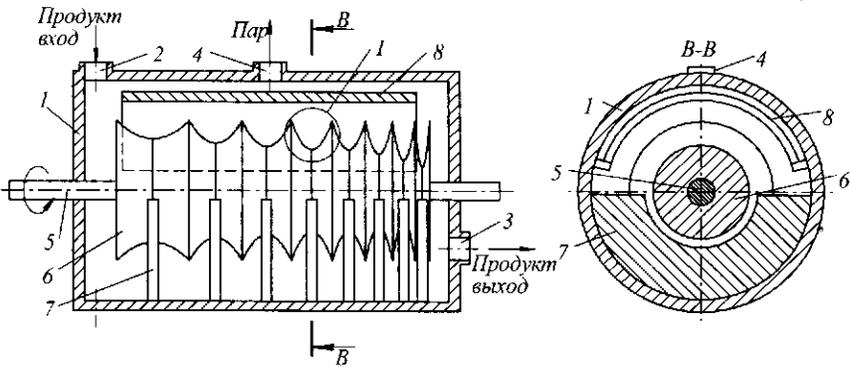


Рис. 21.20 Устройство для вакуумного концентрирования жидкости с излучателями в виде сектора цилиндрической поверхности

На рис. 21.18. изображено предлагаемое устройство с дуговыми излучателями; на рис. 21.19. – устройство с линейными излучателями; на рис. 21.20. – устройство с излучателем в виде сектора цилиндрической поверхности.

Устройство для вакуумного концентрирования жидкостей в непрерывном потоке содержит горизонтально расположенный цилиндрический корпус 1 с входным 2 и выходным 3 патрубками для продукта и патрубком 4 отвода пара, горизонтальный приводной вал 5 с закрепленными на нем дисками 6, выполненными с одинаковым диаметром и толщиной, увеличивающейся к оси приводного вала 5, и установленными с образованием ломаной поверхности, С-образные перегородки 7, установленные в нижней части корпуса 1 между дисками 6, и нагреватель, выполненный в виде одного или нескольких источников 8 инфракрасного излучения.

Диски 6 образуют поверхность, удовлетворяющую уравнению, гарантирующую равномерную освещенность при данной конфигурации и размещении источников 8 инфракрасного излучения. При выполнении источников 8 инфракрасного излучения линейными и параллельными оси вала 5 диски 6 образуют поверхность, удовлетворяющую уравнению, также гарантирующую равномерную освещенность. При выполнении источника 8 инфракрасного излучения в виде части соосной валу 5 цилиндрической поверхности диски 6 образуют равномерно освещенную поверхность, удовлетворяющую уравнению. Внешняя кромка дисков 6 выполнена заостренной с углом α при вершине не меньше 10° , а при наличии излома во впадинах дисков 6 угол φ при их вершине – не меньше 160° . На рис. показаны диски 6, образующие впадины с гладким профилем. На рис. показаны диски 6 с убывающей по направлению от входного патрубка 2 к выходному патрубку 3 максимальной толщиной.

Концентрируемую жидкость, например молоко, подают в корпус 1 по патрубку 2, где она перемещается по каналу, образованному дисками 6 и С-образными перегородками 7. При вращении дисков 6 приводным валом 5 за счет смачивания поверхностей дисков 6 концентрируемая жидкость в виде тонкой пленки на их поверхности поступает в верхнюю часть корпуса 1. На части траектории перемещения пленки жидкость подвергается воздействию источников инфракрасного излучения 8, что приводит к нагреву жидкости в тонкой пленке до температуры кипения наиболее легкой фракции, например воды, и ее выпариванию. Выполнение дисков 6 с образованием поверхности в зависимости от формы выполнения источников 8 инфракрасного излучения обеспечивает равномерную освещенность этой поверхности и, соответственно, равномерный нагрев жидкости в пленке и равномерное выпаривание по всей площади пленки отгоняемой фракции, исключая первоочередное упаривание жидкости на любом участке и образование золы локального перегрева после полного испарения отгоняемой фракции, что особенно важно при концентрировании термолабильных веществ, таких как молоко, локальный перегрев которого может привести к коагуляции белка и потере потребительских свойств; экстракты чая и кофе, локальный перегрев которых приводит к потере вкусо-ароматических веществ и снижению органолептических показателей и биологической ценности; вина, локальный перегрев которых приводит к потере крепости, вкусо-ароматических и биологически активных веществ, искажению цветности и снижению их потребительских качеств; растительные и природные масла, локальный перегрев которых приводит к окислению и ухудшению качества, смеси природных углеводов, локальный перегрев которых может привести к самовоспламенению.

Обработанная излучением пленка возвращается в основную массу обрабатываемой жидкости и за счет высоких тангенциальных напряжений в зазоре между дисками 6 и перегородками 7 эффективно с ней перемешивается, обеспечивая равномерный нагрев продукта по всему объему. Выпаренная газовая фаза отводится из корпуса 1 по патрубку 4, разрежение в котором определяет температуру кипения отгоняемой фракции жидкости и необходимый энергоподвод для ее испарения. По мере перемещения по корпусу 1 жидкость многократно обрабатывается в тонкой пленке до заданной расходом, частотой вращения вала 5 и удельным энергоподводом от источников 8 концентрации. При значительном упаривании целесообразно выполнять диски 6 с уменьшающейся от патрубка 2 к патрубку 3 максимальной толщиной, что уменьшает проходное сечение канала для обрабатываемого продукта и исключает снижение линейной скорости перемещения концентрата и образование застойных зон. Полученный концентрат отводится из корпуса 1 по патрубку 3.

Устройство для вакуумного концентрирования жидкостей в непрерывном потоке *отличается* тем, что оно снабжено С-образными перегородками, установленными в нижней части корпуса между дисками, нагреватель выполнен в виде, по меньшей мере, одного источника инфракрасного излучения, установленного на внутренней поверхности в верхней части корпуса, а диски выполнены толщиной, увеличивающейся к оси приводного вала, и установлены с образованием ломаной поверхности; *отличается* тем, что источники инфракрасного излучения установлены в плоскостях, перпендикулярных оси вала, и выполнены по дугам, соосным с дисками; *отличается* тем, что диски образуют поверхность, удовлетворяющую уравнению в декартовых координатах; *отличается* тем, что источники инфракрасного излучения установлены параллельно оси вала и выполнены линейными; *отличается* тем, что диски образуют поверхность, удовлетворяющую уравнению в декартовых координатах; *отличается* тем, что источник инфракрасного излучения выполнен в виде части цилиндрической поверхности, соосной с валом; *отличается* тем, что диски образуют поверхность, удовлетворяющую уравнению в декартовых координатах; *отличается* тем, что кромки дисков выполнены заостренными; *отличается* тем, что диски выполнены так, что образуют поверхность с углом при вершине изломов на гребнях профиля не менее 10°; *отличается* тем, что диски выполнены так, что образуют поверхность с гладким профилем впадин, *отличается* тем, что диски выполнены так, что образуют поверхность с изломом профиля во впадинах.

Маслообразователь непрерывного действия (А.с. № 741829, А01 J15/12) относится к оборудованию молочной промышленности, в частности к маслообразователям непрерывного действия.

На рис. 21.21 изображен предлагаемый маслообразователь, поперечный разрез обоих цилиндров; на рис. 21.22 – то же, продольный разрез по обрабатываемому теплообменному цилиндру.

Маслообразователь содержит цилиндры 1 и 2, закрепленные на станине 3, в которой размещен привод. Цилиндр 2 включает корпус 4, снабженный рубашкой 5, тепловой изоляцией 6, крышкой 7 с входным и выходным патрубками соответственно 8 и 9, и вытеснительный барабан с ножами-скребками 11. Вытеснительный барабан выполнен коническим и снабжен отражательными лопастями 12, укрепленными на внутренней поверхности конуса, лопастной мешалкой 13, установленной по его оси, и текстурационной перфорированной камерой 14 для выхода готового продукта. Вытеснительный барабан 10 и лопастная мешалка 13 связаны с приводами

при помощи разъемных соединений 15 и 16. Герметичность продуктовой полости обеспечивается уплотнением 17. Полость между цилиндром и конусом дополнена теплоизоляционным материалом 18.

Высокожирные сливки, предварительно охлажденные в цилиндре 1, поступают в цилиндр 2 через входной патрубок 8. Охлаждающая жидкость подается в рубашку 5, которая снабжена тепловой изоляцией 6. При движении в кольцевом зазоре между корпусом 4 и вытеснительным барабаном 10 продукт охлаждается, соскребается и перемешивается ножами-скребками 11. Охлажденный до температуры кристаллизации молочного жира продукт поступает внутрь вытеснительного барабана, где перемешивается и продвигается последовательно между отражательными лопастями 12 и лопастями мешалки 13. Готовое сливочное масло выходит через текстурационную камеру 14 и выходной патрубок 9 в крышке 7. Теплоизоляционный материал 18 исключает нагрев готового масла вновь поступающими в цилиндр массами продукта.

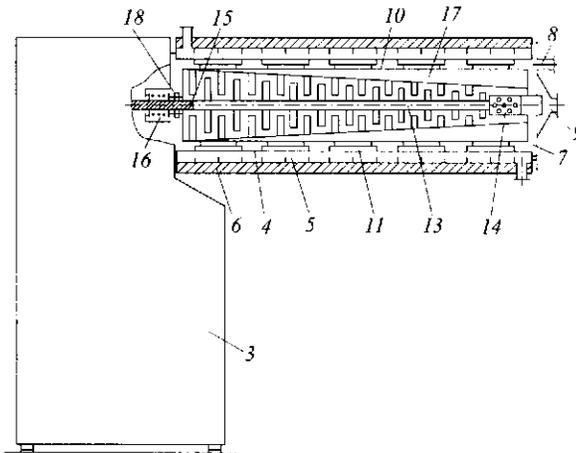


Рис. 21.21 Маслообразователь

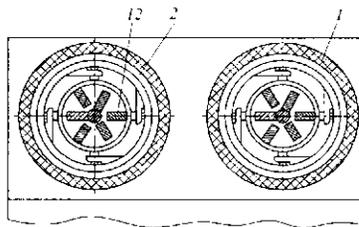


Рис. 21.22 Продольный разрез по обрабатываемому теплообменному цилиндру

Маслообразователь непрерывного действия отличается тем, что, с целью повышения производительности интенсификация теплообмена и снижения металлоемкости, вытеснительный барабан последнего по ходу технологического процесса цилиндра выполнен коническим и снабжен лопастью мешалкой, установленной по его оси, отражательными лопастями, жестко укрепленными на внутренней поверхности конуса, а также текстурационной перфорированной камерой, расположенной на выходном участке конического барабана коаксиально валу мешалки.

* * *

В этой главе наиболее важными являются следующие моменты:

1. Образование центров кристаллизации в растворах осуществляют либо созданием условий для их самопроизвольного образования, либо вводом в раствор искусственных центров кристаллизации.

2. Движущей силой процесса кристаллизации является величина отклонения системы от состояния равновесия, а направление процесса определяется изменением избыточной свободной энергии.

3. Оборудование для ведения процесса кристаллизации пищевых сред представляет собой аппараты для кристаллизации сахарозы, лактозы и жира (жировой продукции).

4. Инженерные расчеты приведенных аппаратов для кристаллизации пищевых сред дают возможность проектировать и создавать технику будущего.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение процесса кристаллизации пищевых сред.
2. Что является движущей силой процесса кристаллизации пищевых сред?
3. Чем объясняется механизм образования центров кристаллизации в объеме переохлажденных жировых компонентов?
4. Какими основными факторами определяется скорость кристаллизации?
5. В чем заключается сущность процесса термодинамической обработки высокожирных сливок?
6. Какая существует классификация оборудования для ведения процесса кристаллизации пищевых сред?
7. Приведите сравнительную характеристику и принцип действия маслонизготовителя и маслообразователя.
8. Как рассчитать производительность сбивателя и текстуратора в маслонизготовителе?
9. Для чего применяется кристаллизатор с компенсирующим устройством?
10. Дайте анализ промышленных кристаллизаторов, используемых в современных линиях производства жиродержащих продуктов.
11. Как рассчитать степень кристаллизации молочного жира и сливок?
12. Рассчитайте массу выкристаллизовавшегося сахара в помадосбивальной машине.
13. Из каких этапов состоит полный цикл уваривания утфеля в вакуум-аппарате?
14. Дайте сравнительную характеристику вакуум-аппаратов (кристаллизаторов).
15. Из каких составляющих складывается материальный баланс вакуум-аппарата?
16. Опишите принцип действия кристаллизатора-охладителя для кристаллизации мальтозы.
17. Как осуществляется периодический способ кристаллизации сгущенных молочных консервов с сахаром?
18. Приведите расчет количества влаги, испарившейся во время кристаллизации.
19. Как подбирают оборудование для кристаллизации молочного сахара?

УПРАЖНЕНИЯ

Предложите в виде эскизов Ваши решения инженерных задач, связанных с развитием конструкций:

- вакуум-аппаратов;
- кристаллизаторов;
- помадосбивальных машин;
- кристаллизаторов-охладителей;
- вальцовых кристаллизаторов;
- вакуум-охладителей;
- маслонизготовителей;
- маслообразователей;
- декристаллизаторов.

Эти решения должны предполагать совершенствование, модернизацию оборудования с целью достижения одного или нескольких следующих результатов:

- повышение производительности;
- повышение качества продукции;
- улучшение условий труда рабочего с точки зрения эргономики, техники безопасности и охраны труда;
- экономию времени на санитарное обслуживание оборудования;
- экономию времени на техническое обслуживание оборудования;
- экономию энергоресурсов;
- экономию конструкционных материалов;

- повышение технологичности конструкции с точки зрения изготовления и ремонта;
- улучшение дизайна оборудования;
- снижение себестоимости продукции другими, кроме перечисленных выше, путями.

Вместе с этими, преимущественно машиноведческими, аспектами рассмотрите возможность развития конструкций машин и аппаратов с точки зрения повышения качества самих технологических процессов, которые реализуются этим оборудованием. Речь идет об увеличении точности, устойчивости, надежности, управляемости и стабильности технологических процессов, а также о снижении их чувствительности к возмущающим факторам окружающей среды.

По результатам Вашей работы сделайте заключение о том, в какой мере Ваши предложения повышают готовность машин и аппаратов к эффективной автоматизации данных технологических процессов.

ТРУДОЛЮБИВЫЙ МЕДВЕДЬ (басня)

Увидя, что мужик, трудясь над дугами,
Их прибыльно сбывает с рук
(А дуги гнут с терпеньем и не вдруг),
Медведь задумал жить такими же трудами.
Пошел по лесу треск и стук,
И слышно за версту проказу.
Орешника, березняка и вязу
Мой Мишка погубил несметное число,
А не дается ремесло.
Вот идет к мужику он попросить совета
И говорит: «Сосед, что за причина эта?
Деревья-таки я ломать могу,
А не согнул ни одного в дугу.
Скажи, в чем есть тут главное уменье?» –
«В том, – отвечал сосед, –
Чего в тебе, кум, вовсе нет:
В терпенье».

*Крылов Иван Андреевич
(1749 – 1844), русский писатель,
баснописец, журналист, сатирик*



Главное, делайте все с увлечением,
это украшает жизнь.
ЛАНДАУ ЛЕВ ДАВИДОВИЧ (1908–1968),
физик-теоретик, академик АН СССР

Глава 22

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Ректификация – процесс разделения жидких летучих смесей на компоненты или группы компонентов (фракции) путем многократного двустороннего тепло- и массообмена между противоточно движущимися паровым и жидкостным потоками.

Необходимое условие процесса ректификации – различная летучесть (упругость пара) отдельных компонентов. При взаимодействии противоточно движущихся потоков в процессе ректификации происходит диффузия легколетучего компонента из жидкости в пар и труднолетучего компонента из пара в жидкость. Способ контактирования потоков может быть ступенчатым (в тарельчатых колоннах) или непрерывным (в насадочных колоннах).



Считай несчастным тот день или тот час,
в который ты не усвоил ничего нового
и ничего не прибавил к своему образованию.
КОМЕНСКИЙ ЯН АМОС (1592–1670),
чешский мыслитель-гуманист, педагог,
писатель, основоположник дидактики

22.1 НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Диффузионный процесс массообмена при ректификации определяется площадью поверхности контакта фаз F (m^2), средней движущей силой процесса ΔC (кг/кг) и коэффициентом массоотдачи, отнесенным к $1 m^2$ поверхности фазового контакта, K [$кг/(m^2 \cdot c)$]. При этом количество вещества, перешедшего из одной фазы в другую, M (кг/с) определяется как

$$M = KF\Delta C.$$

При достаточно большом пути контакта противоположно движущихся потоков по ректификационной колонне можно получить в конечном итоге пар, обогащенный легколетучим компонентом, конденсация которого дает дистиллят, а из нижней части колонны отводится кубовый остаток, представляющий собой труднолетучий компонент.

Жидкостный поток в колонне (*флегма*) образуется в результате частичной конденсации пара, выходящего из верхней части колонны, или вводится в колонну в виде питания. Отношение количества флегмы f (кг) к количеству дистиллята D (кг) называется *флегмовым числом* v :

$$v = f/D = (G - D)/D,$$

где G – количество пара, выходящего из колонны, кг.

Флегмовое число может изменяться от 0 до ∞ . При $f = 0$ полностью выводится и не возвращается в колонну. При $f = \infty$ весь конденсат пара, выходящего из колонны, полностью поступает на орошение колонны.

Летучесть отдельных компонентов разделяемой смеси характеризуют коэффициентом испарения $k = y/x$ (отношение мольной доли данного вещества в паровой фазе y к мольной доле его в жидкой фазе x при условии, что рассматриваемые фазы бинарной смеси находятся в равновесном состоянии).

При атмосферном давлении нераздельно кипящая смесь системы этанол – вода содержит 97,2 об. % (95,57 масс. %) этанола при температуре кипения 78,15 °С. При том же давлении температура кипения этанола равна 78,3 °С, а воды – 100 °С. При повышении давления растворы с низкой концентрацией спирта (примерно до 30...40 масс. %) образуют пары с большим содержанием спирта, а растворы с высокой концентрацией спирта – пары с меньшим содержанием спирта.

Уравнение материального баланса ректификационной колонны по всему продукту имеет вид

$$M = D + R,$$

где M , D и R – соответственно количество исходного продукта, дистиллята и остатка, кг или Кмоль;

по одному из компонентов (чаще легколетучему)

$$MX_M = DX_D + RX_R,$$

где X_M , X_D и X_R – содержание компонента соответственно в исходном продукте, дистилляте и остатке, масс. % или мол. %.

Совместное решение этих двух уравнений позволяет установить связь между количеством сырья, выходом верхнего и нижнего продукта и их концентраций.

При кипении смеси в пар переходит разное количество компонентов. Быстрее переходит в пар легколетучий компонент, и медленнее – труднолетучий. Таким образом, образующийся пар обогащается легколетучим компонентом, а при его конденсации будет получена жидкая смесь с повышенным содержанием легколетучей низкокипящей жидкости. В соответствии с *первым законом Коновалова* пар, находящийся в равновесии с раствором, всегда содержит в избытке тот компонент, прибавление которого к раствору понижает температуру кипения.

При определенной концентрации смеси имеют постоянную, максимальную или минимальную температуру кипения. Такие смеси получили название азеотропных или *нераздельно кипящих*, для которых справедлив *второй закон Коновалова*, в соответствии с которым при постоянной минимальной или максимальной температуре кипения состав равновесного пара над смесью равен составу жидкости.

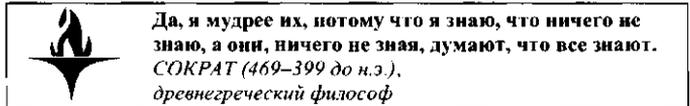
Идеальные смеси следуют *закону Рауля*: парциальное давление каждого компонента, например парциальное давление P_A компонента A , пропорционально мольной доле x_A этого компонента в жидкости

$$P_A = p_A^0 \cdot x_A,$$

где p_A^0 – коэффициент пропорциональности, равный давлению насыщенного пара компонента A при данной температуре.

При изменении давления в системе изменяются условия равновесия. Эти изменения подчиняются *первому закону Вревского*, по которому при повышении давления и температуры кипения смеси в паре возрастает относительное содержание того компонента, испарение которого связано с необходимостью большей затраты энергии.

Второй закон Вревского утверждает, что при повышении давления и температуры смесей, имеющих максимум давления в азеотропной смеси, возрастает относительное содержание того компонента, испарение которого связано с необходимостью меньшей затраты энергии. При повышении давления и температуры кипения смесей, имеющих минимум давления в азеотропной смеси, возрастает относительное содержание того компонента, испарение которого связано с необходимостью меньшей затраты энергии.



22.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Брагоректификационные установки, применяемые в спиртовой промышленности, укомплектованы *бражной, элюрационной и ректификационной колоннами*.

Ректификационные установки могут быть разделены на следующие группы (рис. 22.1):

брагоперегонные установки (для получения из бражки спирта-сырца) бывают двух типов:

– *одноколонные установки*, в которых флегма освобождается от спирта (вываривается) совместно с бражкой в нижней части колонны (в бражной колонне);

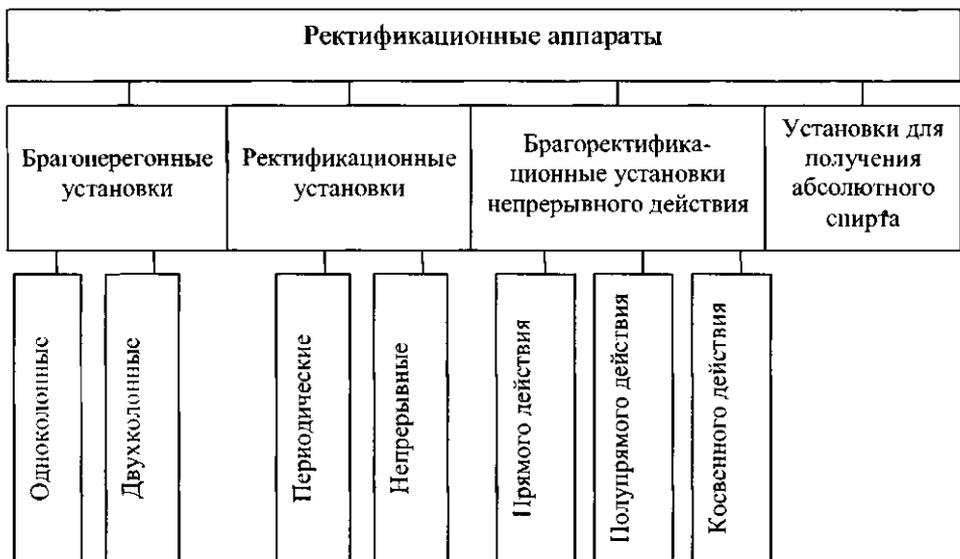


Рис. 22.1 Классификация ректификационных аппаратов

– двухколонные установки, в которых флегма вываривается отдельно от бражки в лютерной колонне;

ректификационные установки (для получения спирта-ректификата из спирта-сырца) периодического и непрерывного действия;

брагоректификационные установки непрерывного действия;

установки для получения абсолютного спирта (из бражки или спирта-ректификата).

Ректификационные колонны (рис. 22.2), входящие в состав установок, бывают полными, отгонными и концентрационными.

Полная колонна 1 (рис. 22.2, а) состоит из отгонной (исчерпывающей) и концентрационной частей. Греющий пар подводится в нижнюю часть колонны, а вода проходит через дефлегматор 2 и холодильник дистиллята 3. Питание в полную колонну вводится в среднюю часть (на верхнюю тарелку отгонной части колонны). Дистиллят отводится из холодильника дистиллята.

Отгонная колонна 1 (неполная) (рис. 22.2, б) имеет только отгонную часть, в ней отсутствует дефлегматор 2, а питание подается на ее верхнюю тарелку. В этой колонне поступающее питание истощается низкокипящим компонентом.

Концентрационная колонна 1 (неполная) (рис. 22.2, в) снабжена дефлегматором 2, а питание поступает под нижнюю тарелку в парообразном виде.

В полной ректификационной колонне 1 создается возможность для получения практически в чистом виде обоих компонентов разделяемой бинарной (двухкомпонентной) смеси. В неполной отгонной колонне из нижней части отводится практически чистый труднолетучий компонент, а из верхней – пар, несколько обогащенный легколетучим компонентом. Из верхней части неполной концентрационной колонны отводится практически чистый легколетучий компонент, а из нижней – остаток S , несколько обогащенный труднолетучим компонентом.

Контактное устройство – основной элемент ректификационной колонны, на котором осуществляется процесс массообмена между паром и жидкостью. Интенсивный массообмен на контактном устройстве достигается путем создания развитой поверхности контакта фаз и активной гидродинамической обстановки.

В спиртовой промышленности, как правило, применяют *тарельчатые контактные устройства*, на которых

осуществляется последовательно ступенчатый контакт фаз. Тарелки ректификационных колонн могут быть (рис. 22.3): колпачковыми, ситчатыми (решетчатыми), клапанными, чешуйчатыми, ситчатоклапанными, жалюзийноклапанными и др. Во всех случаях на тарелке удерживается слой жидкости, через который проходит пар, в результате чего осуществляется массообмен.

Простейшая *одноколпачковая тарелка одинарного кипячения 1* используется в бражных колоннах

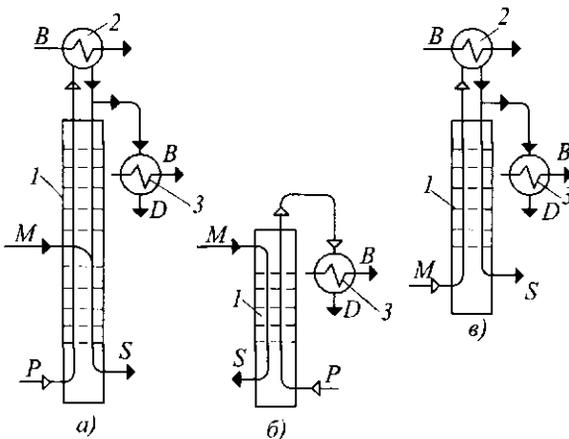


Рис. 22.2 Принципиальные схемы
ректификационных колонн:

а – полная, б – неполная отгонная, в – неполная концентрационная

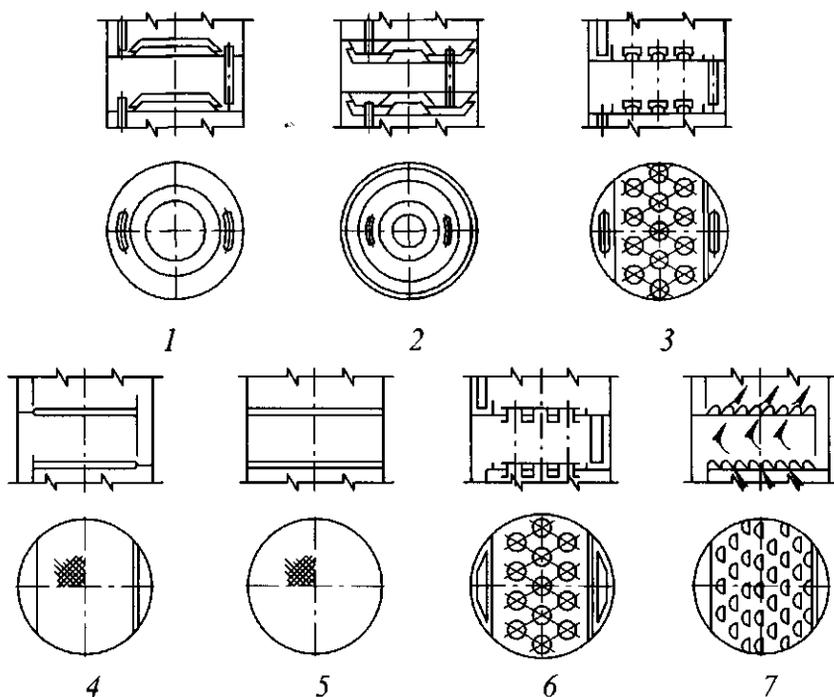


Рис. 22.3 Тарелки ректификационных колонн

установок малой производительности (для разделения жидкостей со взвешенными частицами или способных выделять осадки). В *одноколпачковой тарелке двойного кипячения* 2 барботаж происходит из под краев колпачка и воротника. Благодаря этому создаются встречные потоки пара, улучшающие контакт пара и жидкости. *Многоколпачковые* (капсульные) тарелки 3 применяют в колоннах для разделения жидкостей, не содержащих взвешенных частиц. Они имеют большой периметр барботажа и более эффективны.

Ситчатые (решетчатые) тарелки 4 с отверстиями диаметром 2,5...3,5 мм (для разгонки жидкостей, не содержащих взвешенных частиц) и 8...12 мм (для разгонки жидкостей со взвешенными частицами или жидкостей, способных выделять осадки).

В *провальной тарелке* (решетчатого типа) 5 нет сливных стаканов, и жидкая фаза сливается через те же отверстия, через которые поступает на тарелку пар. Тарелки изготавливаются из стальных или медных листов толщиной 2,5...6 мм. Щели тарелки выполняются штамповкой или фрезеровкой с живым сечением 10...15 %. Расстояние между тарелками составляет 300...600 мм. Такие тарелки применяются в бражных колоннах при перегонке паточной и зернокартофельной бражки.

В *клапанных тарелках* 6 распределительным устройством для пара являются клапаны (пластины той или иной формы), которые перекрывают отверстия тарелки и под давлением пара поднимаются, пропуская пар. Предельная высота подъема клапана определяется высотой ограничительного устройства. Клапанные тарелки обладают способностью к самоочищаемости. Они используются в ректификационных и эспурационных колоннах.

Некоторые разновидности ситчатых тарелок являются *чешуйчатые тарелки* 7, отверстия которых выполнены так, что поток пара проходит через тарелку под уг-

лом меньше 90° к плоскости тарелки с наклоном паровых струй в сторону движения жидкости по тарелке. Характерной особенностью чешуйчатых однонаправленных тарелок является значительное снижение брызго- и пеноуноса при относительно высокой скорости движения пара в колонне и более широкий диапазон нагрузок при сохранении высокого значения КПД.

Работу тарелок оценивают по пропускной способности пара и жидкости, по способности разделять рабочую смесь, по диапазону устойчивой работы, по гидравлическому сопротивлению и др. Пропускная способность по пару и жидкости характеризует производительность колонн (удельный объем конечного продукта с единицы поперечного сечения колонны).

Способность разделять перегоняемую смесь называют *эффективностью контактного устройства* или колонны в целом. Обычно определяют *число теоретических тарелок* (ступеней изменения концентраций) или число единиц переноса и по нему оценивают эффективность тарельчатых колонн.

Под теоретической тарелкой понимают такое устройство, которое обеспечивает контакт пара и жидкости, в результате покидающие его потоки достигают фазового равновесия. Практически на реальных тарелках такое равновесие почти никогда не достигается. Теоретическая тарелка служит эталоном для установления эффективности реальных тарелок.



Не следует смешивать того, что нам кажется невероятным и несущественным, с абсолютно невозможным.
ГАУСС КАРЛ ФРИДРИХ (1777–1855),
немецкий математик

22.3 БРАГОПЕРЕГОННЫЕ УСТАНОВКИ

В спиртовой промышленности применяются брагоперегонные установки двух типов – одноколонные (рис. 22.4, а) и двухколонные (рис. 22.4, б).

В одноколонной установке бражка, предварительно подогретая в дефлегматоре 4, поступает на верхнюю тарелку колонны 1. Нижняя часть колонны называется бражной, куда снизу подводится греющий пар. Из бражной колонны водно-спиртовые пары направляются в нижнюю часть спиртовой колонны 2; здесь пары укрепляются. Из колонны 2 укрепленные пары поступают в межтрубное пространство дефлегматора 4. Конденсируясь пары, отдают теплоту бражке, протекающей в трубах дефлегматора. Конденсат водно-спиртовых паров возвращается в колонну 2 в виде флегмы. Несконденсировавшиеся пары направляются в холодильник 5, где они конденсируются и образуют спирт-сырец. Спирт-сырец содержит не только воду и спирт, но и другие летучие продукты, входящие в состав бражки.

В двухколонной установке подогретая в дефлегматоре 4 бражка поступает в бражную колонну 1, где из бражки испаряется спирт. Водно-спиртовые пары через ловушку 6 попадают во вторую колонну. В ловушке отделяется жидкость, увлеченная парами; отсюда она возвращается в колонну 1. Верхняя часть колонны 2 служит для укрепления паров спиртом; нижняя часть колонны 3 предназначена для истощения (вываривания) стекающей флегмы, откуда отводится лютерная вода. Таким образом, в этой установке из бражки и флегмы спирт испаряется отдельно, вследствие чего получается барда с большим содержанием сухих веществ, так как она не смешивается с лютерной водой.

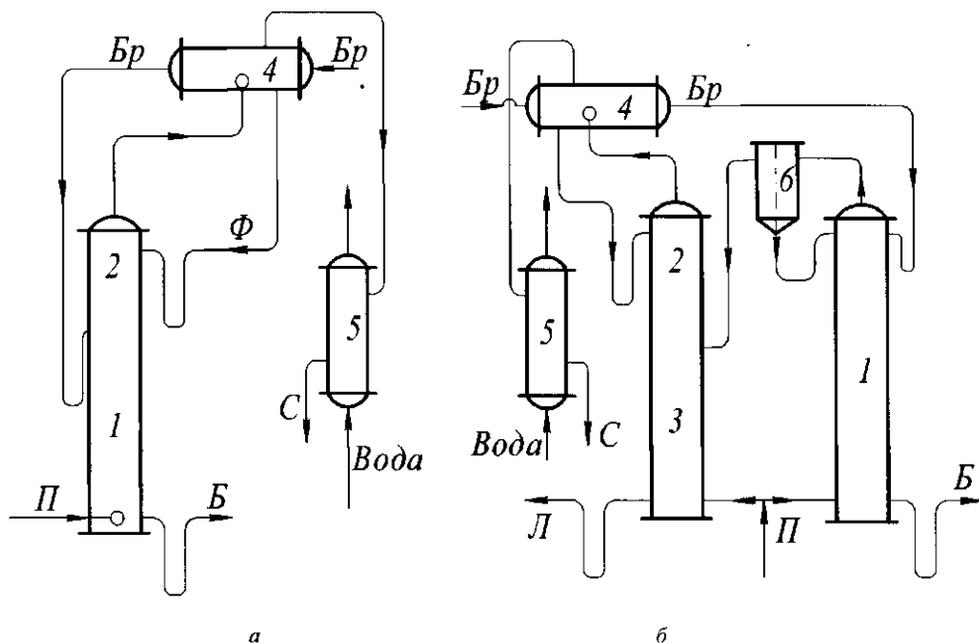


Рис. 22.4 Принципиальные схемы брагоперегонных установок:
П - пар; Б - барда; Бр - бражка; Ф - флегма; В - вода; Л - лютерная вода; С - спирт-сырец

Одноколонный брагоперегонный аппарат (рис. 22.5) состоит из колонны 2, дефлегматора 7 с горизонтальными трубами и конденсатора-холодильника 11 для спирта.

Во время работы аппарата бражка насосом прокачивается через трубы дефлегматора, где она прогревается теплом водно-спиртовых паров, конденсирующихся в межтрубном пространстве. Подогретая бражка проходит через смотровой фонарь 8 и поступает на верхнюю тарелку бражной части колонны 2, температура в которой измеряется с помощью термометра 5.

Греющийся пар поступает в нижнюю часть бражной колонны 2. Количество его регулируется манометрическим паровым регулятором (на схеме не показан). Истошенная бражка отводится через бардяной поплавковый регулятор 1. Содержание спирта в отходящей барде контролируется с помощью пробного холодильника 4. Из бражной части колонны водно-спиртовые пары поступают на верхнюю часть колонны (спиртовую). На тарелках этой колонны они вступают в контакт с флегмой, стекающей из дефлегматора 7, и укрепляются. Несконденсировавшиеся в дефлегматоре пары поступают в межтрубное пространство верхней части холодильника. Здесь они конденсируются, образуя спирт-сырец. Конденсат стекает в змеевиковую нижнюю часть холодильника, которая служит для охлаждения спирта-сырца. Спирт-сырец проходит через фильтр 10 и направляется в фонарь 9.

Гидравлический предохранитель 6 предотвращает образование в колонне вакуума. Жидкость из пробного холодильника поступает в сборник 3. Колонна изготовляется из меди. При приемке она испытывается под давлением 0,1 МПа.

Техническая характеристика одноколонной брагоперегонной установки

Производительность при переработке бражки крепостью 7,5 об. %, дал/сут	500
Режим работы бражной колонны:	
избыточное давление, МПа	до 0,05
средняя температура, °С	100
Общее число тарелок:	27
в том числе в укрепляющей части	
многоколпачковые	7
ситчатые	2
в истощающей части одноколпачковые	18
Диаметр колонны (внутренний), мм	700
Высота колонны, мм	8240
Масса, кг	9566

Горизонтальный дефлегматор (рис. 22.6) состоит из двух барабанов. Он имеет две трубчатые многоходовые поверхности охлаждения. В одной из них по трубам протекает бражка, в другой – охлаждающая вода. Бражка и вода делают в дефлегматоре несколько ходов, что обеспечивается соответствующим расположением перегородок в распределительных коробках.

Для направления потока пара в межтрубном пространстве дефлегматора установлены поперечные перегородки. Бражные трубы дефлегматоров изготовляют из меди, водяные трубы – из стали. Дефлегматор испытывают гидравлическим давлением 0,4 МПа для трубного пространства и 0,15 МПа для межтрубного пространства. Корпус дефлегматора, коробки, крышки, решетки, фланцы, патрубки и трубы водяной секции изготовляются из углеродной стали; трубы бражной секции – из меди; обечайки, фланцы, днище и решетки – из стали.

Техническая характеристика дефлегматора двухбарабанного горизонтального

Диаметр (внутренний) барабана, м	600
Длина, мм	3465
Общая площадь поверхности теплообмена, м ²	2
Масса, кг	495

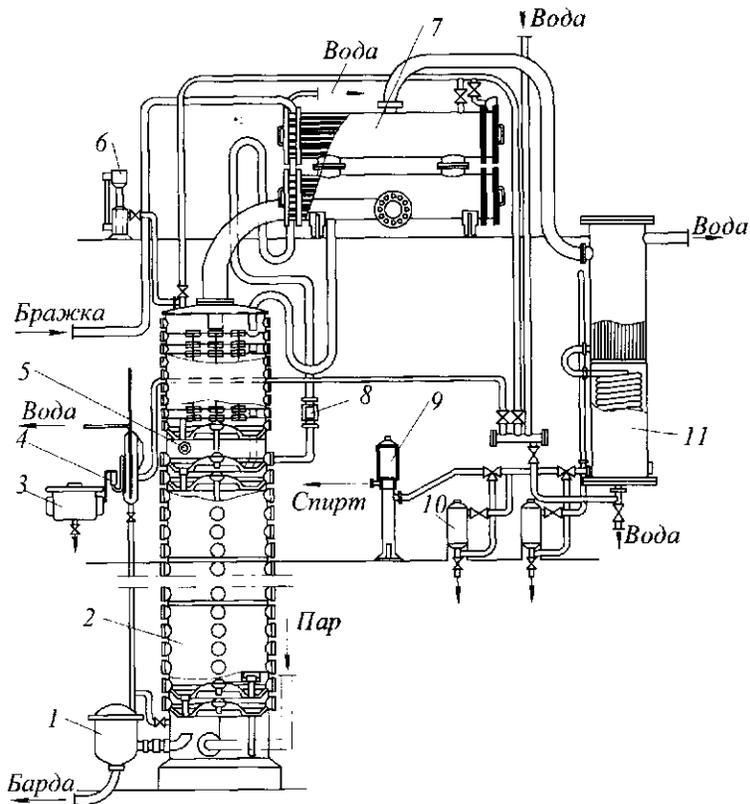


Рис. 22.5 Одноколонный брагоперегонный аппарат

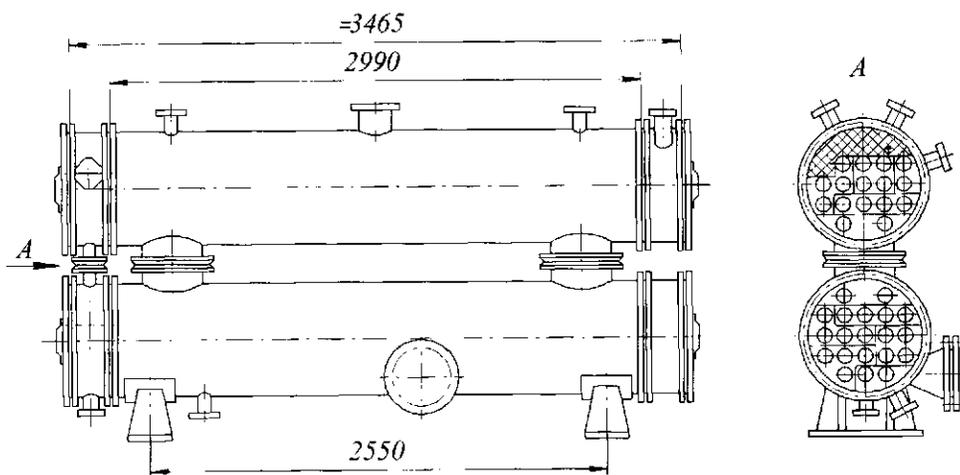


Рис. 22.6. Двухбарабанный горизонтальный дефлегматор

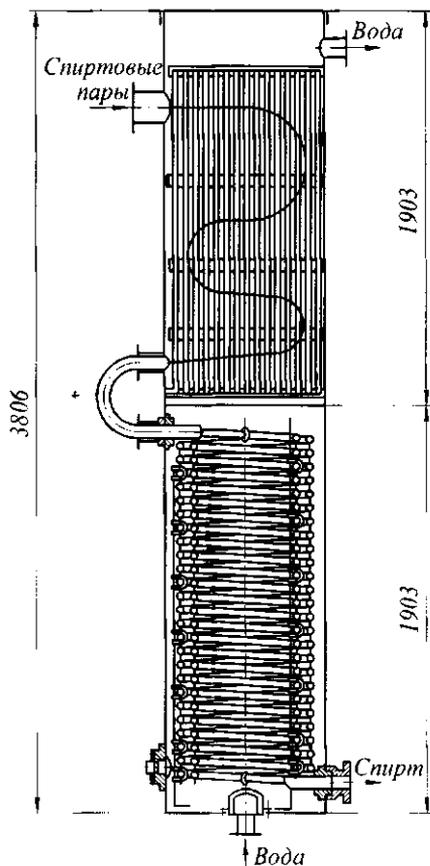


Рис. 22.7 Комбинированный холодильник для спирта-сырца

Комбинированный холодильник (рис. 22.7) для конденсации и охлаждения спирта-сырца в верхней части имеет прямые медные трубы, по которым движется вода, а в нижней части холодильника установлены медные змеевики. Вода поступает сначала в нижнюю часть холодильника и омывает наружную поверхность змеевиков, затем она направляется в трубное пространство верхней части. Трубы змеевиков имеют малое сечение, поэтому скорость конденсата в них и коэффициент теплопередачи значительны.

Техническая характеристика комбинированного холодильника для спирта-сырца

Диаметр (внутренний), мм.....	600
Высота, мм.....	3806
Площадь поверхности охлаждения, м ² :	
трубной части.....	20
змеевиковой части.....	5
Масса, кг.....	1037

Инженерные расчеты. Исходными данными для расчета брагоперегонных аппаратов являются производительность аппарата, содержание спирта в бражке (крепость) и спирта-сырце. Для расчета этих показателей вначале требуется определить число тарелок в аппарате, диаметр и высоту колонн,

диаметр штуцеров для ввода пара, бражки, для отвода паров спирта-сырца и барды.

После выбора типа тарелки определяют предельно допустимую скорость пара или газа v_{np} (м/с) по уравнению

$$v_{np} = 0,05\sqrt{\rho_{ж} / \rho_{г}}$$

где $\rho_{ж}$, $\rho_{г}$ – соответственно плотность жидкости и газа, кг/м³.

Скорость газа (пара) в свободном сечении колонны принимается равной (0,8...0,9) v_{np} .

Минимальное расстояние между тарелками, обеспечивающее необходимый гидравлический затвор, определяется соотношением

$$h_m \geq h_d + h_z + h_o,$$

где h_d – высота столба жидкости в сливном патрубке, необходимая для создания скорости жидкости, м; h_z – высота столба жидкости в сливном патрубке, обеспечивающая гидравлический затвор, м; h_o – расстояние от тарелки до нижнего края сливного патрубка, м.

Высота столба жидкости в сливном патрубке

$$h_0 = (v_c^2 / 2g)(1 + \xi_1 + \xi_2),$$

где v_c – скорость жидкости в сливном патрубке, принимаемая обычно в пределах 0,02...0,06 м/с; ξ_1 – коэффициент сопротивления выхода; ξ_2 – коэффициент, выражающий сопротивление сливного патрубка.

В свою очередь

$$\xi_2 = \lambda l_c / d_c,$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления; l_c – рабочая длина сливного патрубка ($h_0 + h_s$), м; d_c – диаметр сливного патрубка, м.

Высота h_s уравнивает перепад давления между тарелками. Следовательно,

$$\Delta p \leq \rho_n h_s g,$$

где ρ_n – плотность пены в сливном патрубке, приблизительно равная 0,5 $\rho_{ж}$.

Сопротивление ситчатой тарелки Δp (Па) может быть определено по уравнению

$$\Delta p = \Delta p_c + \Delta p_\sigma + \Delta p_{ж},$$

где Δp_c – сопротивление «сухой» тарелки; Δp_σ – перепад давления, необходимый для преодоления сил поверхностного натяжения; $\Delta p_{ж}$ – сопротивление столба жидкости в тарелке.

Величина Δp_σ определяется по величине поверхностного натяжения жидкости

$$\Delta p_\sigma = 4\sigma / d_0,$$

где σ – поверхностное натяжение на границе фаз, Н/м; d_0 – диаметр отверстия в тарелке, м.

Сопротивления Δp_c и $\Delta p_{ж}$ могут быть вычислены по уравнениям

$$\Delta p_c = 1,83\rho v_0^2 / 2; \quad \Delta p_{ж} = 1,3kh + \sqrt[3]{k\Delta h},$$

где v_0 – скорость газового (парового) потока в отверстиях тарелки, м/с; $k = 0,5$ – отношение плотности пены на тарелке к плотности жидкости; h – высота сливного порога, м; Δh – высота слоя небарботируемой жидкости у сливного порога, м;

$$\Delta h = \sqrt{(L / \phi b)^2},$$

где L – массовый расход жидкости, кг/ч; ϕ – коэффициент расхода жидкости через сливную перегородку ($\phi = 6400...10\,000$); b – ширина сливной перегородки, м.

Гидравлическое сопротивление колпачковой тарелки определяется из равенства

$$\Delta p = \Delta p_k + \Delta p_{np} + \Delta p_{ж},$$

где Δp_k – потери давления газового (парового) потока при проходе через колпачок, Па; Δp_{np} – потери давления при проходе газа (пара) через прорези, Па; $\Delta p_{жс}$ – сопротивление столба жидкости на тарелке, Па.

Сопротивление колпачка Δp_k с достаточной точностью можно определять, суммируя потери давления при преодолении местных сопротивлений, обусловленных сужением газовой струи и ее поворотами внутри колпачка. Минимальные гидравлические сопротивления обычно соответствуют равенству скоростей газового потока во всех сечениях колпачка

$$\pi d_n^2 / 4 = \pi d_k h_k = (\pi/4)(d_k^2 - d_n^2),$$

где d_n – диаметр патрубка, м; d_k – диаметр колпачка, м; h_k – высота расположения колпачка над патрубком, м.

Лучшие гидротермические характеристики имеют колпачки, у которых диаметр равен 40...60 мм и площадь всех сечений паровых патрубков составляет 10...15 % площади поперечного сечения колонны.

Сопротивление колпачка может быть вычислено по формуле

$$\Delta p_k = \sum \xi (v^2 \rho_g / 2),$$

где v – скорость газа (пара) в патрубке, м/с; $\sum \xi$ – сумма всех сопротивлений.

Сопротивление прорезей можно найти по уравнению

$$\Delta p_{np} = \xi_{np} (v_{np} \rho_g / 2) + \Delta p_\sigma,$$

где $\xi_{np} = 1,5$ – коэффициент местного сопротивления при проходе газа через прорезь; v_{np} – скорость газа (пара) в прорези, м/с; Δp_σ – сопротивление, обусловленное силами поверхностного натяжения, Па.

В данном случае

$$\Delta p_\sigma = 4\sigma / d_z,$$

где d_z – гидравлический диаметр открытого отверстия прорези.

Сопротивление столба жидкости на колпачковой тарелке определяется по тому же уравнению, что и на ситчатой.

Мерой оценки эффективности реальной (действительной) тарелки является ее коэффициент полезного действия (КПД). В практике определяют КПД не отдельной тарелки, а средний КПД тарелок всей колонны (или значительного ее участка), который равен отношению числа теоретических тарелок n , необходимых для осуществления заданного разделения смеси, к числу реальных тарелок N , необходимых для той же цели

$$\eta = n / N.$$

КПД тарелок зависит от их конструкции, диаметра колонны, межтарелочного расстояния, скорости пара, нагрузки колонны, физических свойств разделяемой смеси и др. ($\eta = 0,4 \dots 0,6$).



Содли заметил гелий только потому,
что он его искал.
БРОНШТЕЙН МАТВЕЙ ПЕТРОВИЧ (1906-1938),
физик

22.4 РЕКТИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ

В спирте-сырце содержится более 40 различных летучих веществ. По химическому характеру они весьма разнообразны, но с точки зрения ректификации могут быть разделены на четыре основные группы: *головные, хвостовые, промежуточные и концевые*. Это разделение произведено в зависимости от летучести примесей в условиях работы ректификационных установок. В непрерывнодействующих установках примеси отбирают непрерывно с тех тарелок колонны, где они накапливаются в наибольшем количестве.

Выделение примесей из спирта-сырца осуществляется в ректификационных установках (непрерывных и периодических).

В непрерывнодействующих ректификационных аппаратах на тарелках колонн устанавливается определенная крепость водно-спиртового раствора, повышающаяся от нижних тарелок к верхним. Головные примеси проходят через всю колонну, не задерживаясь. Промежуточные и хвостовые примеси задерживаются в зоне тех тарелок, на которых они будут иметь коэффициент ректификации, близкий к единице. Отсюда они и отводятся.

В ректификационных установках непрерывного действия из спирта-сырца получают спирт-ректификат, непрерывно отбирая побочные продукты – эфиральдегидную фракцию, сивушное масло, промежуточные продукты. Отходом ректификации является лютерная вода.

На спиртовых заводах страны широкое распространение получили установки, в которых в одной колонне из спирта-сырца сначала выделяются более летучие компоненты. Затем спирт-сырец, освобожденный от основной массы головных продуктов, поступает во вторую колонну, где происходит выделение спирта-ректификата, отбор сивушного масла, и отходит лютерная вода. В этой же колонне отбирается остаток головной фракции. Таким образом, разделение сложной смеси, какой является спирт-сырец, производится в установке, состоящей из двух колонн. Первая из них называется элюционной, вторая – ректификационной.

В **двухколонной ректификационной установке** (рис. 22.8) спирт-сырец из напорного резервуара 5 через регулятор 6 поступает в подогреватель 31, здесь спирт-сырец подогревается за счет охлаждения лютерной воды, отходящей из ректификационной колонны 21. Подогретый спирт-сырец поступает в смеситель 3, где смешивается с лютерной водой, поступающей из напорного резервуара 16, закачиваемой насосами 33 из емкости 32. Спирт-сырец разбавляется лютерной водой для повышения коэффициента ректификации примесей. Разбавленный подогретый спирт-сырец поступает в элюционную колонну 4, которая состоит из двух частей: нижней, расположенной ниже входа спирта-сырца, и верхней. Элюционная колонна имеет горизонтальный трубчатый дефлегматор 7 с водяным охлаждением и вертикальный трубчатый конденсатор 8 со смотровым фонарем 9. В этой колонне выделяются головные продукты, которые поступают в фонарь 28, а отсюда в сборник. Спирт-сырец (элюрат), освобожденный от большей части головных примесей, отводится снизу элюционной колонны в ректификационную колонну 21. Эта колонна снабжена двухбарабан-

ным дефлегматором 14 и конденсатором 12 со смотровым фонарем 11. В колонне 21 спирт-ректификат отбирается с одной из верхних тарелок (4-й или 5-й сверху) в жидком виде и направляется в холодильник 18 для спирта-ректификата, а оттуда в фонарь 17. Часть головных продуктов, оставшаяся в эпорате, выделяется в ректификационной колонне и отводится из конденсатора 12 в эпорационную колонну. Этот продукт называется непастеризованным, или нестандартным, спиртом.

Пары сивушного масла через сепаратор 22 поступают в верхнюю секцию холодильника 27, где они конденсируются. Конденсат поступает в маслоотделитель 25 через смеситель 24, куда добавляется вода, необходимая для выделения масла. Выделившееся масло направляется в сборник, а водно-спиртовой раствор возвращается в колонну через подогреватель 30. В ректификационной колонне отбираются также промежуточные продукты (крепкий сивушный спирт), которые направляются через нижнюю секцию холодильника 27 в фонарь 26. Греющий пар подается в нижнюю часть ректификационной колонны. Подача его контролируется паровым манометрическим регулятором 19.

Эпорационная колонна обогревается паром, поступающим из кубовой части ректификационной колонны. Неконденсирующиеся газы из конденсаторов через сепаратор 10 направляются в конденсатор 13, установленный в баке с холодной водой. В конденсаторе собирается спиртовой пар, унесенный газами, а газы удаляются в атмосферу. Для предохранения аппаратуры от сжатия установлены вакуум-прерыватели 1, 15, 20. Количество воды и спирта-сырца контролируется ротаметрами 2. Потери спирта с лютерной водой контролируются при помощи пробного холодильника 23, в котором водно-спиртовые пары конденсируются и собираются в сборнике 29.

Охлаждающая вода поступает из бака 13 и распределяется по холодильникам, конденсаторам и дефлегматорам.

Кроме двухколонных ректификационных установок существуют также установки с большим числом колонн. В них устанавливают дополнительные колонны для очистки спирта-ректификата от головной и хвостовой фракций.

В трехколонной ректификационной установке (рис. 22.9) наряду с эпорационной и ректификационной колоннами имеется также сивушная колонна. Спирт-сырец насосом 26 подается в напорный резервуар 1; отсюда через регулятор напора 2 он поступает в теплообменник 25, где нагревается теплом лютерной воды, отходящей из ректификационной колонны 21. Нагретый спирт-сырец поступает в эпорационную колонну 24, обогреваемую паром. В верхнюю часть эпорационной колонны предусмотрен ввод лютерной воды, которая из сборника насосом подается в резервуар 3 и регулятор напора 4.

Эпорационная колонна имеет дефлегматор 5 и конденсатор 6. Головная фракция отбирается в конденсаторе 6 и направляется в холодильник 22, откуда поступает в фонарь 23.

Из нижней части эпорационной колонны эпорат попадает в ректификационную колонну 21. Эта колонна снабжена двухбарабанным горизонтальным дефлегматором 7 и конденсатором 8. Спирт-ректификат отбирается с нескольких верхних тарелок этой колонны в жидком виде, охлаждается в холодильнике 20 и выводится через фонарь 19. Непастеризованный спирт, как и в двухколонной установке, из конденсатора ректификационной колонны поступает в эпорационную колонну. Таким образом, в этой части установка подобна двухколонной установке.

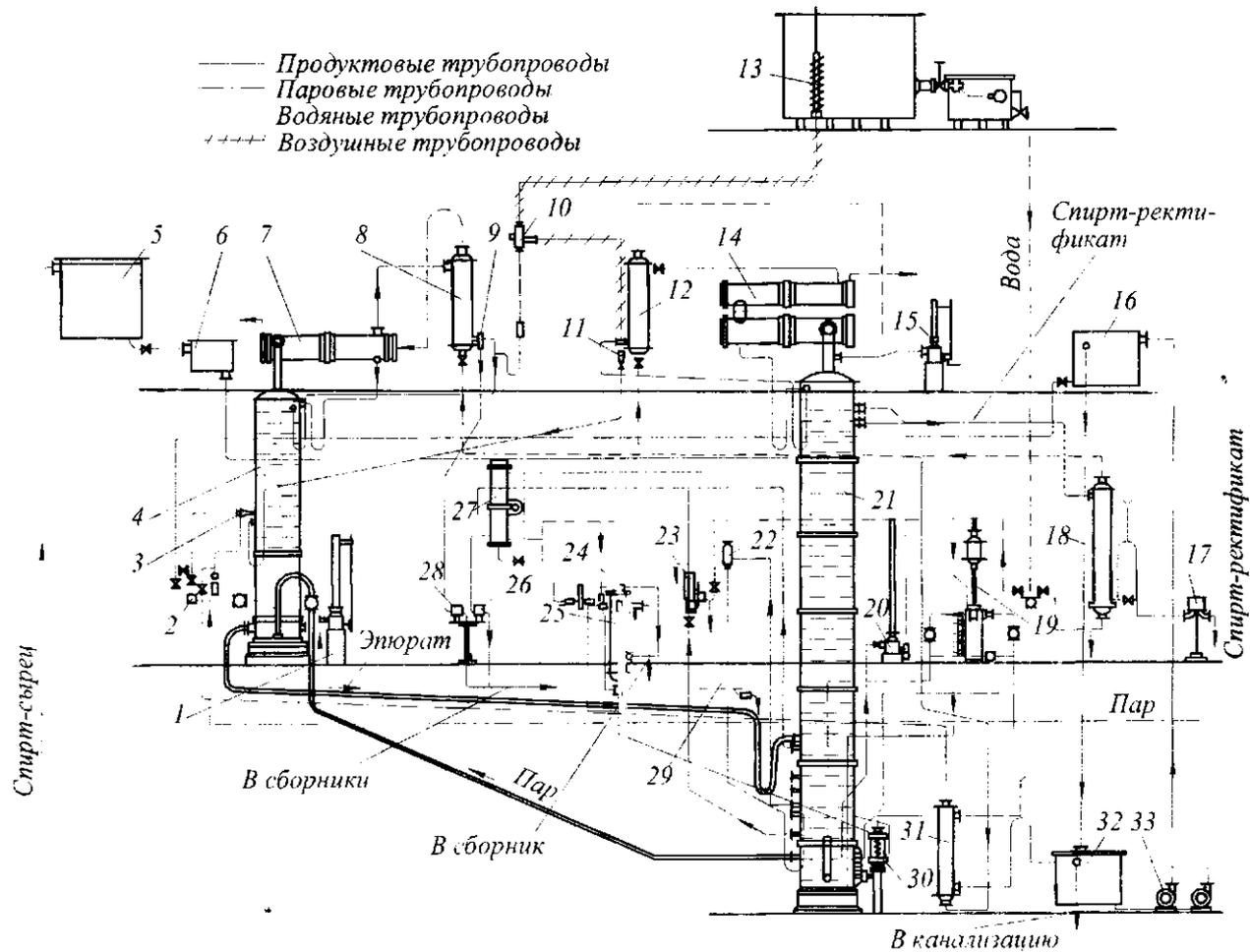


Рис. 22.8 Принципиальная схема двухколонной ректификационной установки

Сивушная жидкость, отбираемая в ректификационной колонне, направляется в сивушную колонну 16, которая имеет дефлегматор 9 и конденсатор 10. Колонна 16 предназначена для удаления из ректификационной колонны сивушного масла, что создает благоприятные условия для ректификации этилового спирта, а также для выделения сивушного масла и промежуточных продуктов в более концентрированном виде.

Сивушная жидкость, отбираемая в колонне 16, поступает через смотровой фонарь 15 в сивухоотделители 11 и в декантатор сивушного масла 12. Отсюда сивушное масло поступает в сборник 13. Подсивушная жидкость (промывная вода) подогревается в теплообменнике 14 теплом лютерной воды и поступает в сивушную колонну. Холодильник 17 и фонарь 18 предназначены для отбора концевой фракции (сивушного спирта).

Кроме трехколонных ректификационных установок непрерывного действия применяются также установки, в которых имеется четвертая колонна – колонна окончательной очистки. В эту колонну направляется спирт-ректификат из ректификационной колонны. В колонне окончательной очистки выделяются остатки примесей спирта, что обеспечивает повышение его качества. Окончательная колонна всегда обогревается паром, пропущенным через змеевики.

В табл. 22.1 представлены расходные характеристики ректификационных установок.

Таблица 22.1 Расходные характеристики ректификационных установок

Колонна	Расход, кг на 1 дал безводного спирта			
	пара		воды	
	для производства спирта	ректификата крепостью, об. %		
Эпюрационная	95,52	96...96,2	95,5	96,5
Ректификационная	4...5	4...5	—	—
Сивушная	16...20	24...28	—	—
Окончательной очистки	4...6	4...7	—	—
Всего	3...5	2...3	—	—
четырёхколонный аппарат	24...36	34...43	300...360	340...430
трехколонный аппарат	27...31	32...40	270...310	320...340
двухколонный аппарат	20...25	28...33	175...180	220...250

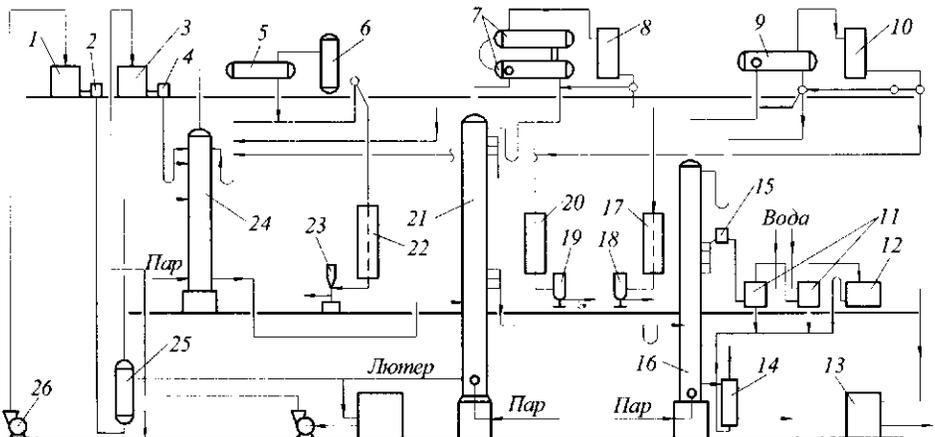


Рис. 22.9 Принципиальная схема трехколонной ректификационной установки

Кубовые ректификационные установки периодического действия в настоящее время встречаются только на заводах малой производительности ликероводочной и спиртовой промышленности. Кубовая ректификационная установка (рис. 22.10) работает по методу непрерывных наполнений, который является наиболее прогрессивным для такого оборудования. Применение этого метода приближает кубовую установку по способу эксплуатации к непрерывнодействующим установкам.

Основными элементами кубовой установки являются куб 12, ректификационная колонна 10, дефлегматор 3 и холодильник 4. При работе установки периодического действия спирт-сырец из напорного бака 15 поступает в куб 12. Для лучшего выделения головных продуктов в верхней части куба устанавливают распределительную тарелку с зубцами или конический распылитель. В начале загрузки спирта-сырца в куб он обогревается паром, поступающим через барботер. По мере наполнения куба включают подогревательные элементы-кипятильники, конденсат из которых отводят конденсационным горшком 11, а затем отбирают альдегиды и эфиры. После этого приступают к отбору спирта I сорта, который пропускают через смотровой фонарь 5. В процессе перегонки спирт химически очищают, для чего на верхнюю тарелку колонны из бачка 1 подают водно-спиртовой раствор каустической соды. Сивушные масла скапливаются в определенной зоне колонны. Их выводят во время отбора последней трети спирта I сорта в виде паров сивушного спирта. Эти пары

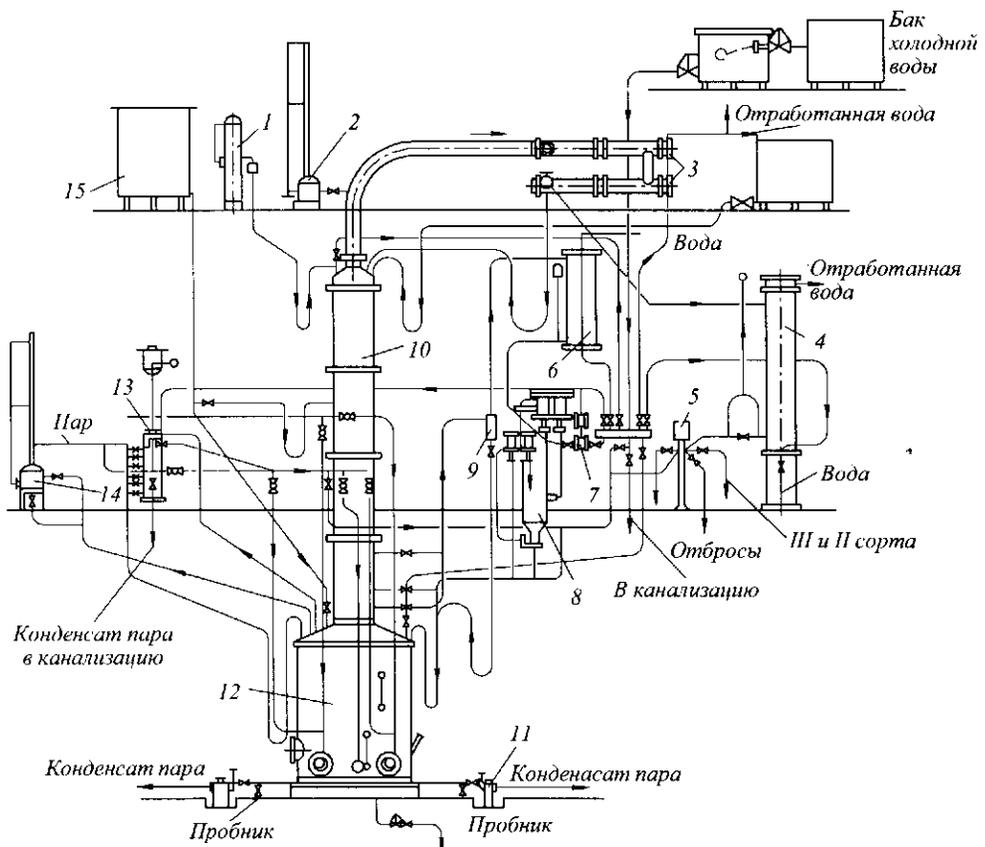


Рис. 22.10 Принципиальная схема кубовой ректификационной установки

через сепаратор 9 поступают в холодильник 6; затем после смешивания конденсата с водой в смесителе 7 сивушная жидкость поступает в маслоотделитель 8.

Водно-спиртовой раствор из маслоотделителя возвращается в куб. После отбора I сорта отбирают концевые сорта, содержащие промежуточные и хвостовые продукты. Когда жидкость в кубе не будет содержать спирта, воду спускают и приступают к новому циклу работы.

В дальнейшем все операции повторяют в том же порядке. Подача пара в куб регулируется регулятором 13. Аппарат предохраняется от смятия вакуум-прерывателями 2 и 14.

Инженерные расчеты. Количество теплоты Q_n (кДж), затрачиваемое на подогрев 100 кг бражки до температуры кипения в бражной колонне

$$Q_n = (t_{кип} - t_{бр}) c_{бр} \cdot 100.$$

где $t_{кип}$ – температура кипения водно-спиртовой смеси, имеющей массовую долю, равную массовой доле этанола в бражке, °С; $t_{бр}$ – температура бражки после подогревания, поступающей в бражную колонну, °С; $c_{бр}$ – удельная теплоемкость бражки, кДж/(кг·К),

$$C_{бр} = 4,266 - 0,040B_{бр},$$

где $B_{бр}$ – массовая доля сухих веществ в бражке, %

Зная Q_n , определяем массовую долю этанола (крепость) в кипящей бражке $A'_{бр}$, %, на питательной тарелке.

Массовый расход алкоголя $G_{ал}$ (кг/ч), который поступает в аппарат с бражкой,

$$G_{ал} = П \rho_{сн} / 24,$$

где $П$ – суточная объемная производительность спиртовой линии, дал/сут; $\rho_{сн}$ – плотность этанола, кг/м³ ($\rho_{сн} = 789$ кг/м³).

Массовый расход бражки $M_{бр}$ (кг/ч), поступающей на перегонку

$$M_{бр} = 100G_{ал} / X_{бр},$$

где $X_{бр}$ – массовая доля спирта (абсолютного алкоголя) в бражке, %.

Массовый расход водно-спиртового пара $G'_{сн}$ (кг/ч), отходящего из бражной колонны, рассчитывается с учетом массовой доли водно-спиртового пара $A_{бр}$, поступающего на питательную тарелку колонны

$$G'_{сн} = 100 \cdot G_{ал} / y_n,$$

где y_n – массовая доля алкоголя в парах, уходящих из бражной колонны, %.

Бражная колонна работает с коэффициентом избытка пара β , тогда весь массовый расход пара G'_o (кг/ч), поступающего из бражной колонны

$$G'_o = \beta \cdot G'_{сн}.$$

Действительная массовая доля этанола в парах y'_o , %,

$$y'_o = G'_{сн} \cdot y_n / G'_o.$$

На основе определения массы продуктов, поступающих и удаляемых из бражной колонны, составляется уравнение материального баланса

$$M'_{\text{бр}} + P = G'_\delta + P + B,$$

где P – масса греющего пара и его конденсата, кг; B – масса барды без конденсата (дистиллята) водно-спиртовых паров, кг.

Уравнение теплового баланса бражной колонны:

$$M_{\text{бр}} c_{\text{бр}} t_{\text{бр}} + P i_1 = G'_\delta i_\delta + B c_\delta t_\delta + P t_k c_k + \Phi_n,$$

где i_1 – удельная энтальпия греющего пара, кДж/кг, берется из таблицы для сухого насыщенного пара по давлению греющего пара; i_δ – удельная энтальпия водно-спиртовых паров, кДж/кг; c_δ – удельная теплоемкость барды, кДж/(кг·К).

$$c_\delta = 4,19 - 0,0158 B_\delta,$$

где B_δ – массовая доля сухих веществ в барде, %; t_δ – температура барды, °С; t_k – температура конденсата, °С; c_k – удельная теплоемкость конденсата, кДж/(кг·°С); Φ_n – расход теплоты бражной колонной в окружающую среду, кДж/ч (для изолированных колонн берутся из условия 4 % от теплосодержания греющего пара, поступающего в бражную колонну, т.е. $\Phi_n = 0,04 P i_1$).

Тогда из уравнения удельной теплоемкости барды определяется расход греющего пара P (кг/ч) в бражной колонне аппарата

$$P = (G'_\delta \cdot i_\delta + B \cdot c_\delta t_\delta - M_{\text{бр}} c_{\text{бр}} \cdot t_{\text{бр}}) / (0,96 i_1 - t_k c_k).$$

По числу тарелок n бражной колонны находится общая высота аппарата H , м.

Скорость пара ω_n (м/с) в колпачковых тарелках вычисляется по формуле

$$\omega_n = [0,305 h / (60 + 0,05 h)] - 0,012 Z,$$

где h – расстояние между тарелками, мм; Z – глубина барботажного слоя, мм (расстояние от уровня жидкости на тарелке до края колпачка).

Высота колонны H (м) определяется

$$H = (n - 1)h + h_1 + h_2,$$

где h_1 и h_2 – соответственно расстояние от нижней тарелки до основания колонны и расстояние от верхней тарелки до верхнего днища колонны, м ($h_1 = 0,7$ м; $h_2 = 0,3$ м); n – число тарелок, шт.

Площадь поперечного сечения колонны F (м²) равна

$$F = P_2 i_1 / \omega_n \rho_n i_2 3600,$$

где i_1 и i_2 – соответственно энтальпия греющего пара при давлении, с которым он поступает в бражную колонну, и рабочем давлении p_2 пара непосредственно в колонне, кДж/кг ($p_2 = 0,115$ МПа); ρ_n – плотность водяного пара при рабочем давлении p_2 , кг/м³ ($\rho_n = 0,661$ кг/м³).

Диаметр колонны d_k (м) рассчитывается по формуле

$$d_k = \sqrt{4F/\pi}$$

Расчет эспурационной и ректификационных колонн брагоректификационного аппарата косвенного действия осуществляется по аналогичной методике исходя из балансов тех продуктов, которые поступают в эти колонны.



Истинное лекарство от всех страданий это –
увеличение деятельности ума, души,
что достигается увеличением образования.
ГЮЙО ЖАН (1854–1888),
французский философ

22.5 БРАГОРЕКТИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Брагоректификационные установки предназначены для получения спирта-ректификата непосредственно из бражки. Брагоректификационные установки непрерывного действия являются основным типом оборудования для выделения и очистки спирта на предприятиях спиртовой промышленности. Бражка в этих установках разделяется на спирт-ректификат, эфираальдегидную фракцию, сивушное масло и барду. В них же отбираются промежуточные продукты (сивушные спирты).

Брагоректификационные установки бывают *прямого, полупрямого и косвенного действия.*

В *установках прямого действия* (рис. 22.11) эспурации (выделению головных примесей) подвергается бражка. Бражка представляет собой слабоконцентрированный раствор спирта и примесей. При низких концентрациях спирта коэффициенты ректификации примесей имеют большие значения; следовательно, их удаление будет более интенсивным. Установка состоит из эспурационной колонны 3 с концентрационной частью 4 и ректификационной колонны 9, в состав которых входят дефлегматоры 5 и 7, а также конденсаторы 6 и 8. После выделения основной массы головных примесей и значительной части промежуточных примесей в эспурационной колонне бражка поступает в бражную колонну 1. Здесь из бражки выделяются этиловый спирт, хвостовые примеси и остатки головных и промежуточных приме-

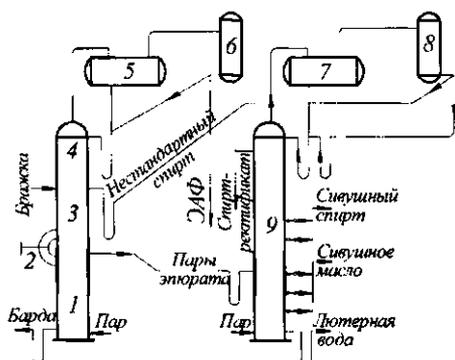


Рис. 22.11 Принципиальная схема
брагоректификационной установки
прямого действия

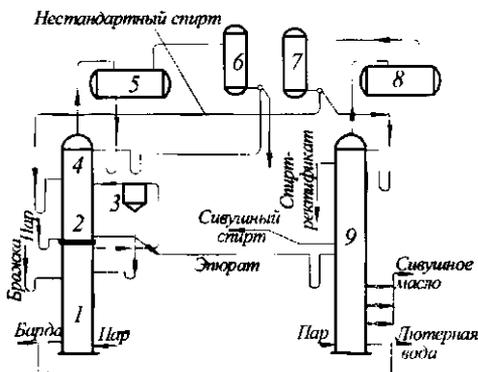


Рис. 22.12 Принципиальная схема брагоректификационной
установки полупрямого действия

сей. Основную массу паров из бражной колонны 1 направляют в ректификационную колонну 9. Некоторая часть паров из бражной колонны 1 поступает в эспирационную колонну 3 для ее обогривания. Для этой цели служит труба 2, снабженная дроссельным клапаном. Количество пара, поступающего в эспирационную колонну, регулируется дроссельным клапаном. Хвостовые и промежуточные продукты, а также остатки головных продуктов отбирают в ректификационной колонне. Ректификат отводят в жидком виде с одной из верхних тарелок ректификационной колонны.

В установке полупрямого действия (рис. 22.12) бражка, не подвергаясь предварительной эспирации, поступает непосредственно в бражную колонну 1. В этой колонне выделяются спирт и все примеси. Пары направляются через ловушку-сепаратор 3 в эспирационную колонну 2 с концентрационной частью 4, дефлегматором 5 и конденсатором 6, где из них выделяются головные примеси.

Очищенный от головных примесей спирт, содержащий хвостовые и промежуточные примеси (эспират), в жидком виде поступает в ректификационную колонну 9, снабженную дефлегматором 8 и конденсатором 7. Отбор спирта-ректификата, сивушного масла и промежуточных продуктов производится так же, как и в аппаратах прямого действия.

В установках косвенного действия (рис. 22.13) водно-спиртовые пары, поднимающиеся из бражной колонны 1, полностью концентрируются в дефлегматоре 2 и конденсаторе 3, образуя бражную дистиллят, который поступает на эспирацию в эспирационную колонну 4 с дефлегматором 5 и конденсатором 6. Эспират направляется в ректификационную колонну 9, снабженную дефлегматором 8 и конденсатором 7, где выделяются промежуточные продукты, сивушное масло и спирт-ректификат. Данная установка принята как типовая из-за высоких эксплуатационных показателей.

В трехколонной брагоректификационной установке косвенного действия (рис. 22.14) бражка насосом 37 подается в подогреватель (дефлегматор) 4.

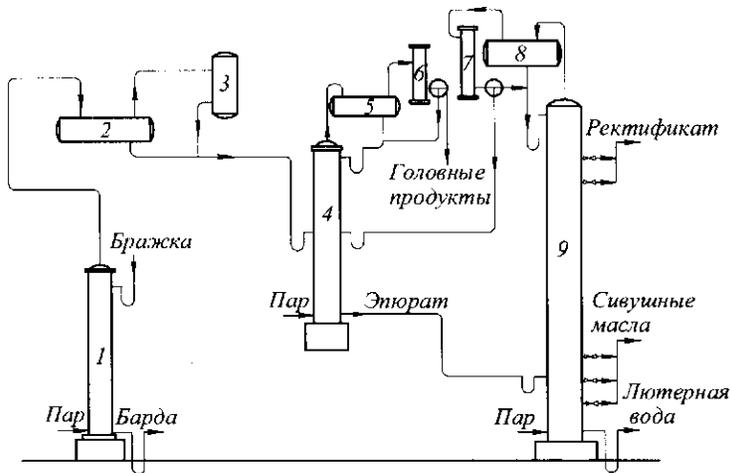


Рис. 22.13 Принципиальная схема
брагоректификационной установки косвенного действия

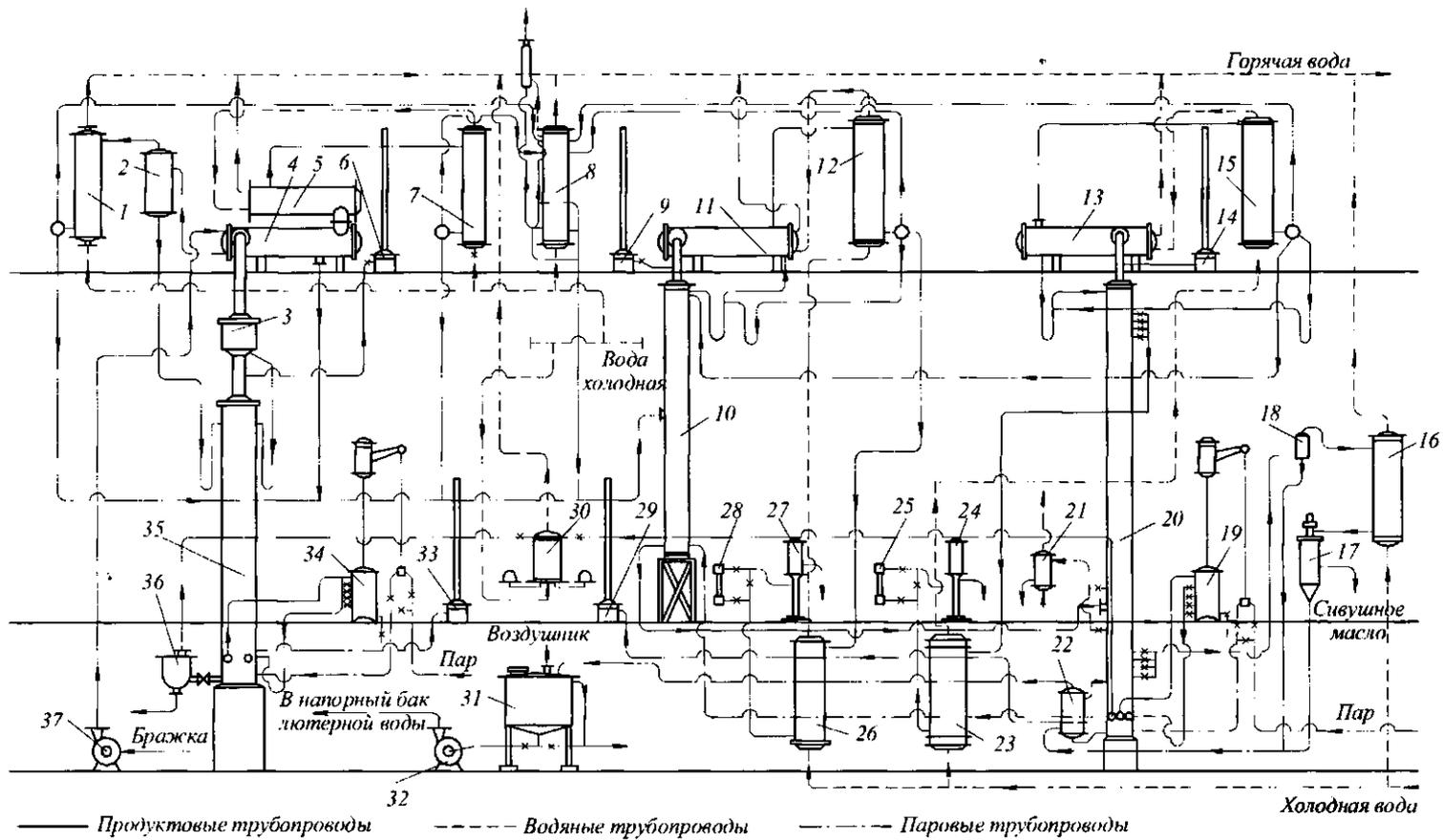


Рис. 22.14 Принципиальная схема трехколонной брагоректификационной установки косвенного действия

Подогревание бражки происходит за счет конденсации паров, поступающих из бражной колонны 35. Пары проходят при этом через ловушку 3, где отделяются увлеченные жидкие частицы.

**Техническая характеристика брагоректификационных установок
косвенного действия**

Производительность безводного спирта в сутки, дал	1000	2000	3000	6000
Бражная колонна:				
диаметр, мм	1000	1400	1500	2000
число тарелок	23	23	25	24
Площадь поверхности бражного подогревателя, м ²	48	81	114	160
В том числе:				
бражной секции	33	66	99	120
водяной секции	15	15	15	40
Эпюрационная колонна:				
диаметр, мм	700	1100	1200	2000
число тарелок	39	39	37	35
В том числе:				
в отгонной части	20	20	25	19
в концентрационной части	19	19	12	16
Площадь поверхности дефлегматора, м ²	15	35	50	70
Ректификационная колонна:				
диаметр, мм	800	1200	1600	2000
число тарелок	70	70	70	70
В том числе:				
в отгонной части	16	16	16	16
в укрепляющей части	54	54	54	54
Площадь поверхности дефлегматора, м ²	50	85	100	145
Сивушная колонна:				
диаметр, мм	—	—	700	900
число тарелок	—	—	57	57
В том числе:				
в отгонной части	—	—	17	17
в концентрационной части	—	—	40	40
Площадь поверхности дефлегматора, м ²	—	—	20	20,

Подогретая бражка поступает в сепаратор 2, где из нее выделяется диоксид углерода. Выделившийся в сепараторе газ поступает в конденсатор 1, где конденсируются увлеченные газом пары спирта и примесей, а затем направляется в спиртоловушку 8.

Бражка поступает в бражную колонну 35 с регулятором 36 для выпуска барды. Из конденсаторов 1, 5, 7, подогревателя бражки 4 и спиртоловушки 8 конденсат водно-спиртовых паров направляется в эпюрационную колонну 10, которая имеет дефлегматор 11 и конденсатор 12.

Головные продукты из конденсатора 12 поступают в холодильник 26, а далее через ротаметр 28 – в фонарь 27. Освобожденный от основной части головных примесей водно-спиртовой раствор (эпюрат) направляется в ректификационную колонну 20. Эта колонна снабжена дефлегматором 13 и конденсатором 15, из которого часть конденсата (нестандартный или непастеризованный спирт) отводится в эпюрационную колонну.

Количество его составляет около 3 % от введенного в колонну безводного спирта. Другая часть конденсата присоединяется к флегме, поступающей из дефлегматора 13 в ректификационную колонну 20.

Спирт-ректификат в жидком виде с 3, 4, 5, 6 и 7-й тарелок (считая сверху) ректификационной колонны поступает в холодильник 23, откуда через ротаметр 25 направляется в фонарь 24. Сивушное масло поступает в виде паров через сепаратор 18 в конденсатор 16. Конденсат направляется в маслоотделитель 17. Выделенное в нем сивушное масло направляется в хранилище, а водно-спиртовой раствор из этого маслоотделителя возвращается в ректификационную колонну через подогреватель 22. Греющей средой в этом подогревателе служит лютерная вода, отводимая из ректификационной колонны в сборник 31 насосом 32. В ректификационной колонне также отбираются промежуточные продукты (сивушный спирт) и направляются в холодильник 21.

Для предохранения от смятия колошны снабжены вакуум-прерывателями 6, 9, 14, 29, 33. Пробный холодильник 30 предназначен для конденсации паров, выделяемых бардой и лютерной водой. В конденсате этих паров также содержится спирт. Подача греющего пара в бражную и ректификационную колонну регулируется паровыми регуляторами 19 и 34. В эспюрационную колонну пар поступает из выварной части ректификационной колонны.

Брагоректификационная установка с эспюрацией бражки (рис. 22.15) предназначена для получения ректификационного спирта как высшей очистки, так и спирта «Экстра» без снижения паспортной производительности. Особенность технологической схемы состоит в эспюрации бражки, что позволяет использовать эспюрированные водно-спиртовые пары брагоэспюрационной колонны для обогрева эспюрационной колонны и получить экономию в расходе пара от 8...10 до 14...15 кг/дал, в относительно высоком удельном расходе пара на эспюрацию бражного дистиллята, получаемом за счет ввода в эспюрационную колонну эспюрированных водно-спиртовых паров и способствующем эффективной очистке спирта от головных и промежуточных примесей. Дополнительная очистка спирта от эфирометанольной фракции и промежуточных примесей осуществляется в ректификационной колонне за счет развитой зоны пастеризации и наличия в колонне рециркуляционных контуров для перемещения примесей из зон их накопления в зоны концентрирования.

Брагоректификационная установка состоит из трех колонн: брагоэспюрационной 1, эспюрационной 9 и ректификационной 12. Колонны установки снабжены соответствующей теплообменной аппаратурой и другим оборудованием. Выварные части брагоэспюрационной и эспюрационной колонн взаимосвязаны через пеноловушку 2 трубопроводом эспюрированных водно-спиртовых паров. Брагоэспюрационная колонна 1 предназначена для выделения основной части головных и промежуточных примесей этилового спирта при эспюрации бражки, отгонки спирта из бражки и разделения парового потока, движущегося вверх по колошме, на водно-спиртовой погон с выделенными примесями и поступающими в эспюрационную колонну в виде бражного дистиллята и на эспюрированные водно-спиртовые пары, направляемые в выварную камеру эспюрационной колонны для обогрева последней. Назначение эспюрационной колонны 9 состоит в очистке спирта от эфиров, альдегидов, части метанола и других головных и промежуточных примесей.

В ректификационной колонне 12 производится укрепление спирта, его очистка от головных и промежуточных примесей, концентрирование и вывод высших спиртов.

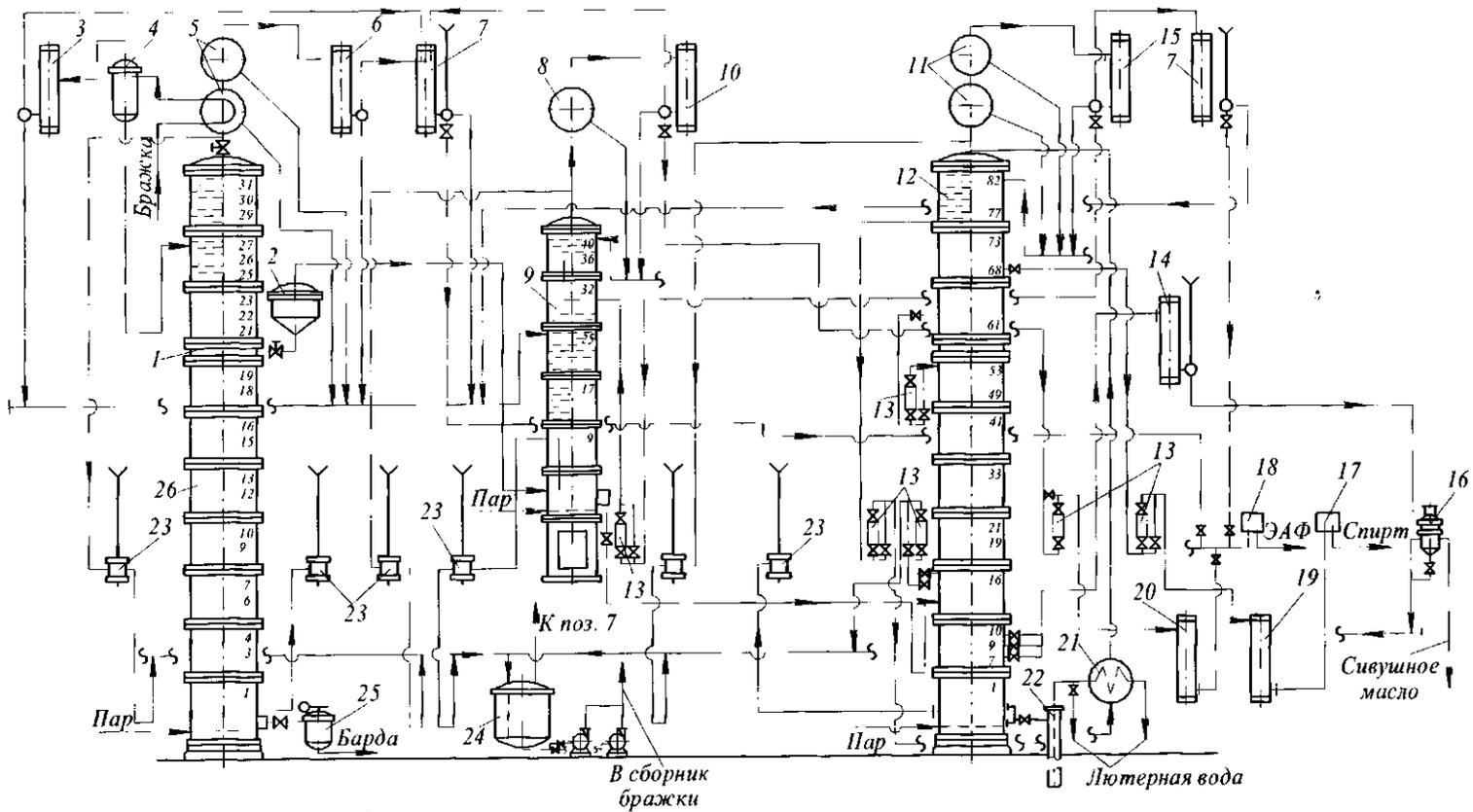


Рис. 22.15 Принципиальная схема брагоректификационной установки с эстаорацией бражки

Бражка, нагретая в подогревателе 5 теплом водно-спиртовых паров до 80...85 °С, направляется в сепаратор 4, освобождается в нем от диоксида углерода и поступает на 27 тарелку брагоэпиюрационной колонны (БЭК) 1. На восьми верхних тарелках БЭК бражка подвергается эпиюрации. Выделенные при эпиюрации бражки водно-спиртовые пары с примесями последовательно проходят через бражные и водяную секции подогревателя 5 и конденсаторы 6 и 7, где они конденсируются и совместно с дистиллятом конденсатора 3 через сборный коллектор бражного дистиллята поступают на 25 тарелку эпиюрационной колонны (ЭК) 9.

Освобожденная при эпиюрации от основной части примесей спирта бражка переходит в выварную часть БЭК 26, где из нее полностью отгоняется спирт. Эпиюрированные водно-спиртовые пары с верхней тарелки выварной части БЭК через пеноловушку 2 поступают в выварную камеру ЭК. Количество спирта, отбираемого при эпиюрации бражки, составляет 40...50 % от общего количества спирта в исходной бражке и регулируется задвижкой перед подогревателем бражки 5. На трубопроводе эпиюрированных водно-спиртовых паров задвижка при эксплуатации установки открывается полностью. Отвод барды из колонны 26 осуществляется через бардорегулятор 25.

Эпиюрационная колонна 9 обогревается эпиюрированными водно-спиртовыми парами колонны 26. Из колонны 9 водно-спиртовые пары, содержащие головные примеси, поступают в дефлегматор 8 и конденсатор 10. Конденсат из дефлегматора 8 и частично из конденсатора 10 в виде флегмы возвращается на верхнюю тарелку колонны 9.

Отбор этилового спирта (головная фракция) производится из конденсатора 10. Спирт в количестве 2...3 % через ротаметр 13 поступает в холодильник этилового спирта (головная фракция) 20, в спиртовой фонарь 18, контрольный снаряд и в спиртоприемное отделение.

Эпиюрат из выварной камеры колонны 9 поступает на 16 тарелку (тарелку питания) ректификационной колонны (РК) 12, снабженной дефлегматором 11, конденсатором 15 и вакуум-прерывателем 23.

Пары сивушного масла из колонны 12 отбираются с 5, 7, 9 и 10-й тарелок из паровой фазы и направляются в конденсатор 14, откуда конденсат сивушного масла через смеситель поступает в сивухопромыватель 16.

Отбор непастеризованного спирта производится из конденсатора 15, откуда конденсат в количестве 2...3 % через ротаметр 13 направляется на одну из верхних тарелок ЭК 9. Лютерная вода из колонны отводится с помощью затвора 22.

Отбор крепкого сивушного спирта производится с 17, 19, 20, 25 или 27-й тарелок РК 12 в количестве 1...1,5 % с направлением флегмы в сборник промывных вод 24 и последующей ее переработкой на установке.

Ректификационный спирт отбирается одним продуктом с 15-й, считая сверху, тарелки РК 12, откуда затем направляется в холодильник спирта 19, в спиртовой фонарь 17, контрольные снаряды и в спиртоприемное отделение.

Для повышения качества спирта в РК 12 предусмотрена внутриколонная рециркуляция флегмы с перемещением ее из зон накопления примесей в зоны их концентрирования. С этой целью флегма, относительно обогащенная головными примесями и метанолом, с 6-й, считая сверху, тарелки в количестве 20...30 % через ротаметр 13 поступает в испаритель 21, где за счет тепла лютерной воды испаряется и в виде парового потока направляется в дефлегматор 11. Конденсат, относительно обогащенный промежуточными примесями, отбирается с 22-й, считая сверху, тарелки,

откуда в количестве 5...7 % через ротаметр 13 направляется в среднюю часть ректификационной колонны 12.

В брагоректификационной установке с двукратным использованием теплоты (рис. 22.16) бражная колонна 14 работает под вакуумом, а эпиорационная 13 и ректификационная 12 колонны как и в обычных условиях.

В технологическом отношении выбор бражной колонны для работы под вакуумом объясняется необходимостью понизить температуру перегонки бражек до 65...67 °С, при которой (по сравнению с перегонкой в обычных установках) значительно (в 2...4 раза) снижается новообразование таких нежелательных примесей, как уксусно-этиловый эфир, уксусный альдегид и др. Образование этих примесей в значительных количествах в обычных установках объясняется тем, что именно в бражной и частично в эпиорационной колоннах наряду с основными процессами разделения смеси ректификацией происходят сопутствующие им химические и биохимические процессы. Например, образованию уксусно-этилового эфира по реакции этерификации способствуют повышенная температура перегонки, наличие в бражке свободных кислот, спирта и присутствие оксидов меди (из которой изготовлена колонна) как катализатора. В этих же условиях происходит и частичный распад аминокислот бражек.

Все это в обычных установках не только усложняет процесс очистки бражного дистиллята в последующих колоннах, но и снижает выход спирта. В связи с этим проведение перегонки под вакуумом (в более мягком режиме) позволяет получить бражный дистиллят с меньшим содержанием примесей и тем самым облегчить последующую его очистку при меньшем расходе пара и, наконец, получить спирт бо-

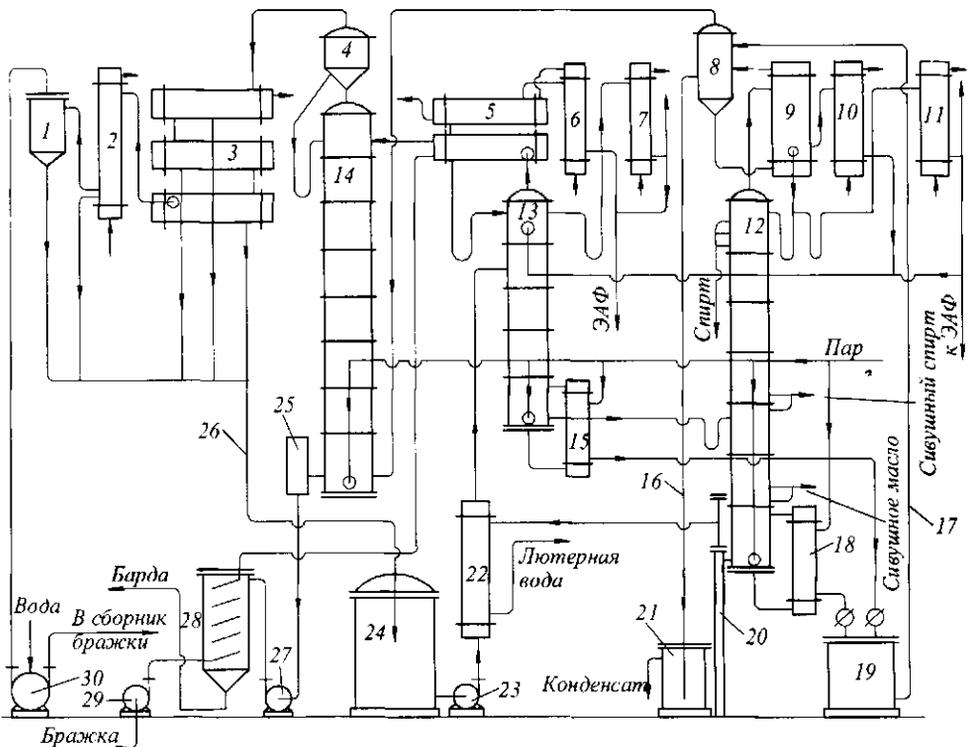


Рис. 22.16 Принципиальная схема брагоректификационной установки с двукратным использованием тепла

лее высокого качества и с большим, на 0,5...0,7 %, выходом за счет меньшего отбора эфираальдегидной фракции. Наряду с этим пониженная температура перегонки бражек позволяет почти полностью сохранить в барде аминокислоты и витамины, что значительно повышает ее кормовую ценность.

В теплотехническом отношении из-за работы колонн под различным давлением и двукратного использования теплоты греющего пара значительно снижается удельный расход пара на 1 дал получаемого спирта.

В описываемой установке бражная колонна 14 обогревается вторичным паром, поступающим из дефлегматора-испарителя 9, которым ректификационная колонна 12 оборудуется вместо обычного дефлегматора. Эпюрационная 13 и ректификационная 12 колонны обогреваются паром через кипятильники 15 и 18, что, в отличие от обогрева колонн открытым паром предотвращает отрицательное влияние примесей пара на качество получаемых продуктов, а также позволяет использовать конденсат, отходящий из кипятильников, для получения из него чистого вторичного пара в дефлегматоре-испарителе. Кроме того, в схеме рационально используется тепло барды и лютерной воды. Все это в сочетании с двукратным использованием тепла греющего пара позволяет сократить общий расход пара на установку на 40...45 %.

Бражная колонна 14, работающая под вакуумом, в конструктивном отношении отличается от обычных: она изготовлена из нержавеющей стали марки X18H10T (что по сравнению с медью в 1,5...2 раза уменьшает новообразование примесей) толщиной 6 мм, имеет ребра жесткости, тарелки ситчатые с отверстиями диаметром 10 мм, живое сечение тарелки 14 %, расстояние между тарелками 500 мм.

Техническая характеристика колонн

	Бражная	Эпюрационная	Ректификационная
Диаметр, мм	1100	800	900
Число тарелок	24	20+10	16+54
Тип тарелок	Ситчатые	Многоколпачковые	

Зрелая бражка насосом 29 подается в подогреватель 28, где она нагревается бардой до 35...38 °С, а затем до температуры кипения 56...58 °С в нижнем барабане дефлегматора 5 эпюрационной колонны 13 и направляется на верхнюю тарелку бражной колонны 14, обогреваемой вторичным паром, поступающим из паросепаратора 8 и дефлегматора-испарителя 9. Недостающая для обогрева колонны часть пара (около 2 кг из необходимых 21 кг/дал) вводится в колонну через барботер из парового коллектора. Барда из колонны 14 через регулятор 25 насосом 27 подается в подогреватель 28.

Водно-спиртовые пары из верхней части бражной колонны 14 поступают в ловушку 4 и, отделавшись в ней от капельной жидкости, направляются в межтрубное пространство трехбарабанного конденсатора 3 для конденсации водой температурой не выше 14...15 °С.

Окончательная конденсация паров и охлаждение газов до 20...22 °С происходит в конденсаторе-холодильнике 2, а осушка газов при 10...15 °С – в осушителе 1.

Полученный в конденсаторе 2 и осушителе 1 конденсат крепостью 42...45 об. % и температурой 42...45 °С отводится по барометрической трубе 26 в сборник бражного дистиллята 24. Газы и увлеченная ими незначительная часть спиртовых паров из осушителя 1 откачиваются водокольцевым вакуум-насосом 30, в котором одновре-

менно с образованием необходимого разрежения происходит улавливание спиртовых паров водой, поступающей для работы насоса. Получаемая при этом водно-спиртовая жидкость крепостью 2...4 об. % направляется в сборник бражки, а газы – в атмосферу.

Бражный дистиллят из сборника 24 насосом 23 подается в подогреватель 22, в котором нагревается до 80 °С горячей лютерной водой и направляется на 20 тарелку, считая снизу, элюрационной колонны 13, снабженной трубчатыми конденсаторами 6 и 7.

Конденсат из кипятильников 15 и 18 отводится в сборник конденсата 19, а из него под действием давления поступает по трубопроводу 17 в паросепаратор 8.

Дефлегматор-испаритель 9 наряду с питанием ректификационной колонны флегмой обеспечивает получение из горячего конденсата вторичного пара, необходимого для обогрева бражной колонны 14.

Спиртовые пары из ректификационной колонны 12 поступают в межтрубное пространство дефлегматора-испарителя 9, в котором за счет теплообмена с конденсатом температурой около 67 °С, циркулирующего в трубах, частично конденсируются и в виде флегмы поступают на верхнюю тарелку колонны. Наряду с этим за счет перепада температур поступающего конденсата (около 120 °С) и в паросепараторе (около 67 °С), а также использования скрытой теплоты конденсации спиртовых паров в дефлегматоре-испарителе 9 происходит интенсивное испарение горячего конденсата с образованием вторичного пара.

Избыток конденсата из паросепаратора отводится по барометрической трубе 16 в сборник 21, а из него – на теплотехнические нужды.

Несконденсировавшиеся в дефлегматоре-испарителе 9 спиртовые пары поступают в конденсатор 10. Конденсат из конденсатора газовой линии 11 направляют к ЭАФ.

Спирт высокого качества отбирают с 3-й, 4-й и 5-й тарелок, считая сверху, ректификационной колонны 12. Сивушное масло отбирают с 7-й, 9-й и 10-й тарелок, а сивушный спирт – с 17-й, 19-й или 21-й тарелок, считая снизу, колонны. Колонна 12 снабжена вакуум-прерывателем 20.

Инженерные расчеты. Рабочая высота колонны непрерывного действия H (м) определяется по формуле

$$H = h(n_d - 1),$$

где h – расстояние между тарелками, м; n_d – количество тарелок.

Диаметр колонны D_k (м) рассчитывается как

$$D_k = \sqrt{V_n / (0,785 v_p)},$$

где V_n – объемный расход пара в колонне, м³/с; v_p – рабочая скорость пара в колонне, м/с.

$$V_n = [22,4G_d(R+1)(273+t_{cp})]/(273M_a),$$

где G_d – расход дистиллята, кг/с; R – рабочее флегмовое число; t_{cp} – средняя температура паров в колонне, °С ($t_{cp} = 87$ °С); M_a – средняя молекулярная масса пара, кг/моль.

Рабочую скорость паров в колонне определяют по предельно допустимой скорости v_{np} (м/с)

$$v_{np} = 0,05 \sqrt{\rho_{ж} / \rho_n},$$

где $\rho_{ж}$ и ρ_n – средние плотности жидкости и пара, кг/м³.

Плотность пара, выходящего из куба, ρ_{n_1} (кг/м³), принимая, что пар состоит из чистой воды, определяется по формуле

$$\rho_{n_1} = 273M_n / [22,4(273 + t_{см})],$$

где M_n – молекулярная масса воды ($M_n = 18$); $t_{см}$ – температура кипения смеси в кубе, °C ($t_{см} = 95^\circ\text{C}$).

Плотность пара, поступающего в дефлегматор, ρ_{n_2} (кг/м³), принимая, что пар состоит из чистого спирта, определяется по формуле

$$\rho_{n_2} = 273M_a / [22,4(273 + t_{сн})],$$

где $t_{сн}$ – температура кипения спирта, °C ($t_{сн} = 78^\circ\text{C}$).

Средняя плотность пара ρ_n (кг/м³) равна

$$\rho_n = (\rho_{n_1} + \rho_{n_2}) / 2.$$

Среднюю плотность жидкости в колонне находят как среднюю между плотностью спирта $\rho_{ж_1}$ при 78°C и воды $\rho_{ж_2}$ при температуре кипения в кубе

$$\rho_{ж} = (\rho_{ж_1} + \rho_{ж_2}) / 2.$$

Рабочую скорость пара в колонне v_p принимают ниже предельно допустимой v_{np} на 20 %.

Общий расход теплоты $\Phi_{общ}$ (кДж/ч) определяется из теплового баланса ректификационной колонны

$$\Phi = G_d(R+1)r_d + G_k c_k t_k - G_p c_p t_p - RG_d c_d t_d,$$

где r_d – удельная теплота парообразования смеси, кДж/кг ($r_d = 850$ кДж/кг); c_k , c_p и c_d – соответственно удельные теплоемкости кубового остатка, поступающего на ректификацию раствора и дистиллята, кДж/(кг·K) [$c_k = 4,19$ кДж/(кг·K); $c_p = 4,31$ кДж/(кг·K); $c_d = 3,6$ кДж/(кг·K)]; t_k , t_p и t_d – соответственно температуры кипения кубового остатка, поступающего на ректификацию раствора и дистиллята, °C ($t_k = 95^\circ\text{C}$; $t_p = 87^\circ\text{C}$; $t_d = 78^\circ\text{C}$).

Потери теплоты Φ_n (кДж/ч) принимают в количестве 3...5 % общего расхода теплоты

$$\Phi_n = 0,03\Phi.$$

Расход греющего пара E (кг/ч) определяют по формуле

$$E = (\Phi + \Phi_n) / (i'' - i'),$$

где i'' и i' – удельные энтальпии греющего пара и конденсата, определяемые по давлению насыщенного водяного пара, кДж/кг ($i'' = 2730$ кДж/кг и $i' = 558,9$ кДж/кг).



Ответ на вопросы, которые оставляет без ответа философия, заключается в том, что они должны быть иначе поставлены.
ГЕГЕЛЬ ГЕОРГ ВИЛЬГЕЛЬМ (1770–1831),
немецкий философ

22.6 УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО СПИРТА

Абсолютный спирт вырабатывают в небольших количествах для промышленности органического синтеза и для лабораторных работ. Абсолютный спирт образует устойчивые смеси с бензином и в ряде стран его используют как добавку к моторному топливу.

Спирт можно абсолютировать связыванием воды твердыми или жидкими материалами (например, негашеной известью, глицерином) и ректификацией под вакуумом или в присутствии солей, при этом азеотропная точка смещается в сторону большего содержания спирта. Эти способы получили некоторое распространение в лабораторной практике.

В промышленности для абсолютирования обычно пользуются методом тройных нераздельно кипящих (азеотропных) смесей. Суть его заключается в следующем. К ректифицированному спирту прибавляют бензол. Тройная смесь этанол – вода – бензол образует азеотропную смесь, состоящую из 19,5 % (масс.) этанола, 7,4 % (масс.) воды и 74,1 % (масс.) бензола и кипящую при 64,85 °С. Азеотропная смесь ведет себя в колонне как легколетучий компонент (ЛЛК), при охлаждении она разделяется на два слоя: верхний, состоящий в основном из бензола, и нижний – из смеси этанола и воды. При температуре 15 °С в верхнем слое содержится (% масс.): бензола 85, этилового спирта 13,3 и воды 1,7; в нижнем – спирта 49,7, воды 41,3 и бензола 9.

Абсолютный спирт может быть получен как из ректифицированного спирта, так и непосредственно из бражки. В обоих случаях ректифицированный спирт и бензол вводят в дегидратационную колонну 1 (рис. 22.17), в которой отгоняется тройная азеотропная смесь, содержащая большее количество воды, чем исходная жидкость.

Обезвоженный спирт отводят снизу колонны. Дегидратационная колонна имеет 60...65 многоколпачковых тарелок, в том числе десять в концентрационной части, и закрытый обогрев.

Азеотропная смесь после охлаждения поступает в декантатор 3, где расслаивается: верхний слой возвращается в дегидратационную колонну, а нижний поступает в спиртовую колонну 2. Здесь спирт концентрируется и вместе с бензолом возвращается в дегидратационную колонну, а вода отводится из нижней части. Спиртовая колонна также имеет 60...65 многоколпачковых тарелок, в том числе 40...43 в концентрационной части. В установке постоянно циркулирует определенное количество бензола, который выполняет функцию переносчика воды из дегидратационной колонны в декантатор.

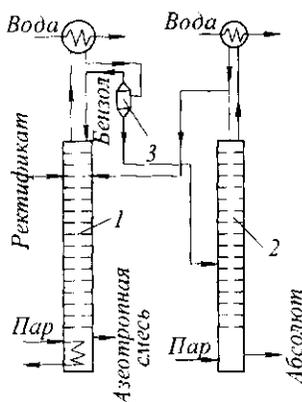


Рис. 22.17 Принципиальная схема установки для получения абсолютного спирта

При получении абсолютного спирта непосредственно из бражки установку для абсолютирования связывают в единую систему с брагоректификационной установкой, в которой получают ректификованный спирт и без охлаждения сразу же вводят в дегидратационную колонну.

Инженерные расчеты. На выработку 1 дал абсолютного спирта расходуется 15...20 кг пара, около 0,25 м³ воды и 0,01 кг бензола. Потери последнего компенсируются периодическим добавлением его в дегидратационную колонну. Предельно допустимые потери спирта при абсолютировании составляют 1 % исходного ректификованного спирта. Производительность $П$ (дал/сут) брагоректификационных установок в соответствии с инструкцией по определению мощностей рассчитывают, исходя из диаметра D (м) спиртовой колонны при выработке спирта высшей очистки:

$$П = 55D^2(26,6 - D^2).$$

При выработке спирта I сорта производительность установок увеличивается на 15 %, а при выработке спирта «Экстра» снижается на 15 %. Для расчета мощности по условному спирту-сырцу результат, полученный по вышеприведенной формуле, умножают на коэффициент 1,05, учитывающий спирт в побочных продуктах и потерях при ректификации. Площадь поверхности теплопередачи должна быть S (м²): при горизонтальных дефлегматорах $S \geq 0,04 П$, при вертикальных $S \geq 0,028 П$.

Для ориентировочных расчетов сечения отдельных колонн можно пользоваться приведенными ниже зависимостями. Для бражных колонн с 22 и более тарелками двойного кипячения:

- при межтарелочном расстоянии 340 мм $П = 1370D^2$;
- при межтарелочном расстоянии 280 мм $П = 1111D^2$.

Если в бражной колонне 24 и более ситчатых тарелок, установленных на расстоянии 500 мм, $П = 2065D^2$, провальных – $П = 2500D^2$ и чешуйчатых – $П = 3000D^2$. При переработке мелассной бражки с содержанием спирта более 8 об. % производительность бражной колонны увеличивается на 5...10 %.

Производительность колонн с многоколпачковыми тарелками ориентировочно может быть определена следующим образом:

- элюционных $П = 2222D^2$;
- спиртовых при расстоянии 1400 мм $П = 1500D^2$,
- при 1400...1800 мм $П = 140D^2$,
- при 1800...2000 мм $П = 1250D^2$;
- окончательной очистки
- для мелассных заводов $П = 6940D^2$,
- для зернокартофельных $П = 3470D^2$;
- сивушных колонн для разгонки головной фракции $П = 6940D^2$.

В спиртовых колоннах целесообразно устанавливать следующее число тарелок:

- при $D \leq 1200$ мм 66 (50/16),
- при $D = 1400...1800$ мм 72 (54/18),
- при $D = 2000$ мм 80 (60/18).

В настоящее время производят малогабаритные (высотой 1 м и диаметром 0,12 м) насадочные брагоректификационные установки производительностью 100...500 л/сут (20 теоретических тарелок). На этих установках получают спирт высшей очистки.



Старики потому так любят давать хорошие
советы, что уже не способны подавать
дурные примеры.
*ЛАРОШФУКО ФРАНСУА де (1613–1680),
французский писатель*

22.7 ТЕХНИКА БУДУЩЕГО: НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Контактное устройство (А.с. № 1498529, А1 В01 D3/26) относится к конструкциям аппаратов для тепломассообмена, может быть применено для проведения абсорбции, ректификации и других процессов разделения в системах газ (пар) – жидкость и позволяет повысить эффективность массообмена за счет снижения брызгоуноса.

На рис. 22.18 изображен общий вид устройства (элемент кольца со щелевыми насечками). Контактное устройство содержит полотно 1, на котором крепятся установленные коаксиально кольца 2 со щелевыми насечками 3, установленные между собой радиальными наклонными лопастями 4, установленными в межкольцевых пространствах под углом, противоположным углу наклона лопастей с соседним межкольцевым пространством. К полотну крепится узел 5 подвода жидкости в виде U-образной трубки, один конец которого закреплен в полотне 1, а второй конец 6 расположен по центру контактного устройства, заглушен сверху и снабжен отверстиями 7 на боковой поверхности. Полотно 1 жестко крепится с корпусом 8 аппарата. Верхний торец наружного кольца соединен с меньшим основанием расширяющейся кверху сетчатой конической обечайки 9, большее основание которой установлено с зазором относительно корпуса 8. Полотно 1 снабжено переточной трубкой 10, верхний конец которой выступает над полотном 1, а нижний торец расположен над полотном нижележащего контактного устройства.

Газовый поток поступает в нижнюю часть устройства и распределяется в межкольцевых пространствах, а орошающая жидкость с вышележащего контактного устройства подается на полотно 1, откуда через узел 5 подвода жидкости поступает в центр контактного устройства.

В поле центробежных сил закрученного наклонными лопастями 4 газового по-

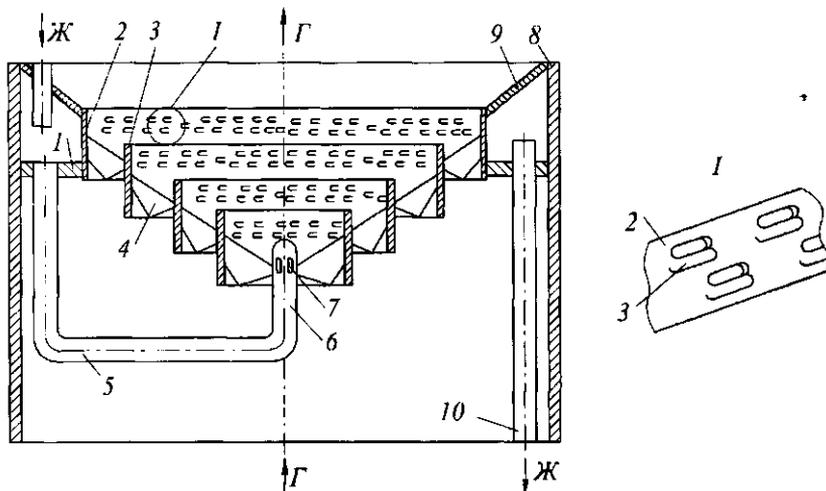


Рис. 20.18 Контактное устройство

тока капли жидкости отбрасываются на внутренние стенки колец 2. Здесь капли жидкости образуют пленку, которая, перемещаясь по кольцу по восходящей винтовой линии, попадает через щелевые насечки 3, расположенные в верхней части кольца 2, в соседнее межкольцевое пространство, приобретают противоположное направление движения, заполняют его объем, отбрасываются к стенкам следующего кольца и т.д. В целом в объеме устройства благодаря резкому гашению скорости газа после прохождения им наклонных лопастей образуется взвешенный газожиженный слой, в котором интенсивно протекают теплообменные процессы.

Жидкость, отброшенная к стенкам корпуса 8 через насечки 3, расположенные в верхней части наружного кольца, собирается в объеме между полотном 1 и конической сетчатой обечайкой 9, что способствует уменьшению брызгоуноса на вышележащую ступень и гашению пены. При этом часть жидкости снова поступает в центр контактного устройства через узел 5 подвода жидкости, а часть жидкости через переточную трубку 10 подается на полотно нижележащего контактного устройства, обеспечивая уменьшение брызгоуноса, а многократное контактирование жидкости с газовым потоком способствует более полному насыщению жидкости поглощаемыми компонентами.

Контактное устройство *отличается* тем, что с целью повышения эффективности массообмена за счет снижения брызгоуноса, коаксиальные кольца расположены так, что каждое меньшее кольцо смещено вниз на одинаковое и меньше высоты кольца расстояние, при этом нижние части колец выполнены сплошными, а верхнее кольцо снабжено установленной на нем расширяющейся кверху конической сетчатой обечайкой с зазором относительно корпуса.

Ректификационное контактное устройство (А.с. № 1717161, А1 В01 D3/22) относится к аппаратному оформлению процесса получения этилового спирта методом ректификации и позволяет повысить эффективность массообмена за счет улучшения структуры жидкостного потока.

На рис. 22.19 представлен общий вид устройства и продольный разрез. Устройство включает в себя горизонтальное основание 1 с контактными элементами 2, сливную перегородку 3 с направляющими пластинами 4 и переливной карман 5. Пластины 4 выполнены в виде участков концентрически расположенных цилиндрических поверхностей, частично перекрывающих основание 1 и переливной карман 5. Величина перекрытия пластинами 4 основания 1 увеличивается, кармана 5 — уменьшается от центра к периферии, а расстояние между соседними пластинами 4 увеличивается от центра к периферии.

Прогон спирта с примесями, выделенными при элюации бражки, конденсируется и в виде вводно-спиртового конденсата направляется на очистку в элюационную колонну, где поступает на основание 1 первого по ходу движения жидкостного потока устройства и взаимодействует с восходящим потоком первой фазы, проходящим через контактные элементы 2. Пройдя рабочую часть контактной ступени, жидкая фаза сбрасывается через сливную перегородку 3, снабженную направляющими пластинами 4, в переливной

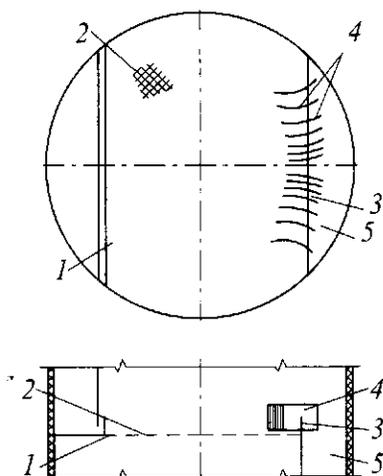


Рис. 22.19 Ректификационное контактное устройство

карман 5. При этом происходит перераспределение жидкостной нагрузки, заключающееся в принудительном заполнении жидкостью периферийных участков кармана 5, что обеспечивается за счет геометрических особенностей направляющих пластин 4 и их взаимного расположения.

Ректификационное контактное устройство *отличается* тем, что с целью повышения эффективности процесса массообмена за счет улучшения структуры жидкостного потока, пластины выполнены в виде участков концентрически расположенных цилиндрических поверхностей, частично перекрывающих основание и переливной карман, при этом величина перекрытия пластинами основания увеличивается, а кармана – уменьшается от центра к периферии, расстояния между соседними пластинами увеличиваются от центра к периферии.

Массообменный аппарат (Пат. № 2092220 РФ, В01 D3/22) предназначен для проведения процесса ректификации и позволяет повысить эффективность массопередачи, уменьшить гидравлическое сопротивление аппарата, имеет возможность аккумуляции и отбора промежуточных фракций из сепараторов.

На рис. 22.20 показана схема массообменного аппарата. Массообменный аппарат состоит из отдельных секций, состоящих из сепараторов 1 и парожидкостных эжекторов 8. Секции расположены на одном уровне, или с небольшой разницей по высоте. Камеры смещения эжекторов присоединены к контактным трубам 6, которые вводятся тангенциально в верхней части сепараторов. В сепараторах соосно установлены цилиндрические стаканы 3, открытые снизу. На внутренней боковой поверхности сепараторов и наружной поверхности стаканов укреплены отражатели потоков 4. В нижней части сепараторов тангенциально выведены жидкостные патрубки 10, подсоединенные к эжекторам предыдущей секции. Цилиндрические стаканы в верхней части снабжены паровыми патрубками 9, подсоединенными к эжекторам последующих секций. В днищах сепараторов установлены патрубки 2.

Массообменный аппарат снабжен патрубками: 5 – для отвода обогащенной паровой фазы; 7 – подвода исходного жидкого продукта; 11 – подвода пара; 12 – отвода обедненного жидкого продукта.

В патрубок 7 подается исходный жидкий продукт, содержащий компоненты с различной летучестью. По патрубку 9 в эжектор подается пар с предыдущей секции. Пар эжектирует жидкость. Происходит перемещение потоков фаз, и гомогенный двухфазный поток по контактной трубе 6 тангенциально подается в сепаратор. Двухфазный поток раскручивается. Жидкая фаза ударяется об отражатели потока 4, укрепленные на внутренней боковой поверхности сепаратора, и направляется на наружную поверхность цилиндрического стакана. Затем жидкая фаза ударяется об отражатели потока, укрепленные на наружной поверхности стакана, и направляется на внутреннюю стенку сепаратора. При ударе происходит диспергирование жидкой фазы и поверхность массопередачи возрастает. Благодаря большим скоростям двухфазного потока и развитой поверхности происходит интенсивный массообмен. В нижней части сепаратора отражатели потока отсутствуют. Жидкость отделяется и поступает в жидкостный патрубок 10, не меняя направления движения. Кинетическая энергия вращающегося потока переходит в потенциальную, часть жидкой фазы аккумулируется в нижней части сепараторов, откуда удаляется по патрубкам 2. Жидкая фаза по патрубкам 10 направляется в эжектор предыдущей секции. Цикл массообмена повторяется. Объединенная жидкость отводится из аппарата через патрубок 12, обогащенный пар – через патрубок 5, пар подводится через патрубок 11,

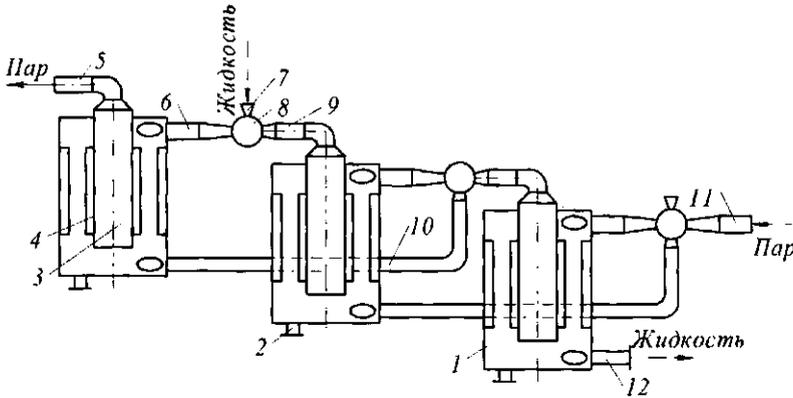


Рис. 22.20 Массообменный аппарат

исходный жидкий продукт через патрубок 7. Исходный жидкий продукт может вводиться в любой эжектор в зависимости от назначения аппарата – ректификации, эспирации и т.д. Количество секций также переменное.

В эжекторе и сепараторе жидкая и паровая фазы движутся прямококом, в пределах аппарата – противотоком.

Массообменный аппарат (Пат. № 2138314 РФ, В01 D3/26) предназначен для проведения процессов ректификации и абсорбции.

На рис. 22.21 показана схема массообменного аппарата. Массообменный аппарат состоит из вертикального корпуса 1, по высоте которого установлены тарелки 2, делящие корпус на отдельные секции 3. В тарелках установлены паровые сопла 4. Тарелки снабжены жидкостными камерами 5, соединенными с перепускными каналами 6 и имеющими патрубки отвода промежуточных продуктов 7. Входные участки перепускных каналов выполнены в виде диффузоров. Соосно паровым соплам в жидкостных камерах установлены камеры смешения 8, соединенные с криволинейными лотками сепарации 9, которые соединены по касательной с перепускными каналами 6. Между лотками и стенками корпуса образуются паровые каналы 10. Нижняя тарелка снабжена соплом подачи исходного пара (газа) 11. Верхняя тарелка не имеет жидкостной камеры и снабжена соплом подачи исходной жидкости 12 в камеру смешения. Нижняя секция снабжена патрубком отвода истощенной жидкости 13, а верхняя – патрубком отвода обогащенного пара 14.

Исходный пар подается в сопло 11 нижней тарелки; исходная жидкость – в сопло 12 верхней секции под избыточным давлением, а инжектируемой средой является пар. Пар, выходящий из сопел 4 с большой скоростью, инжектирует жидкость из жидкостных камер 5. В камерах смешения 8 жидкость и пар интенсивно перемешиваются и в виде парожидкостной смеси направляются на криволинейные лотки сепарации 9. Под действие центробежной силы жидкая фаза отбрасывается к стенке лотка и с большой скоростью подается в диффузоры перепускных каналов. Пар отделяется от жидкости, по каналам 10 поднимается вверх и через паровое сопло подается в камеру смешения вышерасположенной секции. Жидкость по перепускному каналу направляется в жидкостную камеру нижерасположенной секции. Таким образом, осуществляется противоточное движение жидкой и паровой фаз в пределах массообменного аппарата, при прямоточном в пределах секции. Пары обогащаются легколетучим компонентом и выводятся из аппарата через патрубок 14, истощенная

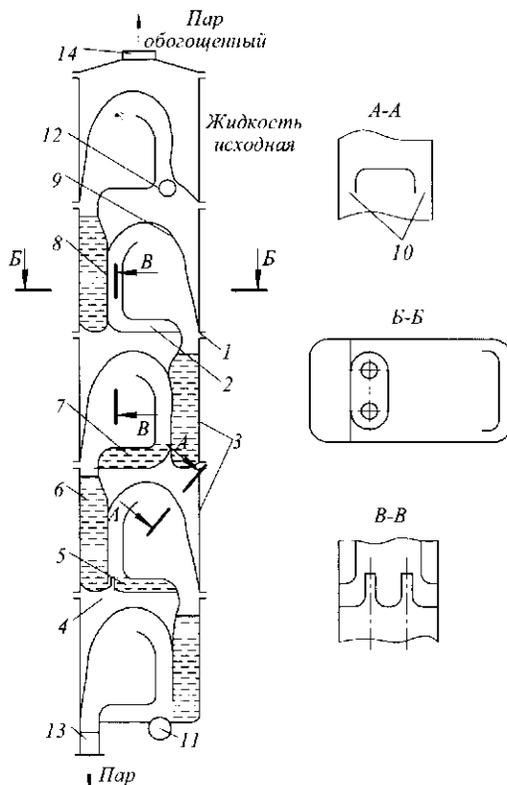


Рис. 22.21 Массообменный аппарат

жидкость – через патрубок 13, а промежуточные продукты – через патрубки 7 из жидкостных камер.

Массообменный аппарат *отличается* тем, что тарелки дополнительно снабжены жидкостными камерами, соединяющимися с перепускными каналами жидкой фазы, камеры смещения установлены на жидкостных камерах, а лотки сепарации соединены по касательной с перепускными каналами и образуют со стенками паровые каналы, при этом верхняя тарелка снабжена соплом подачи исходной жидкости в камеру смешения.

* * *

В этой главе наиболее важными являются следующие моменты:

1. При ректификации спирта эффективность диффузионного процесса массообмена определяется площадью поверхности контакта фаз, средней движущей силой процесса и коэффициентом массоотдачи.

2. Летучесть отдельных компонентов разделяемой смеси характеризуется коэффициентом испарения, представляющим собой отношение концентрации данного вещества в паровой фазе к концентрации его в жидкой фазе.

3. Ректификационные установки в спиртовой промышленности подразделяются на брагоперегонные, ректификационные, брагоректификационные и укомплектовываются бражной, эшюрационной и ректификационной колоннами.

4. В основе инженерных расчетов бражной, эшюрационной и ректификационной колонн лежат уравнения баланса тех продуктов, которые поступают в эти колонны.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое ректификация спирта и на какие группы (с точки зрения очистки) подразделяются примеси этилового спирта?
2. Чем отличается коэффициент испарения от коэффициента ректификации и как они определяются?
3. Что называют флегмовым числом и с какой целью используют дефлегмацию?
4. Чему посвящены первый и второй законы Коновалова?
5. Какие смеси подчиняются закону Рауля?
6. Как классифицируются брагоректификационные аппараты?
7. Что является основным рабочим элементом колонны и какие типы тарелок используются в колонных аппаратах?
8. По каким параметрам определяется температура кипящей бражки на тарелке питания?
9. Каково назначение сепаратора и ловушки для бражной колонны брагоректификационного аппарата косвенного действия?
10. Можно ли применением перегонки под вакуумом снизить температуру кипения высокотемпературной жидкой смеси?
11. Как составить уравнения материального баланса для верхней и нижней тарелок ректификационной колонны непрерывного действия?
12. Как изменяются число тарелок, расход пара и охлаждающей воды в дефлегматоре с увеличением флегмового числа?
13. Какие ректификационные установки более экономичны в тепловом отношении – периодического или непрерывного действия?
14. Каково устройство и каков принцип действия одноколонного брагоперегонного аппарата?
15. Каковы расходные характеристики ректификационных установок?
16. Что представляет собой конструкция кубовой ректификационной установки?
17. Чем отличаются расчеты эшюрационной и ректификационной колонн?
18. Какова техническая характеристика брагоректификационной установки косвенного действия?
19. Как работает установка для получения абсолютного спирта?
20. Как рассчитывают производительность брагоректификационной установки?

УПРАЖНЕНИЯ

Предложите в виде эскизов Ваши решения инженерных задач, связанных с развитием конструкций:

- брагоперегонных установок;
- ректификационных установок;
- брагоректификационных установок непрерывного действия;
- установок для получения абсолютного спирта.

Эти решения должны предполагать совершенствование, модернизацию оборудования с целью достижения одного или нескольких следующих результатов:

- повышение производительности;
- повышение качества продукции;
- улучшение условий труда рабочего с точки зрения эргономики, техники безопасности и охраны труда;
- экономию времени на санитарное обслуживание оборудования;
- экономия времени на техническое обслуживание оборудования;
- экономию энергоресурсов;
- экономию конструкционных материалов;
- повышение технологичности конструкции с точки зрения изготовления и ремонта;
- улучшение дизайна оборудования;
- снижение себестоимости продукции другими, кроме перечисленных выше, путями.

Вместе с этими, преимущественно машиноведческими, аспектами рассмотрите возможность развития конструкций машин и аппаратов с точки зрения повышения качества самих технологических процессов, которые реализуются этим оборудованием. Речь идет об увеличении точности, устойчивости, надежности, управляемости и стабильности технологических процессов, а также о снижении их чувствительности к возмущающим факторам окружающей среды.

По результатам Вашей работы сделайте заключение о том, в какой мере Ваши предложения повышают готовность машин и аппаратов к эффективной автоматизации данных технологических процессов.

КВАРТЕТ (басня)

Проказница-Мартышка,
Осел,
Козел
Да косолапый Мишка
Затеяли сыграть Квартет.
Достали нот, баса, альты, две скрипки
И сели на лужок под липки, –
Пленять своим искусством свет.
Ударили в смычки, дерут, а толку нет.
«Стой, братцы, стой!» – кричит Мартышка. – Погодите!
Как музыке идти? Ведь вы не так сидите.
Ты с басом, Мишенька, садись против альты,
Я, прима, сяду против вторы;
Тогда пойдет уж музыка не та:
У нас запляшут лес и горы!»
Расселись, начали Квартет;
Он все-таки на лад нейдет.
«Постойте ж, я сыскал секрет!» –
Кричит Осел, – мы, верно, уж поладим,
Коль рядом сядем».
Послушались Осла: уселись чинно в ряд;
А все-таки Квартет нейдет на лад.
Вот пуще прежнего пошли у них разборы
И споры,
Кому и как сидеть.
Случилось Соловью на шум их прилететь.
Тут с просьбой все к нему, чтоб их решить сомненье.
«Пожалуй, – говорят, – возьми на час терпенье.
Чтобы Квартет в порядок наш привести:
И ноты есть у нас, и инструменты есть,
Скажи лишь, как нам сесть!» –
«Чтоб музыкантом быть, так надобно уметь
И уши ваших понежней, –
Им отвечает Соловей, –
А вы, друзья, как ни садитесь,
Всё в музыканты не годитесь».

*Крылов Иван Андреевич
(1749 – 1844).
русский писатель,
баснописец, журналист, сатирик*

РАЗДЕЛ В

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Биотехнологические процессы основаны на законах биохимии и биофизики. Такие процессы возникают при определенных условиях, обеспечивающих необходимые соотношения между энергией активации и энергией теплового движения молекул или их отдельных звеньев, вызывающей разрыв связей, существующих между отдельными звеньями молекул и их переориентацию. В зависимости от видов воздействий биотехнологические процессы можно разделить на биохимические и микробиологические.

Биохимические процессы основаны на использовании биологических катализаторов (ферментов), в присутствии которых возникают биохимические превращения биологических материалов (коагуляция белков, гидролиз углеводов и др.). Ферменты вводят в биологические материалы при помощи гидромеханических процессов, или они могут быть естественными компонентами биологического сырья.

Микробиологические процессы основаны на необратимых биокаталитических превращениях биологических материалов за счет ферментов, вырабатываемых микроорганизмами. Жизнедеятельность микроорганизмов протекает в средах, содержащих питательные вещества.



Если я видел дальше других, то потому,
что стоял на плечах гигантов.
НЬЮТОН ИСААК (1643–1727),
английский физик, математик, астроном

Глава 23

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ФЕРМЕНТАЦИИ

Ферментация – процесс, основанный на использовании биологических катализаторов (ферментов) и предназначенный для изменения состава компонентов и свойств биологических материалов. Ферменты представляют собой высокомолекулярные вещества биологического происхождения (белки), катализирующие биохимические процессы.

Ферменты играют важную роль в регуляции клеточного обмена веществ. Регуляция ферментативной активности осуществляется под действием температуры, pH среды, концентрации субстрата, специфических активаторов или ингибиторов. Особую роль в регуляции обменных процессов играют регуляторные ферменты, к которым относятся: аллостерические ферменты, активность которых измеряется с помощью нековалентно связываемых аллостерических модуляторов; ферменты, изменяющие свою активность путем ковалентной химической модификации.

Солодоращение – процесс искусственного проращивания зерна с целью накопления в нем максимального количества активных ферментов и растворения части крахмала и других веществ.



Мысль – следовательно существую.
ДЕКАРТ РЕНЕ (1596–1650),
французский философ и математик

23.1 НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ФЕРМЕНТАЦИИ

К процессам ферментации пищевых сред приложимы общие принципы химической кинетики. Однако у этих реакций имеется отличительная особенность, оказывающая существенное влияние на кинетические закономерности действия ферментов – образование комплекса фермент-субстрат. Скорость ферментативной реакции зависит от химической природы субстрата и условий взаимодействия с ним фермента (температуры, pH, сопутствующих веществ), от концентрации фермента и субстрата.

Скорость процессов ферментации выражается через скорости уменьшения концентрации C_1 расходуемых компонентов или через скорости уменьшения концентрации продуктов их превращений C_2 в биологических материалах: dC_1 / dt или dC_2 / dt .

Общее кинетическое уравнение для процессов ферментации имеет вид:

$$dC_1 / dt = K_\phi C_m C_n (K_n + C_1)^{-1},$$

где C_1 , C_n – соответственно текущее и начальное значение концентрации расходуемого компонента; C_m – текущее значение концентрации фермента; K_ϕ – коэффициент скорости ферментации, зависящий от температуры и pH; K_n – константа, зависящая от природы расходуемого компонента; τ — продолжительность снижения концентрации расходуемого компонента от C_n до C_1 .

Зависимость скорости процесса ферментации от текущего состояния системы субстрат – микроорганизмы характеризует кинетику этого процесса. Кинетическое уравнение для стадий размножения и отмирания микроорганизмов имеет линейный характер:

$$dz / dt = K_v z,$$

где dz/dt – скорость изменения численности микроорганизмов в единице объема субстрата; K_v – коэффициент скорости процесса ферментации (имеет положительный знак для стадии размножения и отрицательный для стадии отмирания).

Любая биотехнологическая система включает ряд аппаратов, связанных общими технологическими потоками, в которых протекают различные процессы переработки исходного сырья в целевые продукты. В любой биотехнологической системе обязательно присутствует подсистема ферментации.

Модель процесса биосинтеза обычно представляют в виде системы дифференциальных уравнений материального баланса, описывающих динамику изменения концентраций биомассы, субстратов или основных продуктов метаболизма. В необходимых случаях система может быть дополнена уравнениями теплового баланса и представлена в виде

$$\begin{aligned} dX / dt &= (\mu - \tilde{\mu})X - F_0 X / V, \\ dS / dt &= F_0 (S_0 - S) / V - q_s X + \tilde{Q}_s + \bar{Q}_s, \\ dP / dt &= q_p X - \tilde{Q}_p - F_0 X / V - \bar{Q}_p, \\ dV / dt &= F_0 - F, \end{aligned}$$

где X, S, P – концентрации биомассы, субстрата и продукта метаболизма, г/л; V – объем культуральной жидкости в ферментаторе, л; t – продолжительность ферментации, ч; μ и $\tilde{\mu}$ – удельные скорости роста и автолиза биомассы, ч⁻¹; F и F_0 – скорости добавления питательной среды и отбора культуральной жидкости из аппарата (для полунепрерывных и непрерывных процессов), л/ч; S_0 – концентрация субстрата в подаваемой питательной среде, г/л; q_s и q_p – удельные скорости потребления субстрата и образования продукта метаболизма, ч⁻¹; \tilde{Q}_s и \tilde{Q}_p – скорости образования (или разложения) субстрата и продукта метаболизма, г/(л·ч); \bar{Q}_s и \bar{Q}_p – скорости массопередачи субстрата и продукта метаболизма из газовой фазы в жидкую, и наоборот, г/(л·ч).

Модель может учитывать влияние не одного, а нескольких субстратов, а также образование различных продуктов метаболизма. В правую часть уравнений, помимо параметров состояния X, S, V, F и управляющих переменных F_0, S_0 , входят переменные, характеризующие кинетику основных реакций, протекающих в аппарате. При этом $\mu, \tilde{\mu}, \tilde{Q}_s, \tilde{Q}_p, q_s, q_p$ отражают кинетику различных биохимических превращений, а \bar{Q}_s и \bar{Q}_p – кинетику массообмена субстратов и продуктов метаболизма (чаще всего кислород и диоксид углерода). Эти величины обычно не являются константами и зависят от технологических параметров.



Совесть – когтистый зверь, скребущий сердце.
ПУШКИН АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ (1799–1837),
русский поэт

23.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

В основу классификации оборудования для солодоращения и получения ферментативных препаратов положены признаки, характеризующие различные физиологические, биохимические, ферментативные, микробиологические и другие процессы, в соответствии с которыми оборудование можно разделить на следующие группы:

- оборудование для проведения физиологических и биохимических процессов, к которому можно отнести солодорастильные установки для производства ячменного, рисового и других видов солода в пивоварении, квасном и спиртовом производствах;
- оборудование для проведения микробиологических процессов, к которому относятся дрожжевые и дрожжерастильные аппараты для производства спиртовых и хлебопекарных дрожжей;
- оборудование для проведения ферментативных процессов, к которому можно отнести ферментаторы и биореакторы для производства биологических материалов.

Классификация оборудования для солодоращения и получения ферментных препаратов приведена на рис. 23.1.

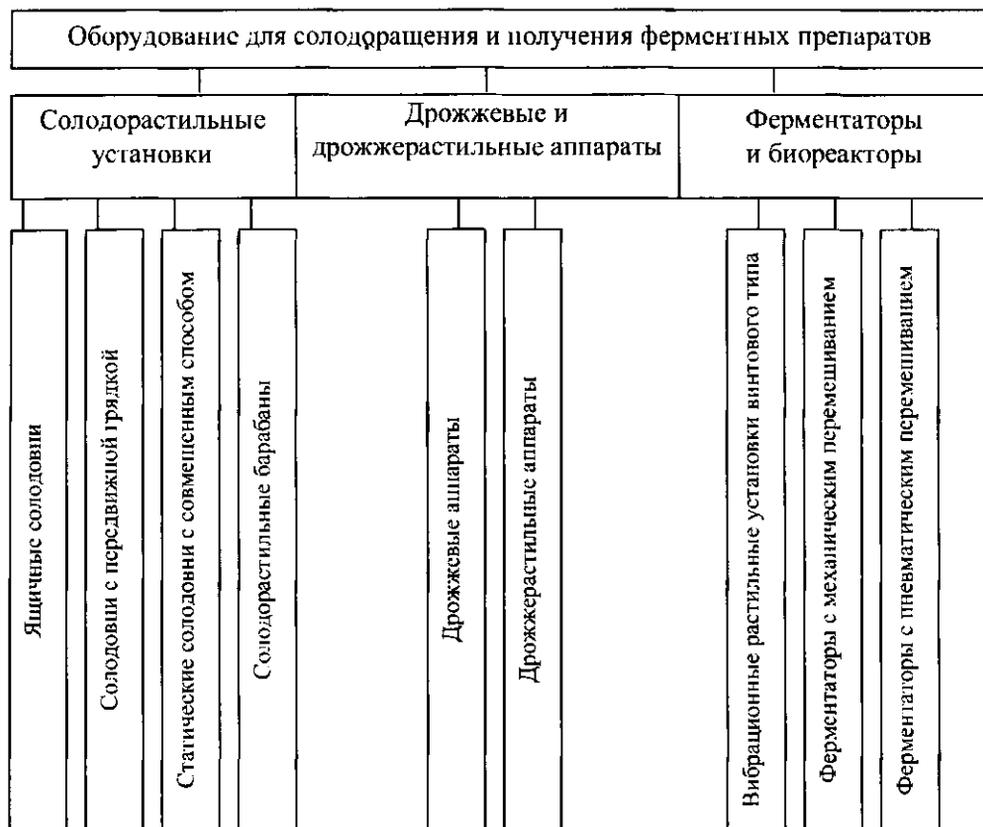
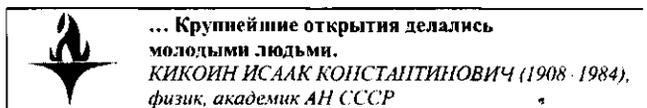


Рис. 23.1 Классификация оборудования для солодоращения и получения ферментных препаратов



23.3 СОЛОДОРАСТИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Целью проращивания солода является синтез и активизация неактивных ферментов, под влиянием которых в процессе затирания достигается растворение всех резервных веществ зерна. В проращиваемом зерне происходят те же биохимические и физиологические изменения, что и при естественном проращивании его в почве. Переход зародыща от состояния покоя к активной жизнедеятельности возможен только при достаточной влажности, наличии кислорода и оптимальной температуры.

Ящичные солодовни. Замоченное зерно проращивают в пневматических солодовнях, соблюдая определенный температурный режим (10...14 °С), проводя при этом аэрацию (при относительной влажности воздуха $\varphi = 100\%$) и отвод теплоты, которая выделяется при дыхательных окислительно-энергетических процессах, протекающих в солоде. Согревание солода происходит за счет интенсивного дыхания

зерна, которое проявляется в окислении, соответственно, крахмала и жиров. Удельные тепловыделения при окислении этих веществ составляют, соответственно, 17390 и 39480 кДж/кг. Знание количества окисленного вещества позволяет определить количество теплоты, выделившейся при солодоращении и, соответственно, рассчитать расход и параметры кондиционированного воздуха.

Для управления проращиванием зерна применяют механизированное пневматическое солодоращение, основанное на продувке через высокий (0,6...1,5 м) слой материала кондиционированного воздуха. При этом обеспечивается снабжение зерна кислородом воздуха, удаление диоксида углерода и других ингибирующих веществ, которые выделяются при проращивании, и достигается необходимое охлаждение слоя. Ворошение проращиваемого зерна в аппаратах осуществляется специальными шнековыми ворошителями.

Пневматические прямоугольные аппараты вмещают 10...150 т зерна. Для обслуживания и контроля между двумя аппаратами предусмотрена площадка шириной около 1 м и длиной, равной длине аппарата (10...50 м). Аппараты снабжены каналами, по которым отработанный воздух с диоксидом углерода возвращается к вентилятору для повторного использования.

Техническая характеристика ящичных солодовен представлена в табл. 23.1.

Таблица 23.1 Техническая характеристика ящичных солодовен

Тип ящика	Высота слоя замоченного ячменя на сите ящика, м	Количество ячменя, перерабатываемого на 1 м ² площади сита за один цикл солодоращения, кг
Малой вместимости	0,60...0,75	250...320
Большой вместимости	0,85...1,10	400...500
Передвижная грядка	0,50...0,80	320...360
Статическая солодовня, работающая по совмещенному способу «все в ящике»	0,80...1,20	400...500

Пневматический аппарат для проращивания зерна (рис. 23.2) имеет прямоугольную форму с открытой верхней частью. В ящиках 1...8 на высоте 0,6...0,8 м от основного дна установлено второе ситчатое дно 12, на которое укладывается проращиваемое зерно. Подситовое пространство служит каналом для подачи кондиционированного воздуха в слой солода. Свежий воздух или смесь его с отработавшим воздухом нагнетаются в кондиционер 10, а затем в подситовый канал 9 вентилятором 11. Перемешивание и выгрузка солода из ящика производится шнековым ворошителем-разгрузчиком 13.

В корпусе ящика 14 проращиваемое зерно располагается горизонтальным слоем высотой 0,6...1,5 м на сесушем ситовом поддоне 12. Разравнивание, ворошение и выгрузка свежепросоженного солода производится шнековым ворошителем 13.

Пневматический аппарат оснащается отдельным напорным вентилятором, системой охлаждения и увлажнения воздуха. Отношение ширины аппарата к длине выбирается с учетом обеспечения равномерного распределения воздуха и может составлять 1 : 4 и 1 : 8. Стенка аппарата высотой 1,2...3 м над ситом изготавливается из железобетона или кирпича толщиной 0,15...0,20 м. На верхней части боковых стенок устанавливаются рельсы и зубчатые штанги для передвижения шнекового ворошителя. Высота подситового пространства аппарата составляет 1,6...2,0 м. Живое сечение сит, на которых находится зерно, должно быть не больше 20 %. Днище аппарата должно

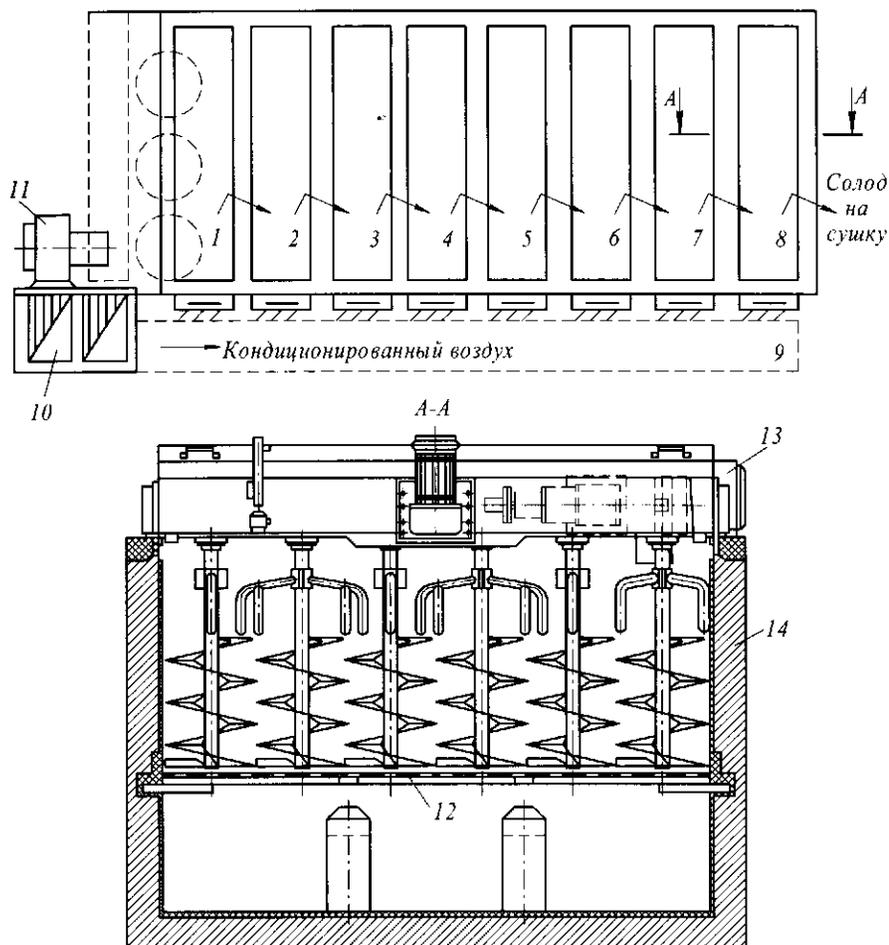


Рис. 23.2 Пневматическая ящичная солодовня

иметь уклон для стока воды в сборник. Выгрузка свежепросошедшего солода из аппарата проводится в течение 2...3 ч.

Шнековый ворошитель Ш4-ВВШ состоит из ворошителя и разгрузочной стенки. Ворошитель представляет собой сварной корпус, в котором установлены механизм ворошения, обеспечивающий вращение вертикальных шнеков, перемещающих солод, механизм передвижения и система орошения, обеспечивающая подачу воды к перемешиваемому ячменю.

Управление работой солодоворошителя осуществляется или с пульта, расположенного непосредственно на ворошителе, или дистанционно с пульта, находящегося в другом помещении.

Техническая характеристика шнековых ворошителей представлена в табл. 23.2.

Солодовни с передвижной грядкой. В солодовне с передвижной грядкой осуществлен поточный способ солодоращения, при котором проращиваемое зерно периодически перебрасывается ковшевым солодоворошителем вдоль ящика от места загрузки к месту выгрузки.

Таблица 23.2 Техническая характеристика шнековых ворошителей

Показатель	Ш4- ВВШ	П4- ВВШ-8	Ш4- ВВШ-9	Ш4- ВВШ-13	Ш4- ВВШ-14
Производительность, т/ч:					
при ворошении (по ячменю)	54	60,5		88	94,5
при выгрузке (по сухому солоду)	21	23,5		34	36,6
Удельная нагрузка на сито по ячменю, кг/м ²			550		
Установленная мощность электродвигателей, кВт:					
ворошителя	9,6	9,7		13,7	13,7
разгрузочной стенки			9		
Ширина по шнекам, мм	3955	4445		6445	6945
Высота от сита до головки рельса, мм			2000		
Частота вращения шнеков, мин ⁻¹			8		
Диаметр шнека, мм			485		
Шаг витка шнека, мм			335		
Скорости передвижения, м/мин:					
при ворошении			0,4		
при выгрузке			0,2		
Диаметр шнеков, мм			500		
Шаг шнека, мм:					
наклонного			400		
горизонтального			500		
Частота вращения шнека, мин ⁻¹ :					
наклонного			91		
горизонтального			45		
Габаритные размеры, мм:					
длина (вдоль ящика) ворошителя			1860		
длина ворошителя со стенкой			2890		
ширина ворошителя	4430	4930		6930	7230
ширина ворошителя со стенкой	4770	5270		7270	7770
высота от сита			3300		
Масса, кг:					
ворошителя	3126	3320		3344	3660
разгрузочной стенки	2024	2170		2356	2434
цевочной рейки			10,75		

Солодовня с передвижной грядкой (рис. 23.3) представляет собой длинный ящик 6, подситовое пространство 9 которого разделено в поперечном направлении перегородками на несколько отделений, число которых равно или кратно числу суток ращения. На продольных стенках ящика 6 уложены рельсы, по которым вдоль ящика периодически передвигается ковшовый солодворошитель 5 с помощью тележки 4. При рабочем ходе ворошитель 5 перебрасывает проращиваемое зерно, чем достигается не только его перемешивание, но и перемещение вдоль ящика.

Рабочий ход ворошителя имеет направление от места выгрузки готового солода к месту загрузки замоченного ячменя. Замоченное зерно из замочных аппаратов 7 и 8 загружается всегда в одно и то же место солодорастильного ящика 6. Ворошитель приводится в движение через каждые 12 или 24 ч и каждый раз перебрасывает зерно на один шаг, а на освободившуюся площадь сита вновь загружается замоченное зерно. Солод, проходя к месту выгрузки, при очередном рабочем ходе ворошителя выбрасывается в бункер 3, откуда транспортерами 1 и 2 (шнеком, лентой, элеватором и т.п.) передается в сушилку.

Пророщенное зерно проветривается кондиционированным воздухом, который нагнетается вентилятором в центральный канал 10, проходящий вдоль всего соло-

дорастильного ящика 6. Подача кондиционированного воздуха из этого канала в каждое отделение подситового пространства 9 регулируется шибером в зависимости от интенсивности роста, необходимости отвода выделяющегося диоксида углерода и поддержания оптимальной температуры.

При параллельной установке нескольких солодорастильных ящиков 6 с передвижными грядками кондиционеры размещают с таким расчетом, чтобы в каждом из них воздух готовился для определенной стадии солодоращения: в первом кондиционере – увлажненный воздух для подсушивания влажного, только что выгруженного в ящик замоченного зерна, и подвяливания свежепросожденного солода перед выгрузкой его из солодовни в сушилку; во втором кондиционере – охлажденный и увлажненный воздух для проветривания грядки на третий – четвертый день солодоращения и т. д.

Солодовня яичного типа с передвижной грядкой и собственной сушилкой (системы Lausmann). У такой системы (23.4) проращиваемый материал ежедневно перемещается на длину суточного участка, а затем высушивается на включенной в конструкцию сушилке.

В замочном чане 1 ячмень замачивают уже известным нам способом и через разгрузочное устройство 2 насухо выгружают на первый суточный участок. Здесь ячмень уложен на подвижном солодорастильном сите 3, которое может подниматься и опускаться с помощью четырех подъемных устройств 4, работающих синхронно.

Каждый суточный участок снабжают необходимым количеством холодного воздуха 9, 10, 11 через специальное аэрационное устройство суточного участка в соответствии с текущим процессом проращивания. Необходимое для этого измерение температуры проращиваемого материала и воздуха осуществляется при помощи измерительной колонки 5, встроенной в середину каждого растильного участка.

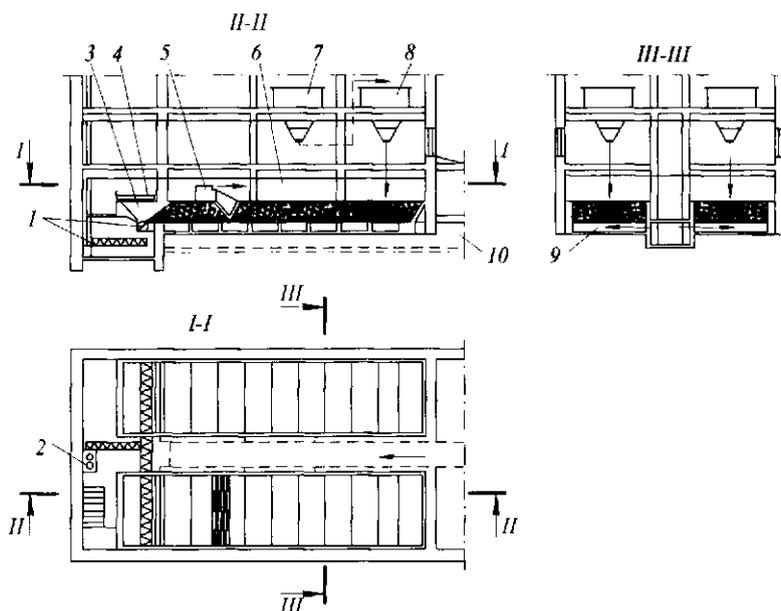


Рис. 23.3 Солодовни с передвижной грядкой

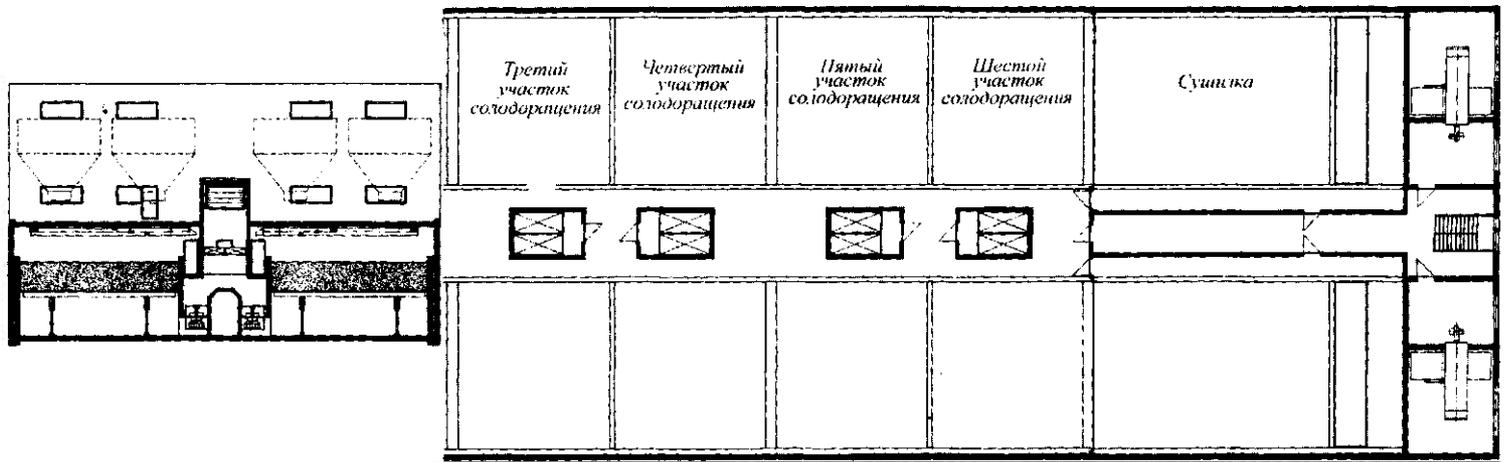
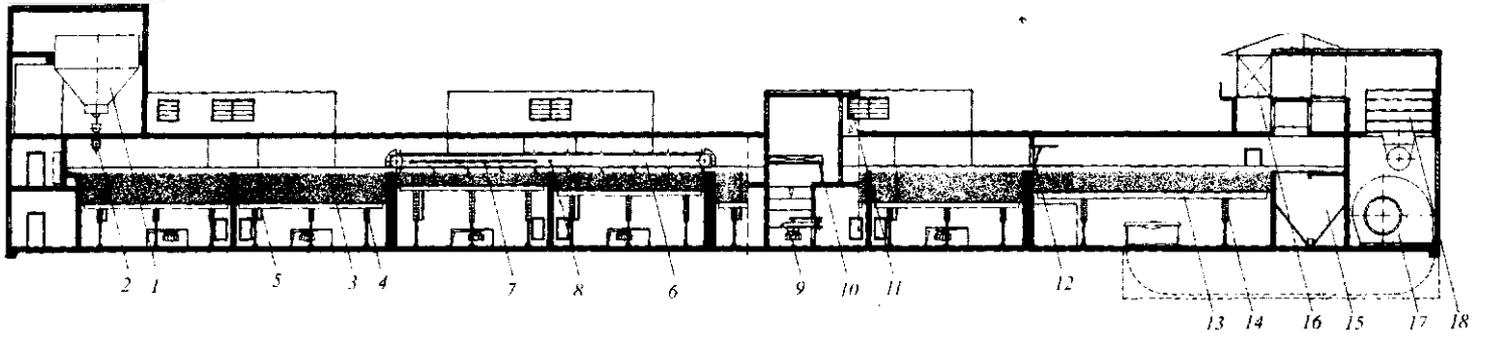


Рис. 23.4 Солодовня ящичного типа с передвижной грядкой и собственной сушилкой

Перемещение и ворошение проращиваемого материала осуществляется с помощью ворошильной машины 6, состоящей из замкнутой ленты со скребками, полой и бережно перемещающей проращиваемый материал. Для этого ворошитель устанавливают над двумя суточными участками, и он перемещает материал с данного участка на следующий. При этом участок, который ворошат, медленно поднимается, а соседний синхронно с ним опускается. Все это осуществляется ежедневно на всех участках, начиная от сушилки.

Для дополнительного увлажнения проращиваемого материала на ворошильной машине устанавливают увлажняющее устройство 7, которое увлажняет поверхность всего проращиваемого зерна в целях увеличения его влажности на 5 %. Устройство для орошения 8 обеспечивает повышение влажности на 1...1,5 %.

На рис. 23.4 приведен поперечный разрез этой установки, выполненный в области первого и второго участка проращивания. Четыре остальных участка имеют такую же конструкцию и показаны в плане.

Сушилка агрегата отделена от помещения проращивания воротами 12. Для выполнения загрузки сушилки тем же ворошителем ворота сушилки открываются, а затем из теплотехнических соображений снова закрываются. Загрузка сушилки 13 продолжается около 45 мин., а опорожнение в лоток – около 20 мин. Сушилка оснащена также высокопроизводительной центробежной воздуходувкой 17 с регулируемой частотой вращения, которая всасывает свежий или оборотный воздух через подогреватель 18 и нагнетает его в высушиваемый материал.

Установка управляется полностью автоматически и обеспечивает отдельную обработку каждого суточного участка. К ее преимуществам можно отнести:

- возможность осуществления различных способов солодоращения;
- небольшие строительные объемы;
- безопасность эксплуатации при минимальных затратах на обслуживание;
- приемлемая стоимость эксплуатации, отсутствие пиковых нагрузок;
- благоприятное соотношение «стоимость : производительность».

Комбинированные системы проращивания и сушки (система Unimalzer Hauner, Diespeck). Проращивание и сушку можно осуществлять в одной емкости («статическая солодовня»). Для этого, естественно, емкость должна быть оснащена установками для получения воздуха как для проращивания, так и для сушки (включая отопительные устройства). В настоящее время подобные установки сооружают в основном круглой формы.

Их преимущества заключаются в том, что:

- исключается транспортировка свежепрососшего солода, а значит, и его повреждение;
- экономится энергия, так как нет ее затрат на транспортировку, а также
- экономится время и площадь, так как все процессы протекают в одном месте.

Проблемой в данном случае остается большая разница температур при проращивании и при сушке, приводящая к высоким напряжениям конструкции здания. В системе Unimalzer (рис. 23.5) этому противодействуют, применяя стальную сегментную оболочку с наружной теплоизоляцией. Она свободно деформируется при нагревании, и при этом напряжений строительных конструкций не возникает. Утеплитель (маты из минеральной ваты) располагают между стенкой из нержавеющей стали и облицовкой из трапециевидных листов, устойчивых к изменениям погоды.

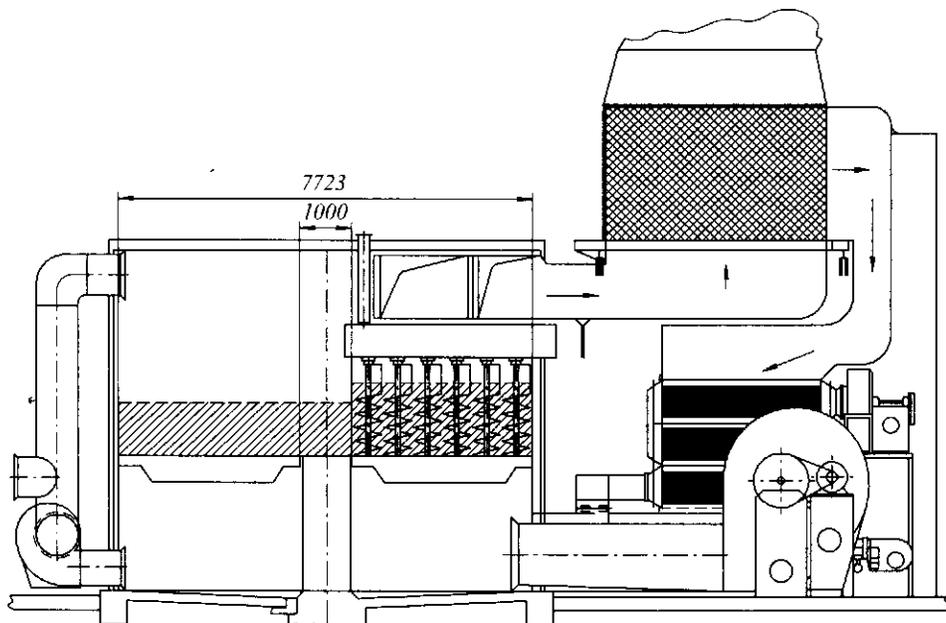


Рис. 23.5 Комбинированная система для проращивания и сушки

В такой системе применяют поворотные решетки с удельной нагрузкой до 600 кг ячменя на 1 м². Привод для поворота решетки со скоростью 0,4...0,5 м/мин. осуществляется двумя-четырьмя электродвигателями, закрепленными на стенке из нержавеющей стали и обеспечивающими один оборот примерно за 2 часа.

Жестко закрепленный шнековый ворошитель имеет нечетное число шпинделей, вращающихся с различной скоростью, как и у шнековых ворошителей старой конструкции. При этом угловая скорость снаружи выше, что обеспечивает равномерное ворошение. Так как все процессы в установке Unimalzer проходят в одной емкости, то в каждом ящике можно изменять температуру и подачу воздуха в широких пределах, не будучи связанными с жестко регламентированной схемой производства. Вокруг сушильной, вентиляционной и тепловой магистрали может быть размещено до 8 емкостей, которые оснащаются собственными установками для обеспечения подачи воздуха, необходимого для проращивания.

Ковшовый ворошитель солода типа ВВС (рис. 23.6) предназначен для механизации трудоемких процессов солодоращения-ворошения и выгрузки солода из ящиков. Он состоит из тележки ворошителя 1, ворошителя ковшового 2, механизма подъема ковшей 3 и электрооборудования 4.

Тележка ворошителя 1 представляет собой сварную металлоконструкцию, состоящую из рамы, вала заднего и переднего ходов, колес передних и задних. На тележке устанавливаются все сборочные единицы и механизмы солодоворошителя. Передние колеса являются направляющими, а два задних – ведущими.

Привод тележки осуществляется от реверсивного электродвигателя через червячный редуктор, коробку скоростей и цепную передачу. Наличие коробки скоростей позволяет осуществить ход с двумя рабочими скоростями. Первая рабочая скорость включается при выгрузке из ящика солода на транспортные разгрузочные средства. Ворошение солода в ящике производится на второй скорости.

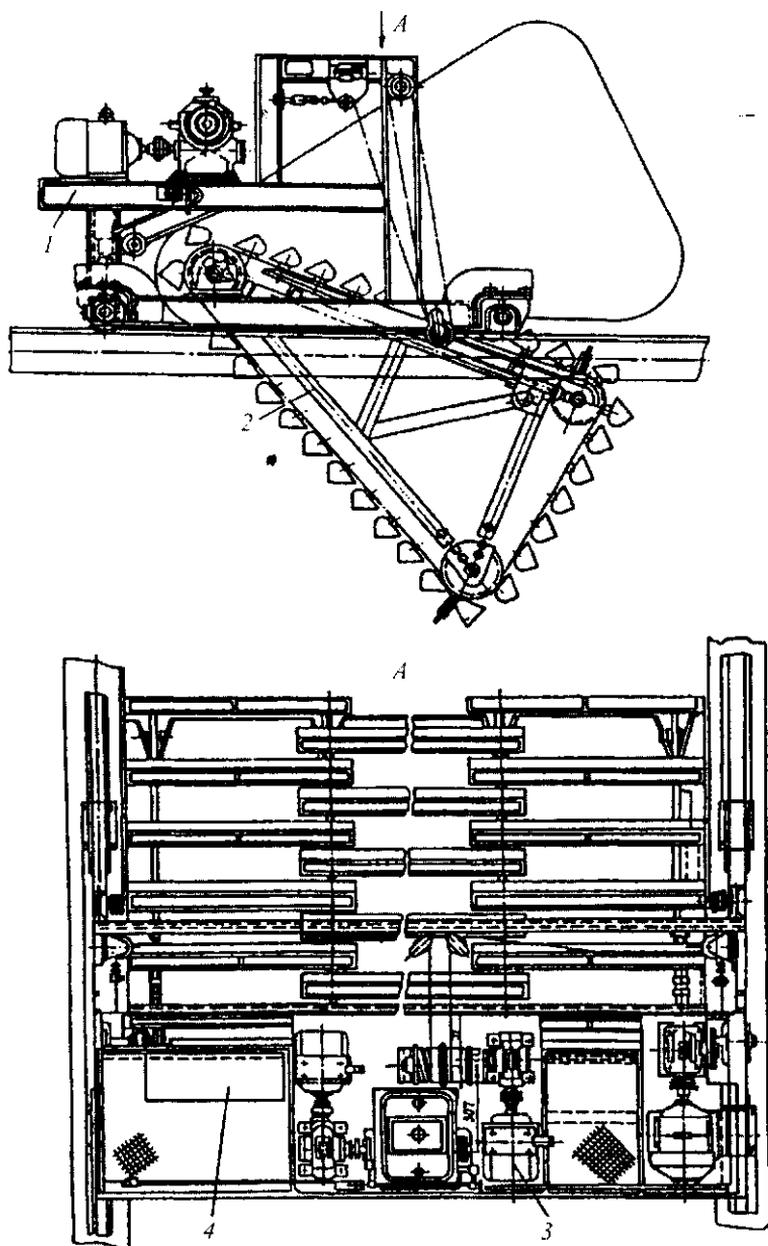


Рис. 23.6 Ковшый ворошитель солода ВВС

Ворошитель ковшый 2 является основным технологическим узлом солодоворошителя и состоит из рамы, вала привода ковшей, направляющих цепей, звездочек натяжных и отводных, цепей с ковшами и привода. Рама – сварная трубчатая металлоконструкция треугольной формы. Вал привода ковшей устанавливается на тележке ворошителя 1. На звездочки, посаженные на валу, натянуты цепи с кронштейнами для крепления ковшей и щеток.

Ворошители солода типа ВВС разработаны десяти типоразмеров, соответствующих ширине грядки (зоны ращения) ящика и высоте слоя солода, соразмерно которым каждый тип ворошителя имеет свою производительность (табл. 23.3).

Техническая характеристика ковшовых ворошителей солода ВВС

Шаг ворошения (длина переброса), мм	1500
Поступательная скорость солода, м/мин:	
при выгрузке	0,117
при ворошении	0,4
заднего хода	6,49
Установленная мощность, кВт:	
привода ворошителя	4
механизма подъема ковшей	3
привода тележки	2,2

Ворошитель ковшовый с удлинителем переброса РЗ-ВВК (рис. 23.7) разработан по типоразмерам для работы в солодорастильных ящиках восьмисуточного ращения с шириной зоны ращения 3,0; 3,5; 4,0 и 4,5 м, высотой слоя солода 1...1,2 м и длиной переброса грядки 2,5...3,0 м.

Каждому типоразмеру ворошителя РЗ-ВВК присваивается обозначение, соответствующее ширине зоны ращения ящика (табл. 23.3). Ковшовый ворошитель РЗ-ВВК состоит из тележки ворошителя 2, ворошителя ковшового 3, механизма подъема ковшей 4, конвейера-удлинителя 1 электрооборудования. Типоразмеры ковшовых ворошителей приведены в табл. 23.4.

Тележка ворошителя 2 служит для установки всех механизмов. Привод тележки осуществляется от электродвигателя через редуктор и коробку скоростей. Ворошитель ковшовый 3 состоит из рамы, вала привода ковшей, цепей с ковшами, звездочек натяжных и отводных, поддона с направляющими для цепей с ковшами и привода. Механизм подъема ковшей 4 служит для подъема рамы с ковшами после окончания выгрузки или ворошения.

Таблица 23.3 Техническая характеристика ворошителей солода

Тип ворошителя	Ширина грядки (зоны ращения), мм	Производительность				Габаритные размеры, мм			Масса, кг
		при ворошении		при разгрузке		длина	ширина	высота	
		м ³ /ч	т/ч	м ³ /ч	т/ч				
Для высоты слоя солода 1200 мм									
ВС1-1	2,5	67,5	27	23,5	8,5	2950	2970	1150	3300
ВС1-2	3,0	89	34	26	10	2950	3470	1150	3450
ВС1-3	3,5	94,5	39	31	12	2950	3970	1150	3550
ВС1-4	4,0	125	48	37	14	2950	4470	1150	3700
ВС1-5	4,5	133	51	39	15	2950	4970	1150	3800
Для высоты слоя солода 750 мм									
ВС2-1	2,5	50	19	14	5,5	2700	2970	950	2900
ВС2-2	3,0	60	23	17	6,5	2700	3470	950	3000
ВС2-3	3,5	70	26	20	7,5	2700	3970	950	3050
ВС2-4	4,0	80	30	23	8,5	2700	4470	950	3150
ВС2-5	4,5	90	34	26	9,5	2700	4970	950	3200

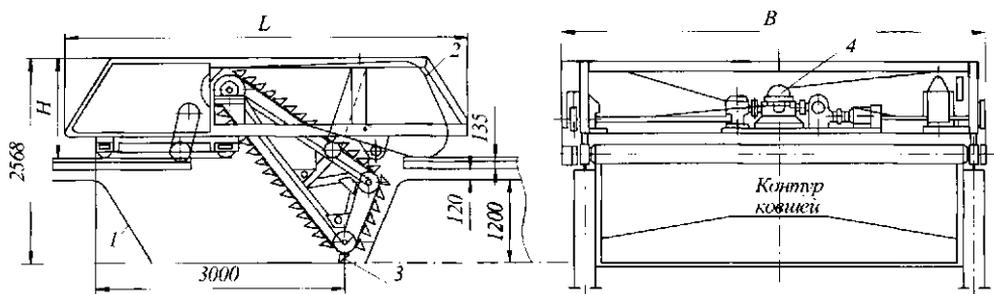


Рис. 23.7 Ковшовый ворошитель с удлинителем переброса РЗ-ВВК

Он состоит из лебедки-барабана, направляющих роликов, верхних и нижних блоков, привода. Конвейер-удлинитель *1* предназначен для увеличения длины переброса (перемещения) солода с 1,5 до 3,0 м. Он состоит из рамы с направляющими для цепей конвейера, двух валов, на которые посажены звездочки, блока звездочек со свободным ходом и привода.

Таблица 23.4. Типоразмеры ковшовых ворошителей РЗ-ВВК

Тип ворошителя	Габаритные размеры, мм			Масса (с транспортером длиной переброса 2,5 м), кг
	длина <i>L</i>	ширина <i>B</i>	высота <i>H</i>	
РЗ-ВВК-3	4890	3516	1205	5126
РЗ-ВВК-3,5	4890	4016	1205	6062
РЗ-ВВК-4	4890	4516	1205	6768
РЗ-ВВК-4,5	4890	5016	1205	7071

Техническая характеристика РЗ-ВВК

Поступательная скорость солода, м/мин:	
при выгрузке	0,11
при ворошении	0,4
заднего хода	5,6
ковшей	24,2
ленты конвейера-удлинителя	35
Установленная мощность, кВт	11,4

Статические солодовни, работающие по принципу совмещения процессов замачивания и проращивания ячменя, а также сушки солода в одном аппарате (рис. 23.8), состоят из аппаратов для замачивания, проращивания зерна и сушки солода со шнековым ворошителем *5*, теплогенератора *1* с вентилятором *2* и камеры кондиционирования *10* с вентилятором *9*. Отсортированный ячмень после взвешивания подается в моечный аппарат *3*, предварительно наполненный до половины объема водой температурой 14...15 °С. Заполненный водой и зерном моечный аппарат *3* оставляют в покое на 20...30 мин, затем смесь зерна с водой интенсивно перемешивают сжатым воздухом и снимают сплав при непрерывном токе воды. После предварительной мойки зерна в аппарат *3* добавляют дезинфектант, а затем – активатор роста. Через 5...6 ч водно-зерновая смесь гидротранспортером направляется в аппарат *4* для замачивания и проращивания зерна и сушки солода. Продолжительность загрузки аппарата *4* зерном не должна превышать 1...1,5 ч. Расход воды на мойку и гидротранс-

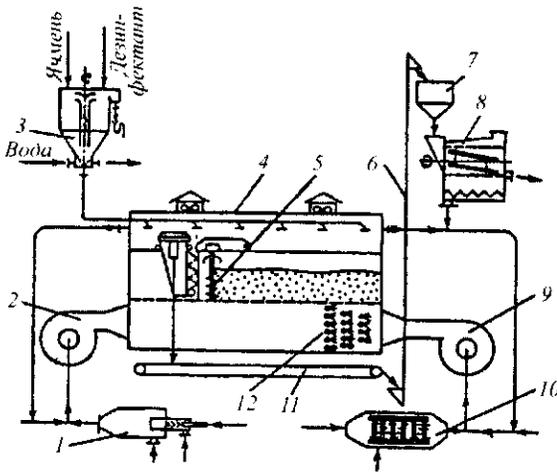


Рис. 23.8 Принципиальная схема статической солодовни с совмещенным способом

портирование зерна составляет 2...4 м³. Аппарат 4 периодического действия представляет собой индивидуальную камеру с ситчатым дном, шнековым солодovorшителем 5 для ворошения и выгрузки солода, а также транспортным оборудованием (механический конвейер 11 и нория 6).

Ситчатое дно аппарата 4, на котором укладывается зерно, выполняется из плетеных решеток, изготовленных из нержавеющей проволоки. Для обеспечения равномерного распределения давления сушильного агента в подситовом пространстве его высота должна составлять не менее 2 м.

Для увлажнения и охлаждения воздуха, поступающего в аппарат 4 в период замачивания и проращивания зерна, под ситом дополнительно устанавливаются форсунки 12 для получения однородного факела.

Выгруженный на сита аппарата 4 ячмень оставляют в покое на 5 ч, обеспечивая при этом удаление избыточной воды и поглощение ее с поверхности зерна. Дальнейшее замачивание осуществляется воздушно-оросительным способом с периодической или непрерывной продувкой слоя кондиционированным способом и орошением распыленной водой. Оптимальный расход кондиционированного воздуха составляет 250...300 м³/(ч·т), оптимальный расход воды – 1 м³ на 1 т ячменя.

Орошение зерна водой во время его ворошения шнековым ворошителем 5, на котором установлена оросительная система, необходимо проводить в зависимости от способности ячменя к водопоглощению. Продолжительность замачивания зерна до достижения влажности 45 % составляет в среднем 30...40 ч.

При достижении зерном влажности 43...46 % орошение водой прекращается. В процессе проращивания зерновую массу необходимо ворошить 2...3 раза в сутки, периодически или непрерывно продувая кондиционированным воздухом с помощью вентилятора 9. Максимальная высота свежепросоженного солода составляет 1,5...2 м.

После окончания проращивания свежепросоженный солод в аппарате 4 подвергают сушке и термической обработке сушильным агентом, подготовленным в теплогенераторе 1. Сушку и термическую обработку солода проводят без ворошения в течение 20 ч. Расход сушильного агента на сушку солода составляет 4...4,5 тыс. м³/(ч·т) при давлении 1000 Па. В конце сушки расход агента уменьшается до 2 тыс. м³/(ч·т) при давлении 400 Па. В процессе сушки солода необходимо не только удалить из него избыточную влагу, но и обеспечить благоприятные условия для протекания физиологических, биохимических и химических процессов, в результате которых продукт приобретает определенные технологические свойства.

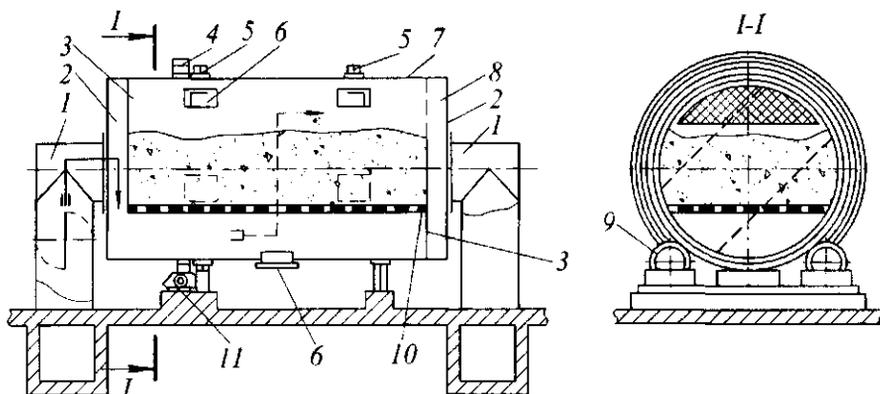


Рис. 23.9 Солодорастильный барабан с плоским ситом

Сухой солод выгружают из аппарата 4 с помощью шнекового ворошителя 5, который подает зерно на механический конвейер 11, расположенный вдоль аппарата 4, а отсюда на норью 6 в бункер 7, росткоотбойную машину 8 и далее на склад.

Солодорастильные барабаны. Пневматический солодорастильный барабан с плоским ситом (рис. 23.9) представляет собой горизонтальный цилиндр 7 с двумя бандажми 5, опирающимися на две пары роликов 9. К ведущему бандажу прикреплена червячная шестерня 4, находящаяся в зацеплении с червяком 11, который приводит во вращение барабан 7. Люки 6 на корпусе барабана предназначены для загрузки замоченного зерна и выгрузки свежепросошедшего солода. Замоченное зерно ровным слоем укладывается на плоское сито 10.

После заполнения через верхние люки 6 зерном барабан 7 приводится во вращение. Проращивание зерна происходит в неподвижном барабане при нижнем горизонтальном положении сита 10. Кондиционированный воздух подается по левому воздуховоду 1, затем проходит между днищами 2 и 3 и попадает в подситовое пространство, откуда через сито 10 пронизывает слой проращиваемого в барабане 7 зерна.

Отработанный (нагретый и насыщенный диоксидом углерода) воздух через сетку 8 внутреннего днища 3 проходит в правую камеру между днищами 2 и 3 и удаляется из барабана по правому воздуховоду 1 в атмосферу или на рециркуляцию. Вращение барабана 7 (один оборот за 45 мин) для перемещения солода осуществляется 1...2 раза в сутки. В этот период подача кондиционированного воздуха прекращается.

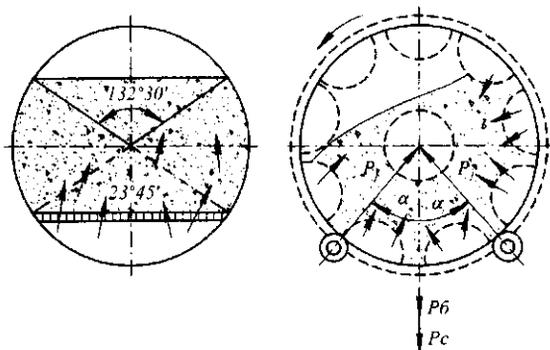


Рис. 23.10 Схемы пневматических барабанов с плоским ситом и сетчатыми трубами

В первые дни загрузки замоченным зерном барабан 7 более продолжительное время находится в покое, благодаря чему ускоряется процесс проращивания зерна. К продуванию слоя зерна кондиционированным воздухом ($t = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\varphi = 100\%$) приступают по достижении в зерне температуры 16...17 $^{\circ}\text{C}$. Продувание воздухом проводится до тех пор, пока солод не охладится до 12...14 $^{\circ}\text{C}$.

Свежепроросший солод выгружается через люки б шнеками, которые устанавливаются внутри барабана над ситом. В этот период сито находится в верхнем горизонтальном положении.

Для барабанов с плоским ситом и ситчатыми трубами (рис. 23.10) степень заполнения составляет 50...60 %, а зерно продувается кондиционированным воздухом и перемешивается в результате медленного вращения аппарата. Число барабанов принимают равным числу суток рашения солода.

Техническая характеристика барабана с плоским ситом

Вместимость (по ячменю), т	12
Наружный диаметр, мм	3100
Полная длина, м	9000
Длина сит, мм	8400
Ширина сит, мм	2800
Частота вращения, ч ⁻¹	1,3
Установленная мощность электродвигателей с приводом, кВт:	
на каждый барабан	2,0
на группу в четыре барабана	3,5
Габаритные размеры, мм	11 400×3700×4050
Масса без солода, кг	11 000

В барабане с ситчатыми трубами, которые примыкают к периферии внутренней обечайки, внутри закреплена центральная ситчатая труба. Периферийные трубы предназначены для подачи воздуха в слой прорашиваемого зерна, а центральная труба – для удаления из барабана отработанного воздуха.

Инженерные расчеты. Количество воздуха, необходимое для проветривания прорашиваемого в пневматической солодовне зерна, рассчитывают в соответствии с количеством выделяющейся при прорашивании теплоты.

Для подбора вентилятора определяют объемный часовой расход воздуха $V_в$ (м³/ч) по формуле

$$V_в = mK / (\tau_{пр} 24\rho_в),$$

где m – потребная масса воздуха за весь цикл прорашивания солода, кг; K – коэффициент неравномерности (при индивидуальной установке вентилятора на каждом ящике $K = 2,3$; при групповой установке $K = 1,1$); $\tau_{пр}$ – продолжительность проветривания ячменя ($\tau_{пр} = 65$ сут); $\rho_в$ – плотность кондиционированного воздуха ($\rho_в = 1,29$ кг/м³ при $t = 12$ °С).

Удельный объемный расход воздуха $V_{уд}$ на каждый килограмм очищенного сухого ячменя, идущего на замачивание [м³/(кг·ч)], равен

$$V_{уд} = V_в / G_я.$$

Площадь поверхности сита одного ящика зоны вращения ковшового ворошителя $F_я$ (м²) рассчитывают по формуле

$$F_я = 1,5G_я / \rho h,$$

где $G_{\text{я}}$ – масса очищенного ячменя, одновременно загружаемого в ящик, кг; ρ – насыпная плотность воздушно-сухого ячменя, кг/м^3 ; h – высота слоя замоченного ячменя в ящике, м.

В солодовне с передвижной грядкой длина ящика $L_{\text{я}}$ (м) зависит не только от массы перерабатываемого зерна, но и от ширины ворошителя и длины переброса солода:

$$L_{\text{я}} = \tau_p n_x l,$$

где τ_p – продолжительность проращивания солода ($\tau_p = 6 \dots 8$ сут); n_x – число рабочих ходов ворошителя в сутки ($n_x = 1 \dots 2$); l – длина переброса солода ворошителем, м ($l = 1,5; 2,5$ и $3,0$).

Объем замоченного ячменя, ежесуточно поступающего в ящик и распределяемого в нем слоем h , рассчитывается как

$$V_{\text{я}} = 1,5G_{\text{я}} / \rho = l n_x b_{\text{я}} h,$$

откуда ширина ящика $b_{\text{я}}$ (м) равна

$$b_{\text{я}} = 1,5G_{\text{я}} / (\rho l n_x h).$$

Общая площадь сита ящика F (м^2) определяется как

$$F = L_{\text{я}} b_{\text{я}} = 1,5G_{\text{я}} \tau_p / (\rho h),$$

тогда производительность ящика солодовни с передвижной грядкой Π (кг/ч)

$$\Pi = F \rho h / 36 \tau_p.$$

Выход замоченного зерна G_z (кг) из 1 кг очищенного ячменя

$$G_z = 1 + (W_z - W_o) / (100 - W_o),$$

где W_o – начальная влажность очищенного ячменя, %; W_z – влажность замоченного зерна, %.

Потребная масса воздуха на проветривание 1 кг солода m_1 (кг)

$$m_1 = \Phi / (i_2 - i_1),$$

где Φ – удельный расход теплоты, которую необходимо удалить из 1 кг солода, кДж/кг ; i_1 и i_2 – соответственно удельные энтальпии кондиционированного и отработанного воздуха, кДж/кг .

Удельный объемный расход кондиционированного воздуха на проветривание свежепросоженного солода V' ($\text{м}^3/\text{ч}$) равен

$$V' = m_1 \tau_1 / \rho_a,$$

где τ_1 – продолжительность проветривания свежеприготовленного солода, ч; ρ_a – плотность кондиционированного воздуха, кг/м^3 .

Удельный объемный часовой расход воздуха на 1 кг свежепросоженного солода $V_{\text{уд}}$ ($\text{м}^3/\text{ч}$) составляет

$$V_{\text{уд}} = K V' / (\tau_p 24),$$

где K – коэффициент неравномерности подачи кондиционированного воздуха; τ_p – продолжительность ращения солода, ч.

Производительность разгрузочного шнека винтового конвейера Π_p (кг/ч)

$$\Pi_p = 1068 D_p^2 S_p n_{ш} \rho,$$

где D_p – диаметр разгрузочного шнека, м; S_p – шаг витка, м; $n_{ш}$ – частота вращения шнека, с⁻¹; ρ – насыпная плотность зерна, кг/м³.

Так как выгрузка свежесушенного солода осуществляется несколькими шнеками разгрузочного конвейера, то общая их производительность $\Pi_{p.общ}$ (кг/ч)

$$\Pi_{p.общ} = m \Pi_p,$$

где m – число разгрузочных шнеков.

Мощность N_p (кВт), необходимая для привода разгрузочных шнеков при выгрузке солода, определяется по формуле

$$N_p = 2,78 \cdot 10^{-7} G_{p.общ} h_c k_T (k_c + 1) g / \eta_n = 2,75 \cdot 10^{-6} G_{p.общ} h_c g,$$

где h_c – высота слоя солода, м; $k_T = 1,2$ – коэффициент, учитывающий трение в подшипниках; $k_c = 6$ – коэффициент сопротивления перемещаемого продукта; $h_n = 0,85$ – КПД передачи.

Крутящий момент каждого вала винта шнека $M_{кр}$ (Н·м)

$$M_{кр} = (16,25 N_p g) / m n_{ш}.$$

Мощность N (кВт), необходимая для вращения шнеков ворошения и перемещения солода, определяется в виде

$$N = N_p z / m,$$

где m – число шнеков.

Мощность привода N_n (кВт) рассчитывается как

$$N_n = N / \eta_n.$$



Одно из самых удивительных заблуждений – заблуждение в том, что счастье человека в том, чтобы ничего не делать.
ТОЛСТОЙ ЛЕВ НИКОЛАЕВИЧ (1828–1910),
русский писатель

23.4. ДРОЖЖЕВЫЕ И ДРОЖЖЕРАСТИЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

В *дрожжевых аппаратах* (рис. 23.11) производят периодичное культивирование дрожжей в спиртовом производстве. Это геометрически закрытый цилиндрико-конический аппарат, снабженный двумя змеевиками 1: один – для стерилизации среды паром, второй – для охлаждения среды и поддержания постоянной температуры при размешивании дрожжей. В аппарате размещена мешалка 2, которая может быть с верхним или боковым приводом.

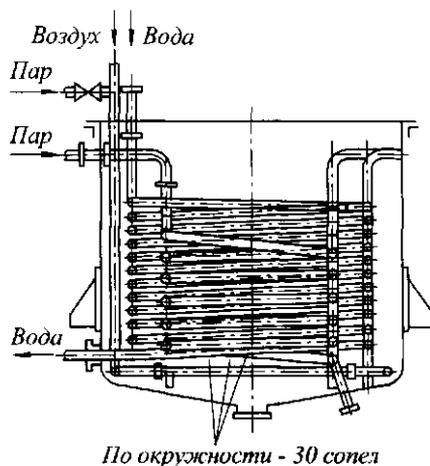
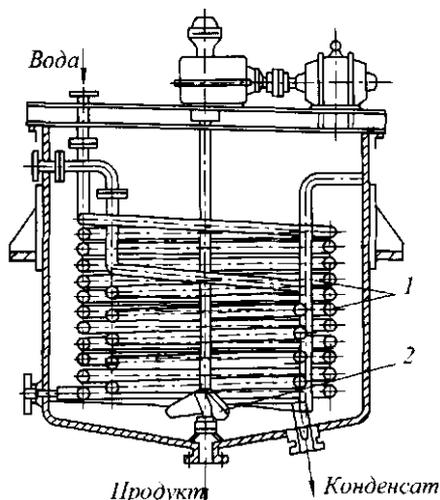


Рис. 23.11 Принципиальная схема дрожжевого аппарата Рис. 23.12 Принципиальная схема дрожжевого аппарата с воздушным перемешиванием

Суть способа периодического культивирования состоит в том, что все операции – подготовка суслу, ввод посевных дрожжей, выращивание, ввод дрожжей, промывка стенок и их стерилизация, охлаждение и повторение наполнения – осуществляют последовательно.

Перемешивание дрожжевой массы может быть осуществлено также сжатым воздухом, подаваемым через барботер. Воздух предварительно должен быть очищен в биологическом фильтре. Расход воздуха составляет $0,4...1 \text{ м}^3$ на 1 м^2 свободной поверхности жидкости в аппарате в минуту. Дрожжевой аппарат с воздушным перемешиванием изображен на рис. 23.12. При перемешивании мешалкой электродвигателя принимают расход мощности из расчета 1 кВт на 1 м^3 дрожжевой массы.

Дрожжевые аппараты изготовляют из стали толщиной $5...6 \text{ мм}$. Расчет поверхности охлаждения змеевика аналогичен расчету змеевика бродильного аппарата. Площадь поверхности змеевика для воды принимают из расчета 2 м^2 на 1 м^3 полезной емкости аппарата; площадь поверхности парового змеевика – $0,8 \text{ м}^2$ на 1 м^3 полезной вместимости аппарата.

Вместимость дрожжевого аппарата составляет – $6...8 \%$ объема бродильного аппарата, коэффициент наполнения $0,8$.

Дрожжерастильные аппараты предназначены для размножения дрожжей в производстве хлебопекарных дрожжей при сохранении их подъемной силы. Процесс выращивания дрожжей длится $20...36 \text{ ч}$, выход их составляет $70...85 \%$ количества мелассы. В дрожжевом производстве стремятся погасить брожение и активизировать размножение дрожжей. Поэтому в современном дрожжерастильном аппарате должны обеспечиваться: значительное разбавление дрожжевой суспензии (до 25 м^3 на 1 т мелассы), хорошая аэрация (до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха на 1 м^3 объема аппарата), строго определенная концентрация питательных веществ во время размножения дрожжей и определенная температура.

Техническая характеристика дрожжерастильных аппаратов приведена в табл. 23.5.

Дрожжерастильный аппарат ВДА-100 (рис. 23.13) представляет собой сварной цилиндрический резервуар с охлаждающей рубашкой и пластинчатой аэраци-

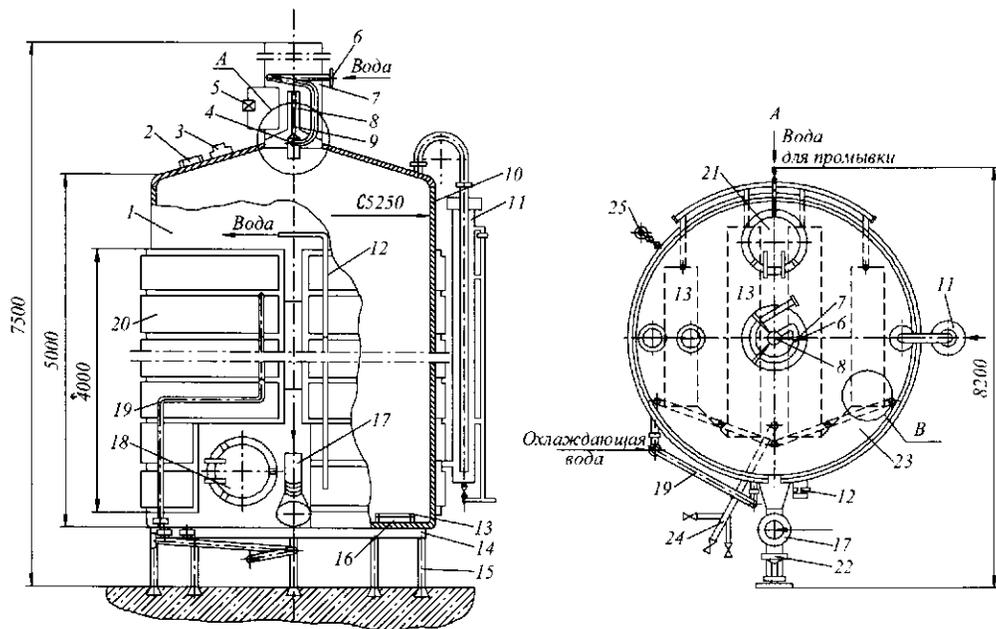


Рис. 23.13 Дрожжерастильный аппарат ВДА-100

онной системой для насыщения суспензии кислородом во время размножения дрожжей. Резервуар 1 установлен на балках 14 и стойках 15 и имеет охлаждающую рубашку 20 из десяти секций (поясов). Аппарат снабжен люками 18 и 21 для обслуживания и ремонта, смотровым окном 2, осветлителем 3, гидрозатвором 11, воздухоподводящей трубой 17, коробами 13 аэрационной системы, соплами 16 для промывания коробов, коллектором 19 для подачи воды в секции охлаждающей рубашки и коллектором 12 для вывода воды из охлаждающей рубашки. На крышке аппарата установлена вытяжная труба 7, которая перекрывается заслонкой 10. Заслонка с помощью муфты 4 соединена со штоком 9, несущим поршень, движущийся в цилиндре 8 при помощи гидравлического привода, снабженного четырехходовым краном 5. По шлангу 6 поступает вода для промывания. Подачу воздуха регулируют задвижкой 23 через распределительный коллектор 23. Культуральная среда выводится по трубе 24. За уровнем жидкости в аппарате наблюдают через мерное стекло 25.

Таблица 23.5 Техническая характеристика дрожжерастильных аппаратов

Показатель	ВДА-100	«Пресс-индустрия»	ПНР-200
Производительность, кг/ч	472	200	1680
Рабочий объем, м ³	70	75	140
Вместимость, м ³	100	110	200
Коэффициент массопередачи кислорода, кг/(м ³ ·ч)	1,93	2,5	2,57
Удельный расход воздуха, м ³ /(м·ч)	100	60	61.5

Пластинчатая аэрационная система ВДА включает распределительный коллектор и короба, закрытые сверху перфорированными пластинами с отверстиями диаметром 0,5 мм. В некоторых аппаратах смонтированы трубчатые системы аэрации конструкции ЦРММ. Они состоят из перфорированных трубок диаметром 51 мм, расположен-

ных на днище аппарата на определенном расстоянии. В поперечном сечении трубки имеют 7 рядов отверстий диаметром 0,8...0,9 мм, расположенных через 15°, с шагом 5 мм. Трубки соединены с воздухораспределительным коллектором.

Аппарат итальянской фирмы «Пресс-индустрия» (рис. 23.14) предназначен для выращивания дрожжей в концентрированных средах. Дрожжерастильный аппарат (рис. 23.14, а) установлен на опорной раме 14 и в нижней части содержит штуцеры для подачи сжатого воздуха 12, для вывода продукта 13, а также люк 1. Охлажденное дрожжевое сусло подается через штуцер 11, установленный в средней части аппарата. Здесь же находится патрубок 2 для установки датчиков температуры и рН. На верхней крышке аппарата размещены люк 3 и смотровое окно 10, а также патрубок 4 для установки датчиков регулятора и сигнализатора уровня и штуцеры: для подачи аммиачной воды 5, для подачи олеиновой кислоты 6, для крепления мочевиной головки 7, для подачи засевных дрожжей 8 и для подачи питательной среды, воды, пара, растворов диаммонийфосфата и серной кислоты 9.

Аппарат оснащен трубчатой аэрационной системой (рис. 23.14, б), перфорированные трубки 2 которой крепятся к коллектору 3, соединенному с трубопроводом 1. Перфорированные трубки с помощью резьбы соединены с коллектором (лежаком), диаметром 250 мм, на расстоянии 125 мм. С одной стороны коллектора расположено 25 трубок диаметром 40 мм, в которых отверстия диаметром 1,5 мм обращены вниз и расположены в три ряда через 30° (в поперечном сечении). Расположение отверстий в коллекторе и в барботажных трубках представлено на рис. 21.12, в и г. В коллекторе также имеются отверстия диаметром 1,5 мм для выхода воздуха, обра-

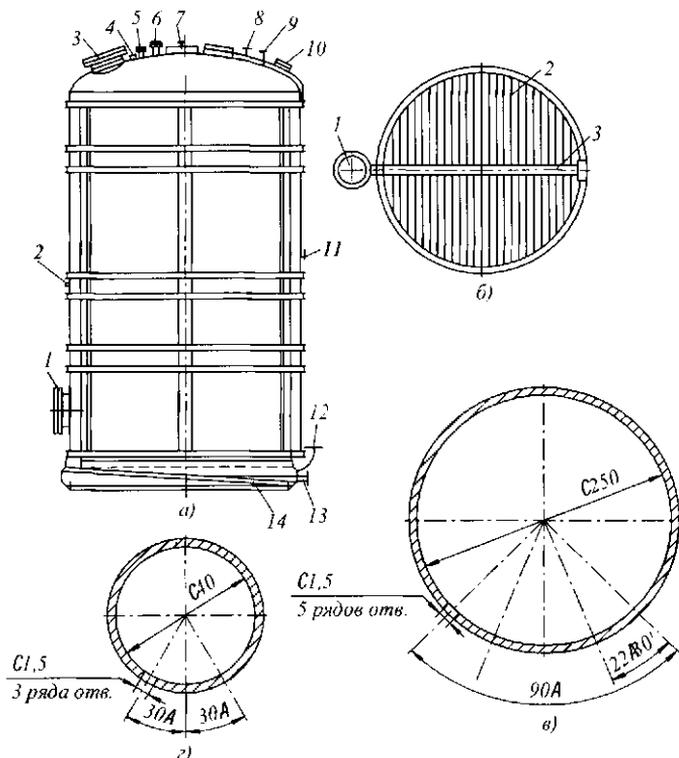


Рис. 23.14 Дрожжерастильный аппарат фирмы "Пресс-индустрия"

щенные вниз с шагом по длине коллектора 50 мм. По поперечному сечению расположено пять рядов отверстий через $23^{\circ}30'$. Такое расположение отверстий исключает застой жидкости в системе аэрации и создает удобства для ее мойки. Культуральная среда охлаждается при прохождении через выносной пластинчатый теплообменник с поверхностью теплообмена 100 м^2 с помощью насоса.

Инженерные расчеты. Стерилизация дрожжевой массы осуществляется путем нагревания ее с $t_1 = 50$ до $t_2 = 85$ °С в течение 30 мин. Количество теплоты, затрачиваемой на стерилизацию дрожжевого затора, Q (кДж) равно

$$Q = 1,05V_3\rho c(t_2 - t_1),$$

где 1,05 -- коэффициент, учитывающий потери теплоты дрожжевым аппаратом в окружающую среду; V_3 -- объем дрожжевого затора в аппарате, м^3 ; ρ -- плотность затора ($\rho = 1087 \text{ кг/м}^3$); c -- теплоемкость затора, $\text{кДж/(кг}\cdot\text{К)}$.

Потребная масса пара на стерилизацию D (кг)

$$D = Q/(i_n - i_k),$$

где i_n -- удельная энтальпия пара, кДж/кг ; i_k -- удельная энтальпия конденсата пара, кДж/кг .

Коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося пара к стенке стального змеевика α_1 [$\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$]

$$\alpha_1 = 0,725\sqrt{\lambda^3 \rho^2 r g / \mu d (t_n - t_{cm})},$$

где λ -- коэффициент теплопроводности пара, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; коэффициент принимается при средней температуре пленки конденсата $t_{ns} = (t_n + t_{cm})/2$; ρ -- плотность пленки конденсата при t_{ns} , кг/м^3 ; μ -- динамическая вязкость, $\text{Па}\cdot\text{с}$; r -- теплота конденсации пара (при $p = 0,3 \text{ Па}$, $r = 2140 \text{ кДж/кг}$); d -- внутренний диаметр трубки змеевика, м ; t_n -- температура насыщенного пара (давление пара для стерилизации $p = 0,3 \text{ Па}$, при этом условии $t_n = 142,9$ °С); t_{cm} -- температура стенки змеевика, на которой конденсируется пар (принимается эту температуру на 5 °С ниже температуры пара).

Коэффициент теплоотдачи от стенки змеевика к дрожжевому затору α_2 [$\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$]

$$\alpha_2 = 0,87(\lambda/D)Re^{0,62} Pr^{0,33}.$$

При перемешивании затора в аппарате мешалкой

$$Re = nd^2 \rho / \mu.$$

Подставляя значения Re и Pr , получаем

$$\alpha_2 = 0,87(\lambda/D)(nd^2 \rho / \mu)^{0,62} (\mu g 3600 c / \lambda)^{0,33},$$

где λ -- коэффициент теплопроводности дрожжевого затора, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; D -- диаметр дрожжевого аппарата, м ; n -- частота вращения мешалки, с^{-1} ; d -- диаметр лопасти мешалки, м ; ρ -- плотность дрожжевого затора, кг/м^3 ; μ -- динамическая вязкость, $\text{Па}\cdot\text{с}$; c -- теплоемкость дрожжевого затора, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; g -- ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$.

По найденным значениям α_1 и α_2 находят коэффициент теплопередачи.

Для расчета площади поверхности нагрева определяют тепловую нагрузку за один час Φ_q (кДж/ч)

$$\Phi_q = Q/60\tau,$$

где Q – потребное количество теплоты за весь цикл работы теплообменников, кДж; τ – продолжительность стерилизации, мин.

Количество теплоты, отводимой от сбраживаемой питательной среды, и расход охлаждающей воды дрожжерастильного аппарата определяют из теплового баланса.

Приход теплоты

Количество теплота, вносимой с питательной средой (растворами солей),

$$Q_1 = G_n c_n t_n$$

Количество теплоты, выделяющейся при брожении,

$$Q_2 = gP$$

Количество теплоты, вносимой в аппарат с охлаждающей водой,

$$Q_3 = G_w c_w t_{1w}$$

Количество теплоты, вносимой в аппарат с воздухом,

$$Q_4 = i_1 L$$

Расход теплоты

Количество теплоты, уходящей с дрожжевой суспензией (бражкой)

$$Q_5 = G_b c_b t_b$$

Количество теплоты, отводимой с охлаждающей водой,

$$Q_6 = G_w c_w t_{2w}$$

Количество теплоты, отводимой с воздухом,

$$Q_7 = i_2 L$$

Потери теплоты в окружающую среду

$$Q_8 = 3600\alpha F_a \Delta t$$

В приведенных формулах G_n , G_w и G_b – расход соответственно питательной среды, охлаждающей воды и бражки, кг/ч; c_n , c_w и c_b – удельная теплоемкость среды, охлаждающей воды и бражки, кДж/(кг·К); t_n , t_b , t_{1w} и t_{2w} – температура питательной среды, бражки, начальная и конечная охлаждающей воды, °С; g – удельное тепловыделение дрожжей ($g = 4171$ кДж/кг); P – прирост расхода дрожжей, кг/ч; L – расход продуваемого воздуха, кг/ч; i_1 , i_2 – удельные энтальпии свежего и отработанного воздуха, кДж/кг; α – коэффициент теплоотдачи от поверхности аппарата в окружающую среду, кВт/(м²·К); F_a – площадь поверхности аппарата, м²; Δt – разность температур сбраживаемой питательной среды и окружающего аппарат воздуха, °С.

Уравнение теплового баланса имеет вид

$$G_n c_n (t_{2n} - t_{1n}) = Q_1 + Q_2 - Q_5 - Q_8 - L(t_2 - t_1).$$

Обозначив правую часть уравнения через Q , находим расход воды

$$G_w = Q / [c_w (t_{2w} - t_{1w})].$$

Площадь поверхности охлаждения дрожжерастильного аппарата $F_{охл}$ (м²)

$$F_{охл} = Q / (3600 K \Delta t_{cp}),$$

где K – коэффициент теплопередачи от охлаждающей воды к сбраживаемой среде, кВт/(м·К); Δt – средняя разность температур сбраживаемой и охлаждающей воды, °С.

На основании опытных данных для аппаратов с рубашками принимают коэффициент теплопередачи $K = 0,3$ кВт/(м²·К). Расход воздуха на продувание в зависимости от принятой схемы аэрации $L = 80...100$ м³/ч на 1 м³ сбраживаемой среды.

Для забора воздуха из атмосферы, его многоступенчатого сжатия до определенного давления и транспортирования в дрожжерастильный аппарат используется воз-

духодувная машина центробежного действия. Удельный расход воздуха $V_{уд}$ в этом аппарате зависит от стадии роста дрожжей и составляет 30...100 м³/(ч·м³). Давление воздуха, которое должна обеспечивать воздуходувка, определяется сопротивлением в воздуховоде ($p_в = 0,005...0,01$ МПа), аэрационной системе ($p_а = 0,01...0,015$ МПа) и воздухоохладителе ($p_о = 0,001...0,002$ МПа) и давлением столба жидкости в аппарате ($p_{ст} = 0,04...0,09$ МПа).

Под действием центробежных сил воздух, захватываемый лопатками рабочего колеса воздуходувки, отбрасывается к ее периферии. При этом сжатый воздух по направляющим каналам поступает к центральной части рабочего колеса следующей ступени сжатия. Величина давления воздуха на выходе из воздуходувной машины определяется частотой вращения ее ротора и числом ступеней сжатия (числом рабочих колес).

Трубчатая аэрационная система, используемая в дрожжерастильном аппарате ВДА-100, состоит из перфорированных трубок ($d_{тр} = 0,051$ м), расположенных по всему днищу с определенным шагом S . В поперечном сечении трубки имеют $z = 7$ рядов отверстий ($d_{отв} = 0,0008...0,001$ м), расположенных через 15°. На 1 м длины трубки приходится $n_1 = 1400$ отверстий. Трубки соединяются с воздухораспределительным коллектором $d_к = 0,35$ м. Число трубок с одной стороны коллектора $n_{тр} = 44$, число отверстий в трубках $n = 24\,500$, длина трубок $L_{общ} = 100...175$ м.

Общий расход воздуха в трубчатой аэрационной системе определяется из уравнения

$$p_о L_о / (273 + t_о) = p_1 L_1 / (273 + t_1),$$

где $p_о$ и p_1 – давление воздуха на входе и выходе воздуходувной машины, МПа; $L_о$ и L_1 – расход воздуха начальный и после его сжатия, м³/ч; $t_о$ и t_1 – начальная температура всасываемого воздуха и конечная температура сжатого воздуха, °С.

Расход воздуха в нагнетательном воздуховоде

$$L_1 = 3600 v_в F,$$

где $v_в$ – скорость воздуха в воздуховоде ($v_в = 16...20$ м/с); F – площадь сечения воздуховода ($F = \pi d_в^2 / 4$; $d_в$ – диаметр воздуховода, м).



Следует стремиться увидеть в каждой вещи то, что еще никто не видел и над чем еще никто не думал.

ЛИХТЕНБЕРГ ГЕОРГ КРИСТОФ (1742-1799),
немецкий писатель, литературный
и театральный критик, ученый-физик

23.5 ФЕРМЕНТАТОРЫ И БИОРЕАКТОРЫ

Аппараты для проведения ферментативных процессов называют **ферментаторами**, а для создания наиболее благоприятных условий жизнедеятельности микроорганизмов – **биореакторами**.

Оборудование, предназначенное для культивирования микроорганизмов – продуктов биологически активных веществ, называют **растительными установками**.

Вибрационные растительные установки основаны на динамическом методе выращивания культур грибов в непрерывно движущемся вибрационном слое. Сущность способа заключается в том, что стерильную питательную среду, смешанную с посевной культурой, в процессе выращивания подвергают вибрационным колебани-

ям с одновременным перемещением в непрерывном потоке. Под действием высокочастотных колебаний в пределах 10...17,5 Гц питательная среда, находящаяся на транспортируемом органе, приобретает специфические свойства: становится более подвижной, уменьшается коэффициент внутреннего трения и снижается сопротивление перемещению. Колебательные импульсы передаются слою транспортируемой среды и она переходит во взвешенное состояние.

Режим вибрационного транспортирования характеризуется непрерывным обновлением поверхностного слоя: часть пути среда совершает в контакте с поверхностью грузонесущего органа, затем отделяется от нее, а через некоторое время снова падает. В результате среда интенсивно перемешивается. Каждая частица среды находится в непрерывном движении в течение 36 ч, при этом интенсивно аэрируются отдельные мельчайшие частицы среды, что в тысячи раз увеличивает активную поверхность среды по сравнению со статическим кюветным способом выращивания.

Физиологическая теплота, выделяемая культурой в процессе активного роста, отводится водой, в результате чего расход кондиционированного воздуха сокращается с 20 000 до 500 м³ на 1 т культуры.

Применение вибрации позволяет интенсифицировать процессы массо- и теплообмена и микробиологического синтеза, механизировать все технологические операции, повысить активность культуры и организовать высокоэффективный процесс.

Вибрационная установка может быть как горизонтальной, так и вертикальной.

Вибрационная установка винтового типа непрерывного действия производительностью 3,5 т/сут (рис. 23.15) состоит из рамы 1, бункера для отрубей 2, стерилизатора 5, вибростерилизатора 3 и четырех, последовательно соединенных, герметизируемых вертикальных вибрационных конвейеров лоткового типа 7. Собственно растительной частью установки являются первые три конвейера, составляющие соответственно первую, вторую и третью зоны роста. Четвертый конвейер предназначен для сушки культуры. Каждый виброконвейер снабжен индивидуальным приводом 8 с дебалансовыми вибраторами, трубопроводами 9, 10 и 11 для подачи среды соответственно на второй, третий и четвертый конвейеры.

Стерильная засеянная питательная среда из вибростерилизатора 3 поступает в приемный лоток 6 первого виброконвейера и под влиянием виброимпульсов, сообщаемых желобу от вибропривода 4, перемещается снизу вверх. Из верхнего лотка первого виброконвейера среда по трубе поступает в нижний приемный лоток второго виброконвейера. Конструктивно второй виброконвейер отличается от первого только тем, что лотки его снабжены водяной рубашкой для отвода теплоты, выделяемой в период активного роста культуры. Для отвода продуктов жизнедеятельности микроорганизмов во второй виброконвейер подается кондиционированный воздух. Из верхнего лотка второго виброконвейера среда поступает по трубе в нижний приемный лоток третьего виброконвейера, устройство которого аналогично первому.

Скорость движения среды по лоткам виброконвейеров составляет 2...3 мм/с, а диаметр и число витков всех виброконвейеров рассчитаны так, чтобы среда находилась в непрерывном движении в течение всего процесса роста. Из верхнего лотка третьего виброконвейера выращенная культура гриба по трубе поступает в нижний приемный лоток четвертого конвейера на сушку. Устройство этого виброконвейера идентично второму, но в рубашку лотков подают воду температурой 70 °С и дополнительно подводится воздух температурой 70...80 °С. Выращенная и высушенная культура гриба выгружается, а воздух после бактериальной очистки удаляется.

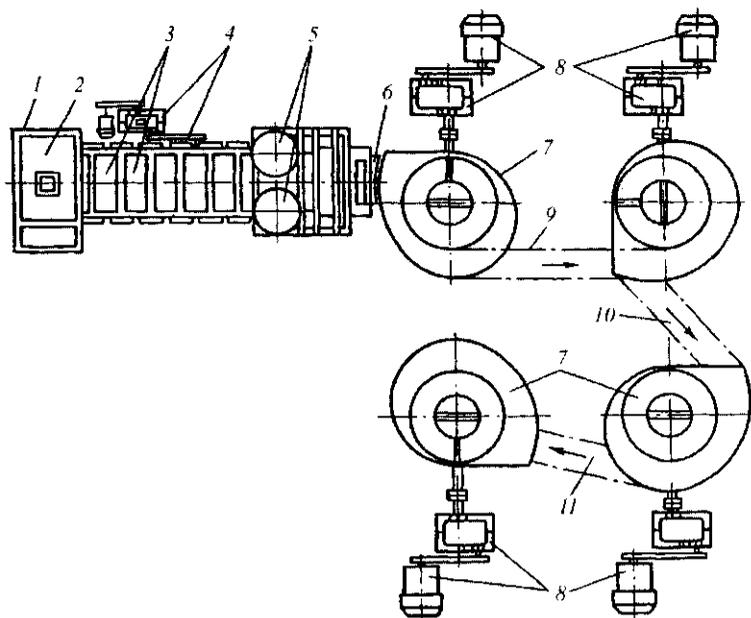


Рис. 23.15 Установка растительная винтового типа непрерывного действия

Техническая характеристика вибрационной растительной установки винтового типа

Производительность по готовой культуре, т/сут

(при продолжительности роста 36 ч) 3,5

Угол подъема винтового лотка (по среднему диаметру) $5^{\circ}40'$

Шаг лотка, мм 219,2

Диаметр желоба, мм:

 наружный 2000

 внутренний 1000

 средний 1500

Ширина лотка, мм 500

Высота лотка, мм 120

Частота колебаний, Гц от 5 до 26

Амплитуда колебаний, мм 5

Угол направления колебаний $87^{\circ}1'$; $89^{\circ}30'$

Установленная мощность электродвигателя, кВт 28...40

Габаритные размеры, мм 5100×8000×7200

Масса, кг 16 000

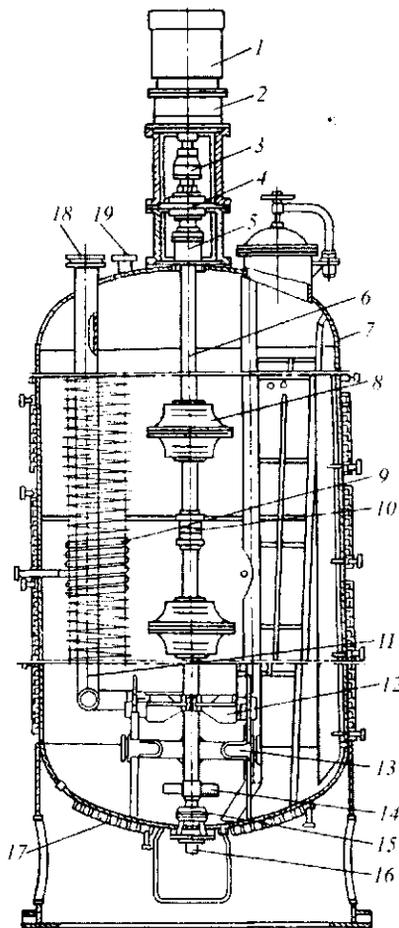


Рис. 23.16 Ферментатор с механическим перемешиванием барботажного типа

Стерильный кондиционированный воздух, необходимый для аэрации в количестве 500...1800 м³ на 1 т культуры, подается кондиционером.

Ферментаторы с механическим перемешиванием барботажного типа широко применяются для стерильных процессов выращивания микроорганизмов – продуцентов биологически активных веществ. Ферментатор (рис. 23.16) такого типа представляет собой вертикальный аппарат цилиндрической формы, изготовленный из стали X18H10T или биметалла с эллиптической крышкой и днищем. Отношение высоты к диаметру равно 2,6:1. На крышке аппарата расположен привод перемешивающего устройства, состоящий из электродвигателя 1, редуктора 2, муфты 3, подшипника 4 и сальника 5. Здесь же установлены штуцеры для загрузки питательной среды и посевного материала 18, подачи и вывода воздуха 19, смотровые окна, люки для погружения моющей механической головки, предохранительный клапан.

Для выгрузки культуры в днище аппарата предусмотрен спускной штуцер 16. Внутри корпуса 7 проходит вал 6 с закрепленными на нем перемешивающими устройствами, состоящими из закрытых турбин 8. Барботер 13 соединен с трубой 11 для подвода воздуха и выполнен в виде разборного ромба из перфорированных труб. В верхней его части расположены в шахматном порядке 2000...3000 отверстий. Вал 6 и перемешивающие устройства 8, 12, 14 с муфтами 10 и 15 приводятся во вращение от мотор-редуктора 2. Ферментатор оборудован рубашкой 17, состоящей из 6...8 ярусов-секций. Каждая секция состоит из 8 навитых опоясывающих каналов, выполненных из уголкового профиля. Площадь поверхности охлаждения рубашки 60 м², внутренняя поверхность которой состоит из змеевиков 9 диаметром 600 мм и общей высотой 2,4 м.

Ферментатор рассчитан для работы под избыточным давлением 0,25 МПа и стерилизации при 130...140 °С, а также для работы под разрежением. В процессе выращивания микроорганизмов давление внутри ферментатора в пределах 50 кПа; расход стерильного воздуха до 1 м³/мин. Высота столба жидкости в аппарате 5...6 м при высоте аппарата более 8 м.

Для обеспечения стерильности процесса предусмотрены торцевые уплотнения вала перемешивающего устройства с паровой защитой. Торцевые уплотнения рассчитаны для работы при давлении до 0,28 МПа и остаточном давлении не ниже

2,7 кПа, температуре 30...250 °С и частоте вращения вала до 500 мин⁻¹. С помощью торцевых уплотнений удастся практически полностью предотвратить утечку среды или попадание воздуха в полость аппарата в месте вывода вала.

Торцевые уплотнения, соприкасающиеся с рабочей средой, изготавливаются из стали X18H10T и X17H13M2T, а также из титана BT-10. Длительность безотказной работы торцевого уплотнения не менее 2000 ч при ресурсе работы 8000 ч. Допустимое радиальное биение вала в зоне торцевого уплотнения не более 0,25 мм, угловое биение вала не более 0,25°.

Техническая характеристика ферментаторов с механическим перемешиванием

• Вместимость ферментатора, м ³	25, 49, 63, 200
Рабочее давление, МПа	0,2...0,3
Коэффициент заполнения	0,5
Скорость выхода воздуха из аэратора, м/с	25
Удельный расход воздуха, м ³ на 1 м ³ растущей культуры микроорганизма	0,5...2,0

Цилиндрический эрлифтный ферментатор (емкостью 1300 м³) предназначен для непрерывного выращивания дрожжей на сусле, которое является отходом гидролизно-дрожжевого производства.

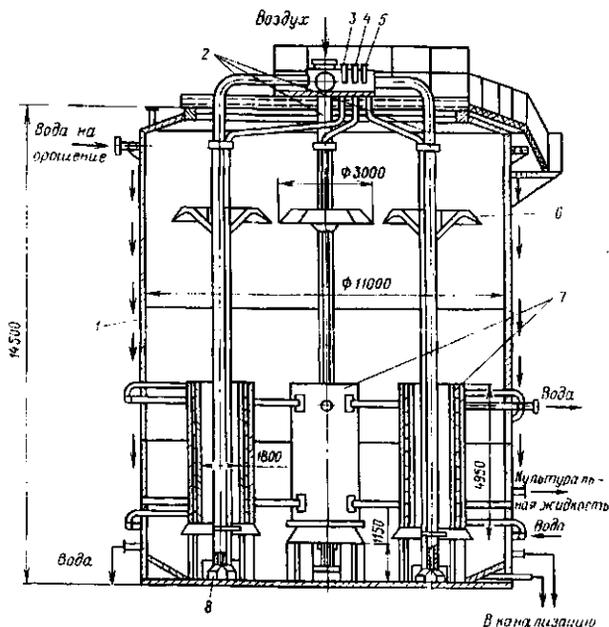


Рис. 23.17 Цилиндрический эрлифтный ферментатор

Он представляет собой стальной сварной корпус 1 с дном в виде усеченного конуса и конической крышкой с центральным отверстием (рис. 23.17). Внутри аппарата установлены четыре диффузора 7, которые создают четыре самостоятельно циркулирующих потока. Через коллектор 2 в центральные трубы каждого диффузора, на конце которых имеются конус и кювета 8, подается сжатый воздух.

На крышке аппарата установлен распределительный бачок, куда через штуцера 3, 4 и 5 поступают бражка, сусло, засевные дрожжи и аммиачная вода. Все компоненты смешиваются и образуют питательную смесь, которая свободным потоком по трубам диаметром 100 мм поступает вниз, в кюветы аэрирующего устройства.

Питательная смесь, переливаясь через край кюветы, смешивается с воздухом, выходящим через щели под кюветой. Образовавшаяся воздушно-жидкостная эмульсия поднимается вверх по диффузору к отбойнику б, откуда, разрушаясь, стекает вниз. Для наружного охлаждения стенок аппарата установлен ороситель в виде коллектора.

Инженерные расчеты. При расчете ферментаторов с механическими мешалками и транспортерами определяют их основные конструктивные и энергетические показатели. При этом объемная масса питательных сред находится в пределах $\rho_c = 1060 \dots 1070 \text{ кг/м}^3$, динамическая вязкость – в пределах $\mu_c = 0,001 \dots 0,0016 \text{ Па}\cdot\text{с}$, теплоемкость принимают равной $c = 4186 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$, коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,6 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Для стерилизации питательной среды внутри ферментатора создается рабочее давление $p = 0,2 \text{ МПа}$. Коэффициент заполнения ферментатора питательной средой в зависимости от состава среды и от вида выращиваемого микроорганизма $k = 0,5 \dots 0,65$. Рабочий объем аппарата $V_p \text{ (м}^3\text{)}$ рассчитывается по формуле

$$V_p = V_{\text{общ}} k .$$

Основные размеры аппарата (высота эллиптической части $h_{эл}$, высота отбортовки h , внутренняя поверхность $F_{\text{ин}}$, емкость днища $V_{\text{дн}}$ и толщина стенки днища S) принимаются

$$h_{эл} = 0,25 D_{\text{вн}} , \quad p \geq 2S ,$$

где $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр ферментатора, м.

Полный объем ферментатора $V_n \text{ (м}^3\text{)}$ складывается из

$$V_n = V_{\text{ц}} + 2V_{\text{дн}} ,$$

где объем цилиндрической части $V_{\text{ц}} = V_n - 2V_{\text{дн}}$.

Высота цилиндрической части ферментатора $H_{\text{ц}}$ (м) равна

$$H_{\text{ц}} = (V_{\text{ц}} - 2V_{\text{дн}}) / F ,$$

где F – площадь сечения ферментатора, м^2

$$F = 0,785 D_{\text{вн}}^2 .$$

Общая высота ферментатора $H_{\text{общ}}$ (м) равна

$$H_{\text{общ}} = H_{\text{ц}} + 2(h_{эл} + h) .$$

Диаметр турбинной мешалки d_m (м) определяется как

$$d_m = (0,3 \dots 0,33) D_{\text{вн}} .$$

При работе мешалки для перемешивания растущей культуры без учета влияния вспомогательных устройств мощность N_m (кВт) определяют по эмпирической формуле

$$N_m = K_N \rho_c m^3 d_m^5,$$

где K_N – критерий мощности, характеризующийся числом Рейнольдса; m – число мешалок

Расчетная мощность на валу мешалки N_p (кВт) равна

$$N_p = k_1 k_2 (\sum k + 1) N_m,$$

где k_1 – коэффициент заполнения аппарата; k_2 – коэффициент, учитывающий увеличение потребляемой мощности из-за повышения сопротивления растущей культуры ($k_2 = 1,1$); $\sum k$ – коэффициент, учитывающий увеличение потребляемой мощности на преодоление сопротивления.

Определение диаметра приводного вала мешалки d_g (м) производят, исходя из прочности его на кручение,

$$d_g = 1,713 \sqrt[3]{(M_{кр} / \tau'_{доп}) + c_m},$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент на валу мешалки, Н·м; $\tau'_{доп}$ – допускаемое напряжение для материала вала на кручение, Н/м²; c_m – поправка на коррозию, эрозию и износ материала, м.



... Без способности к собственному мышлению, без умения вырабатывать собственное мнение, без желания это мнение отстаивать бессмысленно даже пытаться выбрать для себя в качестве поля деятельности научно-исследовательскую работу.
ПРОХОРОВ АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ (1916–2000)
физик, академик РАН

23.6 ТЕХНИКА БУДУЩЕГО: НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Шнековый солодоворошитель для ворошения и выгрузки солода из солодорастильного ящика (Пат. № 1763477 РФ, С12 С1/14) применяется для ворошения и выгрузки солода из солодорастильного ящика при производстве солода. Целью настоящего изобретения является повышение производительности.

На рис. 23.18 изображен солодорастильный ящик со шнековым солодоворошителем; на рис. 23.19 – общий вид солодоворошителя для ворошения и выгрузки солода из солодорастильного ящика; на рис. 23.20 – участок шнека солодоворошителя с лопатками; на рис. 23.21 – лопатка в изометрии.

Устройство содержит вертикально смонтированные на каретке шнеки, в нижней части которых установлены плоские скребки, механизм подвода шнеков, механизм блокировки и систему реверсивного перемещения каретки вдоль ящика.

Согласно изобретению каждый шнек снабжен лопатками, установленными по высоте шнека с диаметрально противоположных сторон между его витками. Каждая из лопаток состоит из двух пластин, один край которых отогнут в сторону раскры-

тия соответствующей части лопатки, а противоположные края шарнирно установлены на неподвижно закрепленном на валу шнека держателе, расположенном перпендикулярно оси вала и параллельно скребкам. При этом на держателе установлен фиксатор раскрытия пластин лопатки, служащий также для рассекания потока.

Заявляемое техническое решение позволяет в режиме выгрузки перемещать значительно больший объем солода, чем при известном техническом решении, что отвечает поставленной цели изобретения – повышению производительности.

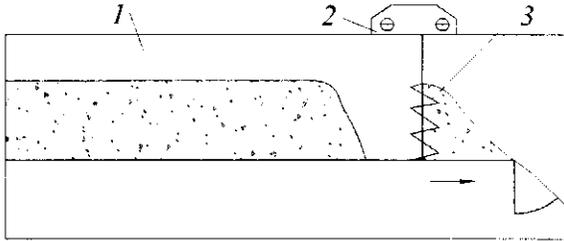


Рис. 23.18 Солодорастильный ящик со шнековым солодovorошителем

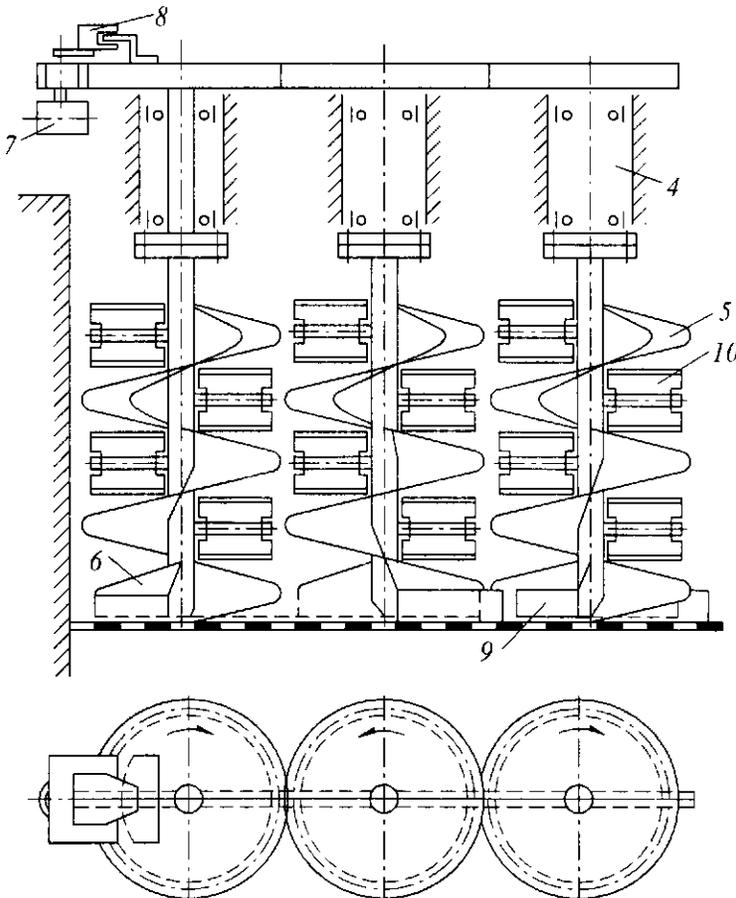


Рис. 23.19 Солодovorошитель для ворошения и выгрузки солода из солодорастильного ящика

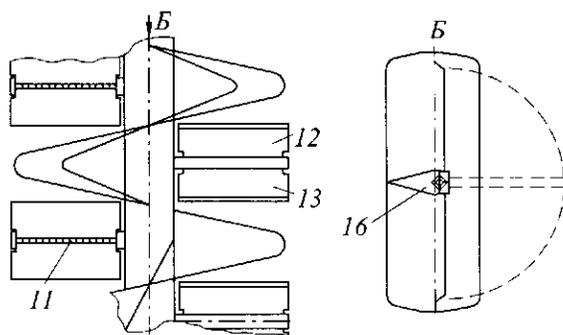


Рис. 23.20 Участок шнека солодоворошителя с лопатками

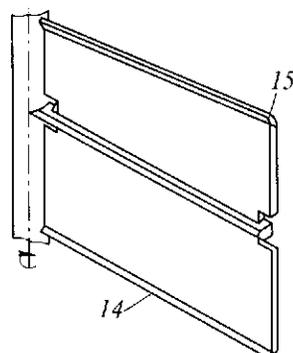


Рис. 23.21 Лопатка

В исходном положении солодоворошитель находится в пустом солодорастильном ящике 1. Пластины 12 и 13 свободно висят на держателе 9. Края 14 и 15 пластин 12 и 13 лопатки 10 обращены под действием силы тяжести вниз ко дну солодорастильного ящика.

После наполнения солодом солодорастильного ящика 1 осуществляется процесс ворошения. Для этого включается привод 7, который вращает шнеки 3 и одновременно перемещает каретку 2 вдоль солодорастильного ящика 1. Вращение шнеков 3 происходит в массе солода, поэтому набегающий поток оказывает давление на пластины 12 и 13 лопаток 10. Под этим действием пластины 12 и 13 занимают горизонтальное положение и перемещаются в массе солода вместе со шнеками 3, оставаясь в горизонтальном положении. Лопатки 10, таким образом, оказываются сложенными и не воздействуют на солод. Кроме этого, фиксатор 16, который выполнен в виде рассекавателя потока, несколько раздвигает слой солода, в котором происходит перемещение лопатки 10, тем самым, предупреждая его травмирование.

Режим выгрузки осуществляется следующим образом. После захода ворошителя в слой определенной длины, подается команда остановки перемещения ворошителя, шнеки 3 продолжают вращаться до тех пор, пока фиксирующий флажок не войдет в паз бесконтактного датчика, после чего выдается команда на останов вращения шнеков 3. В таком положении скребки 6 расположены в одну линию, держатели 9 оказываются расположенными в одной плоскости. Лопатки 10 по-прежнему сложены и пластины 12 и 13 находятся в горизонтальном положении. При этом края 14 и 15 пластин 12 и 13 соответственно всех лопаток 10 обращены в сторону выгрузки.

После команды «Реверс» ворошитель при остановленных шнеках 3 перемещается на каретке 2 вдоль солодорастильного ящика 1 к месту выгрузки.

Набегающий поток солода начинает воздействовать на края 14 и 15 пластин 12 и 13 соответственно. Учитывая то, что края 14 и 15 отогнуты от плоскости пластин 12 и 13, поток солода начинает раздвигать пластины 12 и 13 на шарнире 11 до тех пор, пока те не упрутся в фиксатор 16. Таким образом, пластины 12 и 13 занимают вертикальное положение, и лопатка 10 оказывается полностью раскрыта. При этом каждая лопатка 10 оказывается в той же плоскости, что и скребки 6, образуя тем самым поверхность для перемещения массы солода к месту выгрузки.

При обратном заходе ворошителя в массу солода лопатки 10 складываются под действием набегающего потока солода, и пластины 12 и 13 занимают снова горизонтальное положение. При движении ворошителя к месту выгрузки лопатки 10 снова раскрываются и перемещают объем солода на выгрузку.

Такое перемещение ворошителя осуществляется до полной выгрузки солода из солодорастильного ящика. При этом пластины 12 и 13 лопаток 10 в пространстве, не занятом солодом, опускаются вниз, и все устройство приходит в исходное состояние.

Шнековый солодворошитель для ворошения и выгрузки солода из солодорастильного ящика *отличается* тем, что с целью повышения производительности каждый шнек снабжен лопатками, установленными по высоте шнека с диаметрально противоположных сторон между его витками. Каждая из лопаток состоит из двух пластин, один край которых отогнут в сторону раскрытия соответствующей части лопатки, а противоположные края шарнирно установлены на неподвижно закрепленном на валу шнека держателе, расположенном перпендикулярно оси вала и параллельно скребкам, при этом на держателе установлен фиксатор раскрытия пластин лопатки, служащий также для рассекания потока.

Аппарат для выращивания микроорганизмов (Пат. № 2078807 РФ, С12 М1/02) применяется для производства кормовых и ферментных препаратов.

На рис. 23.23 изображен аппарат для выращивания микроорганизмов; на рис. 23.24 – варианты выполнения просечного листа.

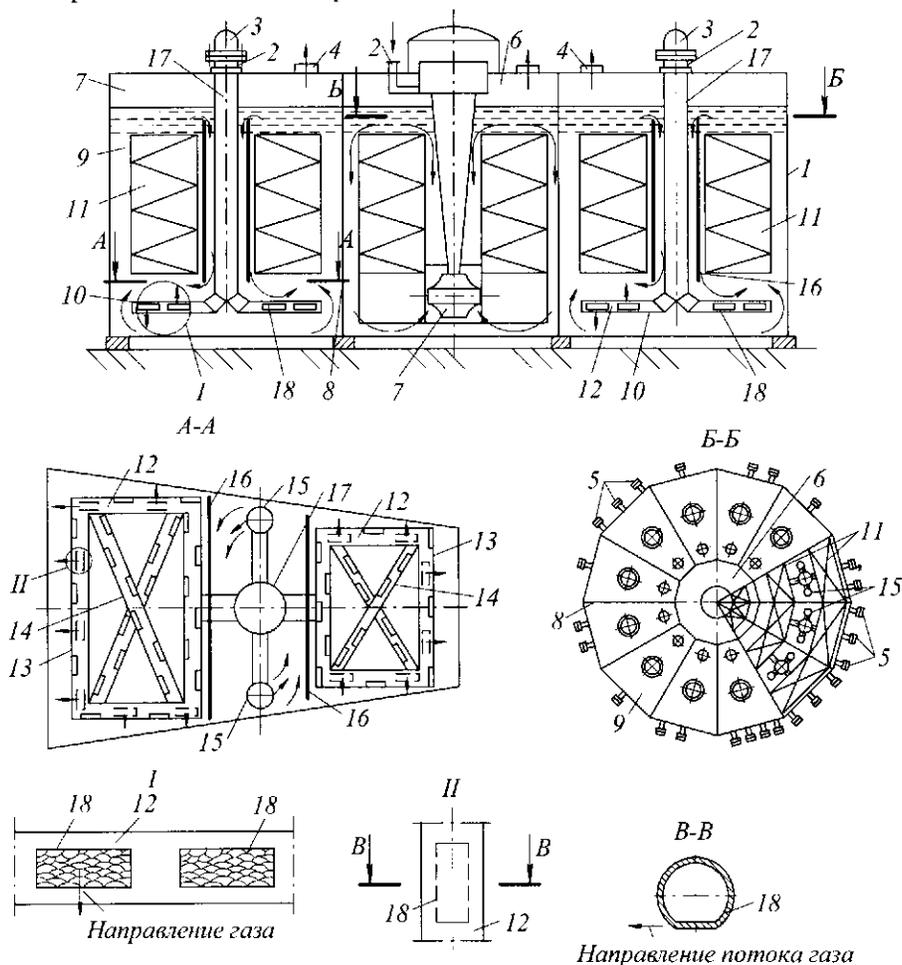
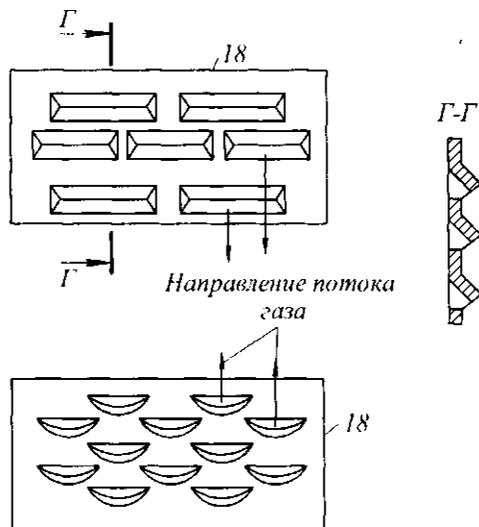


Рис. 23.23 Аппарат для выращивания микроорганизмов



23.24 Варианты выполнения просечного листа

Аппарат для выращивания микроорганизмов содержит емкость 1 с патрубками 2 для подвода воздуха, подключенными к коллектору 3, патрубками 4 для отвода отработанного газа и патрубками 5 для подвода и отвода технологических сред. В центре емкости 1 расположена секция 6, в которой установлена аэрационная турбина 7. Емкость 1 разделена радиальными перегородками 8 на секции 9 трапецидальной формы, в которых установлены аэрационные устройства 10, соединенные с коллектором 3. В секциях 9 и секции 6 размещены теплообменники 11. Каждое аэрационное устройство 10 состоит из труб 12, образующих два замкнутых контура 13 прямоугольной формы, расположенных горизонтально под теплообменниками 11.

Внутри контуров 13 укреплены крестовины 14 из труб. Между контурами противоположно установлены две вертикальные трубы 15. Контур 13 разделены вертикальными перегородками 16, которые закрывают теплообменники 11. Контур 13 и вертикальные трубы соединены с общим газоходом 17 и коллектором 3. Трубы 12, контур 13, крестовины 14 и вертикальные трубы 15 имеют участки, выполненные из просечного листа 18. На трубах 12 и крестовинах 14 участки из просечного листа 18 расположены на нижних и боковых поверхностях труб, а на вертикальных трубах 15 — по их высоте для создания по центру каждой секции вращающегося газожидкостного потока.

Емкость 1 заполняют питательной средой и подают в нее начальную засевную биомассу микроорганизмов. Воздух на аэрацию подается турбовоздуходувками, поступает по коллектору 3, патрубкам 2 и общему газоходу 17 в аэрационные устройства 10, распределяется по замкнутым контурам 13 с крестовинами 14 и вертикальным трубам 15. Диспергирование воздуха осуществляется через участки, выполненные из просечного листа 18, имеющего малое гидравлическое сопротивление. Свободное сечение листа составляет 20...30 % и, благодаря размещению его на нижних и боковых поверхностях труб, поток газа, проходящий через просечки, может иметь различное направление. Выполнение аэрационного устройства в каждой секции 9 из двух замкнутых контуров 13, расположенных горизонтально под теплообменниками 11, позволяет равномерно распределить воздух по объему секции, исключить про-

скок воздуха по центру теплообменников. Различное направление потока воздуха через просеки на нижней и боковой поверхности труб 12 и на крестовинах 14 создает локальную циркуляцию среды и препятствует оседанию дрожжевой суспензии на дне емкости 1, по периферии секций 9 и у стенок емкости. Дрожжевая суспензия, проходя через теплообменники 11 в восходящем газожидкостном потоке, насыщается кислородом воздуха и одновременно охлаждается, увеличивая при более низкой температуре растворимость кислорода.

Циркулирующие потоки суспензии, поднимаясь, поступают в центральную часть секций 9, проходя вдоль перегородок 16, опускаются и направляются под теплообменники 11, замыкая контуры циркуляции. В центральной части секций 9 поток воздуха поступает через участки с просечным листом 18, расположенные по высоте вертикальных труб 15, и направляется по касательной к поверхности трубы. Трубы 15 расположены противоположно контурам 13 напротив друг друга у радиальных перегородок 8, благодаря чему образуются встречные газожидкостные потоки, которые вращают среду в центре секций 9. Таким образом организуется вращающийся газожидкостный поток по центру секций, который взаимодействует с контурами циркуляции от теплообменников 11 в перекрестных направлениях, что интенсифицирует процессы массообмена. Потоки воздуха, выходящие через просечной лист на вертикальных трубах 15, эффективно перемешивают и диспергируют дрожжевую суспензию, имеющую высокую вязкость, что препятствует образованию застойных зон в центральной части секций 9. Переток среды из одной секции в другую осуществляется через вырезы в радиальных перегородках 8 в центральной части секций. Отработанный газ отводится из емкости 1 по патрубкам 4.

Аппарат для выращивания микроорганизмов *отличается* тем, что каждое аэрационное устройство состоит из двух горизонтально расположенных под теплообменниками замкнутых трубчатых контуров прямоугольной формы, внутри которых укреплены крестовины из труб, и противоположно размещенных между контурами двух вертикальных труб. При этом последние и трубы контуров имеют участки, выполненные из просечного листа, причем эти участки в замкнутых контурах расположены на нижних и боковых поверхностях труб, а на вертикальных трубах они расположены по их высоте для создания вращающегося газожидкостного потока по центру каждой секции.

Аппарат для выращивания микроорганизмов или клеток (Пат. № 1773936 РФ, С12 М1/04) применяется для получения биомассы и продуктов биосинтеза микроорганизмов, а также клеток животных и растений.

На рис. 23.24 изображен аппарат для выращивания микроорганизмов или клеток.

Сущность изобретения: аппарат содержит емкость и размещенное в емкости устройство для перемешивания среды, включающее вертикальный шток с приводом, установленный с возможностью возвратно-поступательного перемещения. В верхней части емкости расположены поперечная перегородка с отверстиями, укрепленная на штоке, и размещенные под ней в виде пакета конические перфорированные отражательные элементы, прикрепленные к стенке емкости, при этом одна из пластин, верхняя, расположена между перегородкой и коническими элементами.

Целью изобретения является создание конструкции аппарата для выращивания микроорганизмов или клеток, в котором повышается выход целевых продуктов за счет более полного перемешивания, аэрирования и ликвидации застойных зон.

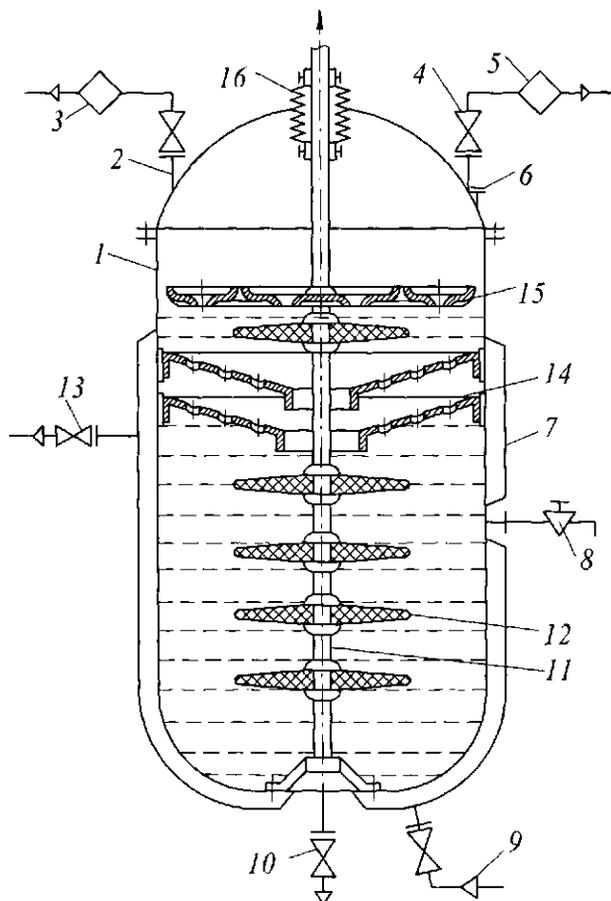


Рис. 23.24 Аппарат для выращивания микроорганизмов или клеток

Новым в предложенной конструкции является замена статического аэратора-барботера на систему динамической аэрации. Это достигается установкой на штоке жесткой перфорированной поперечной перегородки, совершающей возвратно-поступательное движение. Для создания аэрационного эффекта аэрирующая перегородка располагается вблизи поверхности жидкости. Отличительной особенностью аэрирующей перегородки является то, что отверстия в перегородке выполнены в продольном сечении в виде усеченных конусов и расположены по концентрическим окружностям по всей площади перегородки с чередованием обращения больших оснований этих конусов вверх-вниз. Применение конических отверстий позволяет создать дополнительную турбулизацию поверхностного слоя жидкости, усиливающую поверхностную аэрацию. Аэрирующая перегородка одновременно выполняет роль механического пеногасителя.

Вторым элементом новизны является разделение всего объема аппарата на две зоны: зону локальной аэрации и зону культивирования. Это достигается установкой пакета неподвижных конических (сужающейся частью вниз) перфорированных отражательных элементов с отбортовкой вниз между аэрирующей пластиной и гибкими пластинами. Установка отражательных элементов служит для предотвращения

транспорта клеток гибкими пластинами в аэрационную зону и формирования циркуляционного потока жидкости, содержащей клетки, который образуется в пристенной зоне и направлен в нижнюю часть аппарата.

Третьим элементом новизны является применение гибких пластин равномерно или переменного сечения, у которых имеются прорезы, сегментирующие их на отдельные элементы. Для достижения требуемого эффекта «мягкого» перемешивания используются пластины из инертного термостойкого материала. Выбор материала обусловлен необходимостью термической стерилизации аппарата.

Аппарат состоит из герметичной емкости 1 и оборудован штуцером 2 и фильтром 3 для подачи и стерилизации воздуха, штуцером 4 и фильтром 5 для удаления и очистки отработанного воздуха, штуцером 6 для загрузки питательной среды и посевного материала, устройством 7 для температурной стабилизации, пробоотборником 8, штуцером 9 для подачи охлаждающей воды, штуцером 10 для выгрузки содержимого аппарата. Внутри аппарата расположен вертикальный шток 11 с пакетом гибких пластин 12, и одна из них расположена в аэрационной зоне. Отвод охлаждающей воды производится через штуцер 13. Аэрационная зона отделена от зоны культивирования пакетом неподвижных перфорированных конических элементов 14, прикрепленных к стенке аппарата. Конические элементы имеют в верхней части отбортовку. Аэрация и пеногашение осуществляются жесткой перфорированной перегородкой 15, имеющей конические отверстия, выполненные в продольном сечении в виде усеченных конусов и расположенные по концентрическим окружностям по всей площади перегородки с чередованием обращения больших оснований этих конусов вверх-вниз. Герметичность соединения штока 11 с емкостью 1 обеспечивается сальфоном 16.

В аппарат после термической стерилизации подается стерильная питательная среда и посевной материал. Объем питательной среды в аппарате выбирается так, чтобы уровень среды обеспечивал погружение аэрирующей перегородки 15 в поверхностный слой жидкости. Через штуцер 2 и фильтр 3 в верхнюю часть аппарата поступает стерильный воздух для газообмена. Отработанный воздух через штуцер 4 выходит из аппарата. Шток 11 соединен с внешним побудителем колебаний и совершает возвратно-поступательное перемещение, вместе с ним перемещаются пакеты гибких пластин 12 и аэрирующая перегородка 15.

В аэрационной зоне при возвратно-поступательном перемещении перегородки 15 возникают знакопеременные потоки жидкости, направленные вверх при движении пластины вниз и направленные вниз при движении пластины вверх. При таком движении происходит захват воздуха и транспорт его в аэрационную зону.

Дополнительное дробление газа осуществляет гибкая пластина 12, установленная в аэрационной зоне. С ее помощью часть газовых пузырей попадет под пакет конических перфорированных элементов 14. Газовые пузыри, находящиеся под коническими элементами, всплывают, попадая в зону, образованную отбортовкой, и удаляются из зоны аэрации.

Пластины 12 располагаются равномерно по высоте аппарата. При вибрационном перемешивании нижняя пластина расположена у дна аппарата и служит для подъема оседающих в циркуляционной зоне клеток. Каждая вышерасположенная пластина выполняет роль транспортирующего элемента, направляя клетки в аэрационную зону, из которой они по пристенной циркуляционной зоне возвращаются в нижнюю часть аппарата.

Аппарат для выращивания микроорганизмов или клеток отличается тем, что с целью повышения выхода целевого продукта за счет более полного перемешивания, аэрирования и ликвидации застойных зон, в верхней части емкости по всему ее сечению расположены поперечная перегородка с отверстиями под ней в виде пакета, конические перфорированные элементы, прикрепленные к стенке емкости, при этом одна из пластин, верхняя, расположена между перегородкой и коническими элементами; диаметр пластин составляет не более 0,5 диаметра емкости; пластины выполнены гибкими; отверстия в перегородке выполнены в продольном сечении в виде усеченных конусов и расположены по концентрическим окружностям по всей площади перегородки с чередованием обращения больших оснований этих конусов вверх-вниз.

* * *

В этой главе наиболее важными являются следующие моменты:

1. Биохимические процессы основаны на использовании ферментов, в присутствии которых возникают превращения биологических материалов, а микробиологические процессы — на метаболизме веществ и их выделении клетками в процессе жизнедеятельности.

2. Модель процесса биосинтеза представляют в виде системы дифференциальных уравнений материального баланса, описывающих динамику изменения концентраций биомассы, субстратов или основных продуктов метаболизма.

3. Классификация солодорастильных и дрожжерастильных аппаратов, а также ферментаторов и биореакторов позволяет по-новому характеризовать биотехнологические процессы и судить об их совершенстве.

4. Инженерные расчеты оборудования для солодоращения и культивирования микроорганизмов несут в себе потенциал развития аппаратов биотехнологического комплекса.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На каких признаках базируется систематизация процессов пищевой биотехнологии?
2. Какие процессы называют биохимическими, а какие микробиологическими?
3. Почему изменяется скорость биохимического процесса на разных его стадиях?
4. Как влияет температура на скорость ферментативных процессов?
5. Какова кинетика изменения численности и массы микроорганизмов на разных стадиях микробиологического процесса?
6. Что положено в основу классификации оборудования для солодоращения и культивирования микроорганизмов?
7. Как устроены солодорастильные установки?
8. Каков принцип действия и каково устройство солодовен с передвижной грядкой?
9. Какие заключения позволяют сделать сравнительный анализ характеристик ворошителей солода?
10. Как работают солодорастильные барабаны с плоским ситом и с ситчатыми трубами?
11. Сможете ли вы составить тепловой баланс пневматической солодорастильной установки?
12. На что расходуется необходимая мощность привода вращения солодорастильного барабана?
13. В чем заключается суть способа периодического культивирования дрожжей?
14. Каков принцип действия и каково устройство дрожжерастильного аппарата?
15. Как рассчитать теплоту, затраченную на стерилизацию дрожжевого затора?
16. Чему равен общий расход воздуха в трубчатой аэрационной системе?
17. Чем ферментаторы отличаются от биореакторов?
18. Каков принцип работы ферментатора с механическим перемешиванием барботажного слоя?
19. Какова техническая характеристика ферментаторов с пневматическим перемешиванием и аэрированием?
20. Какова методика инженерных расчетов ферментаторов с механической мешалкой?

УПРАЖНЕНИЯ

Предложите в виде эскизов Ваши решения инженерных задач, связанных с развитием конструкций:

- солодорастильных установок;
- дрожжевых и дрожжерастильных аппаратов;
- ферментаторов и биореакторов.

Эти решения должны предполагать совершенствование, модернизацию оборудования с целью достижения одного или нескольких следующих результатов:

- повышение производительности;
- повышение качества продукции;
- улучшение условий труда рабочего с точки зрения эргономики, техники безопасности и охраны труда;

- экономию времени на санитарное обслуживание оборудования;
- экономию времени на техническое обслуживание оборудования;
- экономию энергоресурсов;
- экономию конструкционных материалов;
- повышение технологичности конструкции с точки зрения изготовления и ремонта;
- улучшение дизайна оборудования;
- снижение себестоимости продукции другими, кроме перечисленных выше, путями.

Вместе с этими, преимущественно машиноведческими, аспектами рассмотрите возможность развития конструкций машин и аппаратов с точки зрения повышения качества самих технологических процессов, которые реализуются этим оборудованием. Речь идет об увеличении точности, устойчивости, надежности, управляемости и стабильности технологических процессов, а также о снижении их чувствительности к возмущающим факторам окружающей среды.

По результатам Вашей работы сделайте заключение о том, в какой мере Ваши предложения повышают готовность машин и аппаратов к эффективной автоматизации данных технологических процессов.



... самое полезное в жизни – совершенствовать свое познание или разум, и в этом состоит высшее счастье или блаженство человека.
*СПИНОЗА БЕНЕДИКТ (1632–1677),
нидерландский философ*

Глава 24

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БРОЖЕНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Спиртовое брожение – процесс превращения углеводов в результате культивирования дрожжей в этанол и диоксид углерода. В производстве пива, спирта, вина, кваса, дрожжевого теста под действием ферментов дрожжей происходит превращение сахара в спирт и углекислый газ.

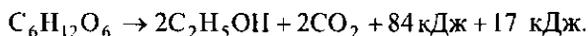
Молочнокислородное брожение – является основным процессом в консервировании овощей и плодов, в изготовлении заквасок, сыра и кисломолочных продуктов, а также в производстве ржаного хлеба. В основе молочнокислого брожения лежат процессы глубокого распада молочного сахара под действием микроорганизмов.



Кто поверил бы, что железо притягивается магнитом, если бы не увидел того своими глазами.
*БЭКОН РОДЖЕР (1214–1292),
английский философ и естествоиспытатель*

24.1 НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА БРОЖЕНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Процесс спиртового брожения описывается уравнением Гей-Люссака



Из 180 г глюкозы можно получить 92 г этанола и 88 г диоксида углерода. Однако, наряду с этими первичными продуктами получают побочные вторичные продукты – глицерин, янтарная кислота, высшие спирты, альдегиды, биомасса дрожжей и др.

При распаде 1 г-моля моносахарида при анаэробном брожении высвобождается около 84 кДж (20 ккал) энергии за счет его биохимического превращения и около 17 кДж (44 ккал) за счет теплоты растворения синтезируемого этанола в воде. Это во много раз меньше, чем при аэробном брожении с полным окислением углеводов и образованием воды и диоксида углерода.

В условиях аэробно-анаэробного распада углеводов до образования пировиноградной кислоты происходит так же, как и при анаэробно-анаэробном, но в отличие от него пировиноградная кислота полностью окисляется до диоксида углерода и воды в цикле трикарбонных кислот. В этом цикле последовательно протекают окислительно-восстановительные реакции, в которых под действием специфических дегидрогеназ происходит перенос водорода на молекулярный кислород. Причем перенос осуществляется не непосредственно, а через молекулы-переносчики, образующие дыхательную цепь.

В результате аэробного и анаэробного распада углеводов дрожжами доставляется энергия и обеспечиваются процессы синтеза биомассы различными предшественниками. Из щавелево-уксусной и α -кетоглутаровой кислот в результате восста-

новительного аминирования и переаминирования образуются, соответственно, аспарагиновая и глутаминовая кислоты. Синтез этих двух аминокислот занимает главное место в синтезе белков из углеводов.

Подготовка (варка) пивного сусла представляет собой комплекс биохимических реакций, протекающих в измельченном солоде под действием гидролиза (в основном, амилаз и протеаз). От правильного ведения гидролитических реакций зависят эффективность процесса брожения, выход, вкус и аромат пива. Процесс сбраживания пивного сусла идет в две стадии: главное брожение, продолжительность которого 6...8 дней, протекает при температуре 5...8 °С; дображивание – от 20 до 100 дней при температуре около 1 °С и абсолютном давлении 0,14...0,15 МПа. На последней стадии идет формирование специфических вкусовых свойств пива и насыщение его диоксидом углерода. Важную роль при достижении этой цели играет раса дрожжей.

В технологии этанола основная цель брожения – получить высокий выход спирта. Крахмалосодержащее сырье подвергают тепловой обработке, что связано с получением гомогенной сваренной массы, с клейстеризацией и превращением крахмала в растворимое легкоподвижное состояние. В таком виде крахмал легко гидролизуются амилазами в сбраживаемые сахара. Осахаренная среда (сусло) сбраживается специальными расами дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* при 28... 30 °С. Важно, чтобы сбраживаемые сахара полностью превратились в этанол, для чего необходимы три условия: высокая активность дрожжей; высокая активность амилаз, превращающих несбраживаемые декстрины и остаточный крахмал в сбраживаемые сахара; предотвращение развития в процессе спиртового брожения посторонней микрофлоры, особенно кислотообразующих бактерий. Сбраживание мелассы осуществляют после ее разбавления водой до необходимой концентрации сахара (около 18...20 % сухих веществ) и тепловой обработки (стерилизации) полученного сусла.

В технологии вин возбудителями спиртового брожения являются специальные винные дрожжи. Широкий ассортимент вин определяется, прежде всего, физиолого-биохимическими особенностями винных дрожжей данной местности, от них в значительной степени зависят букет и вкусовые достоинства вин.

Цель спиртового брожения в хлебопечении – разрыхление теста диоксидом углерода, придание тесту физических свойств, необходимых при его разделке и выпечке изделий. Вследствие большого содержания белков и витаминов группы В дрожжи существенно повышают биологическую ценность хлеба. Наряду с диоксидом углерода и этанолом при брожении теста образуются побочные продукты, обуславливающие вкус и аромат хлеба. Брожение ведется в интервале температур 25...35 °С, величина рН при брожении изменяется от 6 до 5 и ниже, что связано с растворением в тесте диоксида углерода и накоплением органических кислот. В начальный период брожения сбраживаются собственные сахара муки, после чего в процесс брожения вовлекается мальтоза, образующаяся в результате гидролиза крахмала α - и β -амилазами, поступившими в тесто с мукой.

Согласно уравнению брожения в этиловый спирт переходит 66,7 % углерода сахара, в CO_2 – 33,3 %. Соотношение между количеством углерода, идущего на построение биомассы и на дыхание, непостоянно и зависит от концентрации сахара в среде, температуры и других условий. С повышением концентрации сахара от 1 до 4 % количество углерода, используемого на построение биомассы, увеличивается с 52...55 до 60...61 % и, соответственно, уменьшается на образование CO_2 при дыха-

нии, т.е. процесс становится более экономичным. С понижением температуры среды значительно уменьшается удельный расход сахара на дыхание: при 32 °С он равен 0,22 г, при 20 °С - 0,13 г, при 15 °С - 0,075 г на 1 г прессованных дрожжей. При 36 °С удельный расход сахара на дыхание также ниже, чем при 30 °С (0,2 г/г). Коэффициенты полезно использованного углерода при концентрации сахара в среде 2,2 % и температурах 15, 20, 25, 30 и 36 °С соответственно равны (%): 71,6; 67,4; 60,7; 58,5 и 62,7.

С повышением интенсивности окислительных процессов (увеличением интенсивности аэрирования) выход дрожжей по массе сахара, израсходованного в процессе биосинтеза, уменьшается.

Движущей силой процесса молочнокислого брожения являются ферменты, имеющие различное происхождение – это ферменты молока, сычужный фермент и его элементы, а также ферменты микроорганизмов.

К ферментам молока относятся естественная липаза, щелочная и кислая протеазы, щелочная и кислая фосфатазы. Свертывание белков молока сычужным ферментом является одним из наиболее важных процессов при выработке сыра. Сычужное свертывание белков молока включает две стадии – ферментативную и коагуляционную.

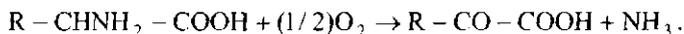
При молочнокислом брожении из одной молекулы гексозы молочного сахара образуются две молекулы молочной кислоты



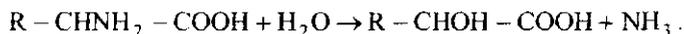
Начальной фазой изменения лактозы является расщепление ее ферментом на глюкозу и галактозу, дальнейшее преобразование которых идет по пути гомоферментативного или гетероферментативного брожения. Основная масса этих моносахаров сбраживается в первые дни, причем глюкоза сбраживается быстрее.

Расщепление белков (*протеолиз*) протекает под действием протеолитических ферментов, в результате чего образуются многочисленные азотосодержащие соединения. Продуктами распада белков в молочных продуктах являются пептиды различной молекулярной массы и аминокислоты. В результате распада белков и аминокислот молочные продукты обогащаются растворимыми в воде азотистыми и безазотистыми соединениями, в результате чего готовый продукт приобретает необходимую консистенцию, характерный вкус и запах. На стадии разложения аминокислот микроорганизмами происходит их дезаминирование, которое в зависимости от условий среды может идти окислительным, гидролитическим и восстановительным путями.

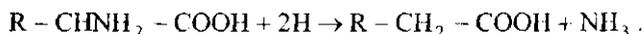
Окислительное дезаминирование сопровождается образованием кетокислот



При гидролитическом дезаминировании образуются оксикислоты

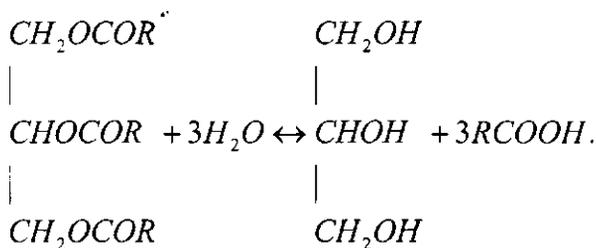


В результате восстановительного дезаминирования образуются карбоновые кислоты



Гидролиз жира (*липолиз*) происходит под действием фермента липазы, выделяемой молочнокислыми бактериями и другими микроорганизмами, а также липаз

молоковертывающих ферментов. В результате гидролиза триглицерида жира расщепляются на глицерин и жирные кислоты, а при взаимодействии с водой процесс протекает следующим образом:



Гидролиз триглицеридов ускоряется под действием липолитических ферментов, высоких температур и влажности. Продуктами биохимического расщепления жиров являются ди-, моноглицериды и свободные жирные кислоты (масляная, капроновая, каприловая).

Глицерин потребляется молочно-кислыми бактериями, а жирные кислоты накапливаются в сыре.

Молочнокислое брожение играет большую роль в засолке огурцов и помидоров, квашении капусты, мочке яблок. Молочная кислота является консервирующим фактором, предотвращающим развитие посторонней, особенно гнилостной, микрофлоры, придает продукту специфические вкус и аромат.

В технологии молочной кислоты используются термофильные молочнокислые бактерии (*Lbm. segeale*, по старой номенклатуре – *Dclbrukii*). Основным сырьем является свекловичная меласса. Оптимальная температура действия этих бактерий лежит в пределах 48...55 °С. Мелассу разбавляют водой до концентрации 3...4 % (по сахару), пастеризуют при 70 °С, затем раствор охлаждают до 48...50 °С, вносят культуру молочнокислых бактерий. Для поддержания оптимального значения рН (5,5...6,0) используют CaCO₃. В ходе брожения вводят такое количество сахара, чтобы содержание лактата в культуральной жидкости было около 15 %. Брожение продолжается 6...8 сут. Выход молочной кислоты составляет около 90 % от массы сахара. Выделяют молочную кислоту из культуральной жидкости в виде лактата кальция, из которого разложением серной кислотой получают чистую молочную кислоту.

Молочнокислое брожение в технологии ржаного хлеба необходимо, во-первых, для накопления достаточно большого количества молочной кислоты, осуществляющей инактивацию α-амилазы (этот фермент весьма активен в ржаной муке и проявляет интенсивное декстринирующее действие на крахмал при выпечке хлеба); во-вторых, для придания хлебу кисловатого вкуса и приятного аромата; в-третьих, для разрыхления теста диоксидом углерода.

Для брожения используется часть старого выбродившего теста, получившего название закваски и содержащего как гомоферментативные, так и гетероферментативные молочнокислые бактерии. В зависимости от количественного соотношения этих видов бактерий, условий их жизнедеятельности в тесте будут накапливаться в разных количествах и продукты брожения.



Сомнение доставляет мне не меньшее
наслаждение, чем знание.

ДАНТЕ АЛИГЬЕРИ (1265–1321),
итальянский поэт

24.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

В производстве пива, спирта, вина, кваса, дрожжевого теста процесс спиртового брожения ведут таким образом, чтобы накопить необходимое количество биомассы дрожжей, которое будет достаточно для получения целевого продукта.

При сбраживании сахаров сусло в производстве пива превращается в готовый продукт. Образовавшиеся в процессе брожения вещества обуславливают аромат и вкус пива. К аппаратам брожения и дображивания пива относятся танки для главного брожения и дображивания, а также цилиндрикоконические бродильные аппараты (ЦКТ).

Классификация оборудования для получения пива, спирта, вина, кваса и теста приведена на рис. 24.1.

При производстве спирта в процессе брожения образуется полупродукт (зрелая бражка), из которого на брагоперегонных или брагоректификационных аппаратах получают соответственно спирт-сырец или спирт-ректификат. К оборудованию для сбраживания сусла в спиртовом производстве относятся головные бродильные аппараты и аппараты дображивания.

При брожении сахаров сусло в производстве вина превращается также в готовый продукт, формирующий вино как материал с типичными для него свойствами. Аппараты для сбраживания сусла при производстве вина разделяют на установки для непрерывного брожения и на аппараты для брожения сусла на мезге.

При сбраживании квасного сусла под действием смешанной культуры дрожжей и молочно-кислых бактерий образуется ароматный и освежающий квас. Оборудование для брожения квасного сусла разделяют на бродильно-купажные и бродильные аппараты.

При брожении опары и теста образуется полупродукт с определенной структурой для вязкопластичной среды, в котором накоплены все соответствующие ароматические и вкусовые вещества. Агрегаты для брожения опары и теста классифицированы на оборудование для порционного брожения и на аппараты поточного приготовления теста.

Для производства кисломолочных пищевых сред применяют различное технологическое оборудование, которое определяется видом вырабатываемого продукта (рис. 24.1).

Для сквашивания молока и обработки сгустка используют сыродельные ванны и отделители сыворотки. Для приготовления закваски на молочных предприятиях применяют специальные заквасочники.

Для производства кисломолочных продуктов используют специальные аппараты.

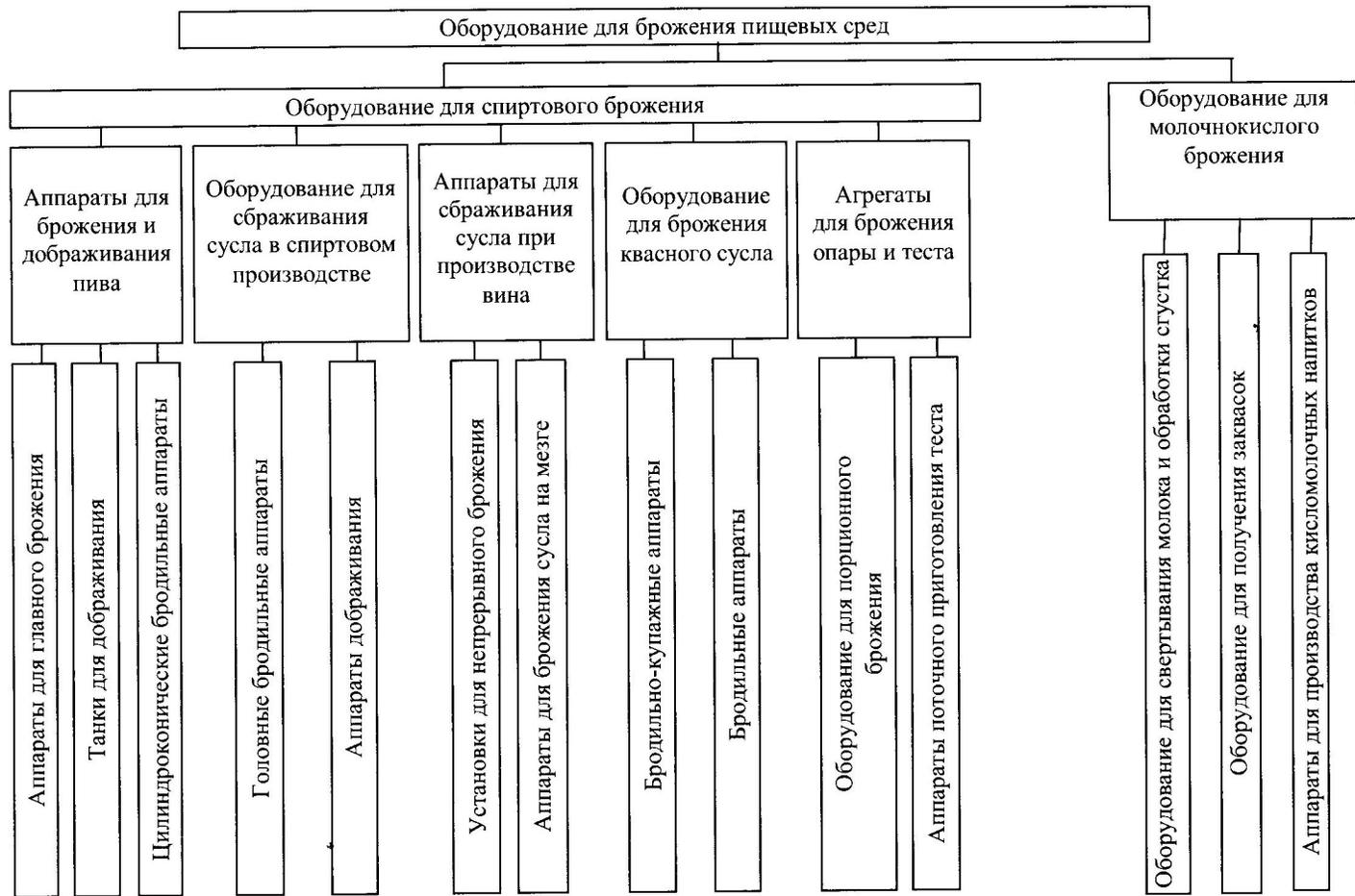


Рис. 24.1 Классификация оборудования для брожения пищевых сред



Тот, кто склонен противоречить и много болтать,
не способен изучить то, что нужно.
ДЕМОКРИТ (460–370 до н.э.),
древнегреческий философ

24.3 АППАРАТЫ ДЛЯ БРОЖЕНИЯ И ДОБРАЖИВАНИЯ ПИВА

Спиртовое брожение сахаров сусла под действием ферментов дрожжей является основным процессом в производстве пива. Главное брожение и дображивание пива осуществляется, в основном, по двум схемам: по периодической – с разделением процесса брожения на главное брожение и дображивание, а также по ускоренной – с совмещением главного брожения и дображивания в одном цилиндрикоконическом бродильном аппарате.

Способ непрерывного брожения пива заключается в перемещении с определенной скоростью сбраживаемого сусла и молодого пива в системе соединенных между собой бродильных аппаратов и аппаратов для дображивания при непрерывном притоке свежего сусла в головной бродильный аппарат и оттоке пива из последнего аппарата.

Необходимая концентрация дрожжей в сбраживаемом сусле обеспечивается непрерывным поступлением дрожжей в головной аппарат системы из дрожжегенератора и дополнительным размножением дрожжей в аппаратах брожения. Перед перекачиванием молодого пива на дображивание часть дрожжей отделяется сепаратором.

Бродильный аппарат типа ЧБ-15 используется для главного брожения сусла и представляет собой герметичный прямоугольный сосуд, внутри которого имеется охлаждающий змеевик для отвода теплоты, выделяющейся при брожении. Горизонтальный цилиндрический танк Б-604 предназначен для главного брожения пивного сусла под давлением. Танки типов ТЛА и ТАВ применяются для дображивания молодого пива или для хранения готового пива и представляют собой горизонтальный и вертикальный цилиндрические аппараты со сферическими днищами.

Все бродильные аппараты снабжены соответствующей арматурой для отвода диоксида углерода, выделяющегося во время спиртового брожения. Бродильные аппараты, используемые для главного брожения, изготавливают открытого или закрытого типа, последние обеспечивают стерильность сусла при брожении и возможность отбора диоксида углерода для дальнейшего его использования.

Бродильный аппарат ЧБ-15 (рис. 24.2) представляет собой герметичный прямоугольный сосуд с закругленными углами стенок и днища. Внутри аппарата имеется змеевик 1, по которому через отверстие 7 поступает рассол или охлажденная вода. Аппарат имеет патрубок 2 для сусла, пробку 3 для слива остатков сусла, люки 4 и 5 для мойки аппарата и патрубок 6 для отвода диоксида углерода.

Аппараты подлежат обязательному защитному покрытию эпоксидными смолами, спиртово-канифольным лаком, применяются также полиэтиленовые покрытия и др.

Прямоугольные бродильные аппараты наиболее полно используют помещение бродильного цеха, заполняя всю его площадь, за исключением необходимых для обслуживания проходов. Полезная высота чанов обычно принимается до 2 м.

Танки Б-604 (рис. 24.3) предназначены для главного брожения пивного сусла под давлением. Аппарат главного брожения представляет собой горизонтальный цилиндрический сосуд 1 со сферическими днищами, установленный на четырех опорах. Сверху аппарат имеет воздухоотводящую трубку 5, служащую для контроля за процессом брожения сусла. На одном из днищ имеются люк 3 с крышкой и кран 2

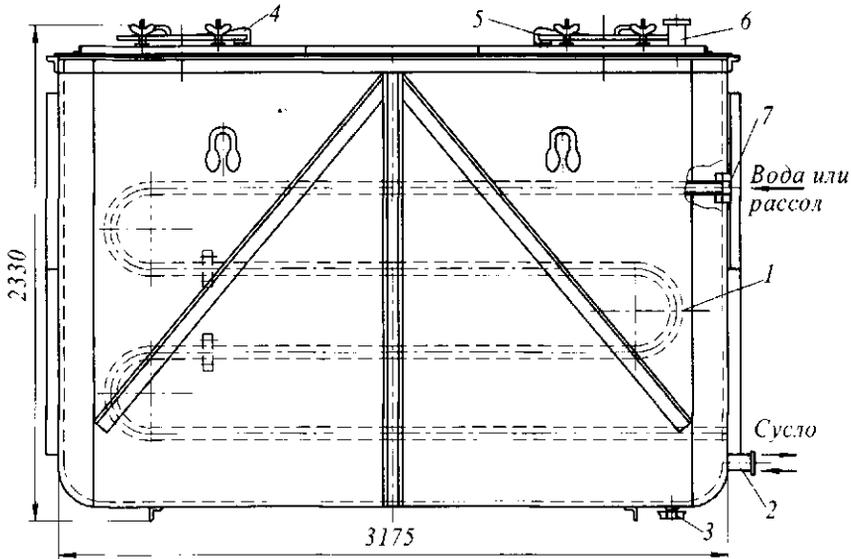


Рис. 24.2 Аппарат бродильный ЧБ-15

для подачи и спуска сусла. Внутри танка располагается охлаждающий змеевик 6. Для отвода углекислого газа имеется специальная арматура 4.

Танки для брожения типа Б-604 изготавливаются вместимостью 8...50 м³.

Танки лагерные типа ТЛА (рис. 24.4) предназначены для дображивания, осветления молодого пива и хранения фильтрованного пива под давлением до 0,07 МПа. При соответствующем покрытии внутренних поверхностей танков допускается хранение в них сахарного сиропа, вина и молока.

Аппарат для дображивания представляет собой горизонтальный цилиндрический сосуд, состоящий из корпуса 1 со сферическими днищами 5 и 6. На днище находится люк 3 для санитарной обработки танка. Для наполнения танка и выхода продукта внизу расположен бронзовый кран 2. Для отвода диоксида углерода служат специальная арматура 4 и шпунт-аппарат 7. Танк устанавливается на трех опорах.

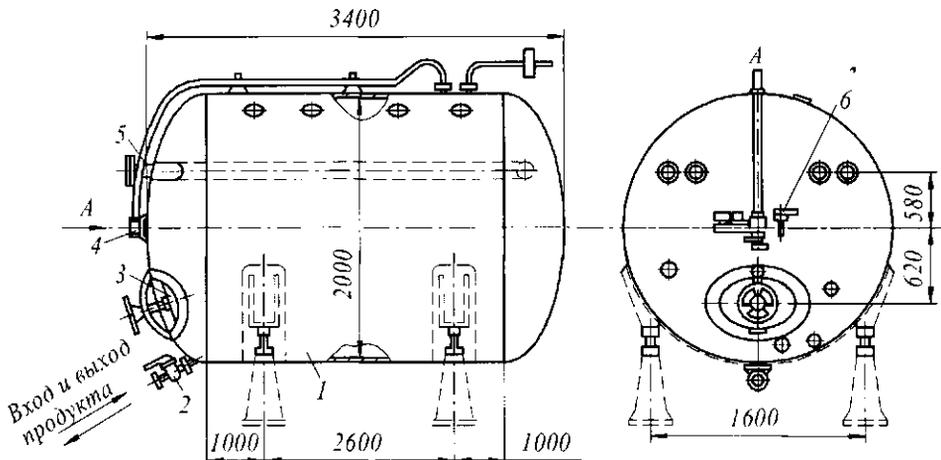


Рис. 24.3 Аппарат главного брожения пива Б-604

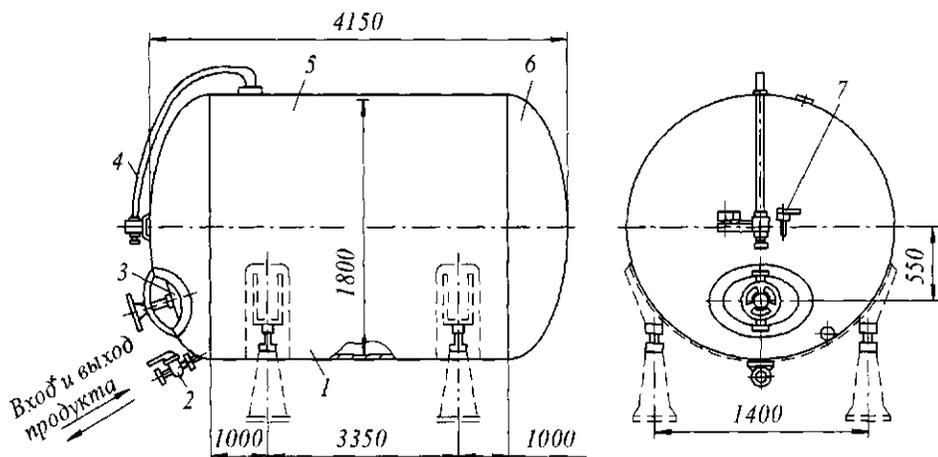


Рис. 24.4 Танк для дображивания молодого пива алюминиевый типа ТЛА

Танки для дображивания типа ТЛА изготавливаются вместимостью 8...80 м³. Кроме горизонтальных танков для дображивания молодого пива изготавливают вертикальные типа ТЛА вместимостью 4...9 м³.

Для изготовления бродильных аппаратов и танков для дображивания кроме углеродистой листовой стали применяют листовую пищевую алюминий марок А0, А5 с содержанием примесей не более 0,5 % и кислотостойкую сталь марки Х18Н10Т.

Поверхность аппарата из алюминия и нержавеющей стали не покрывается защитными покрытиями и легко очищается от загрязнений. Алюминиевые аппараты при установке на чугунные опоры должны иметь надежную изоляцию во избежание разрушения алюминия из-за возникающего электрохимического процесса между металлами.

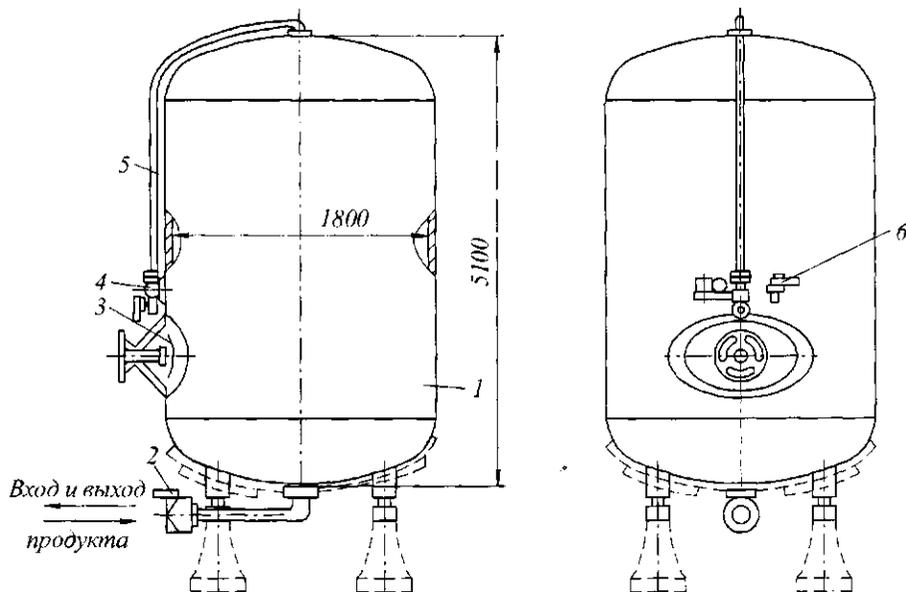


Рис. 24.5 Танк лагерный алюминиевый вертикальный М7-ТАВ

Танк М7-ТАВ (рис. 24.5) представляет собой цилиндрический вертикальный сосуд с днищами сферической формы, состоящий из корпуса 1, крана спускного 2, крестовины 4 для крепления шпунт-аппаратов, трубки воздуховода 5, крышки люка 3 и пробного крана 6. Танк при монтаже устанавливается на четырех опорах.

Танки для дображивания М7-ТАВ изготавливаются вместимостью 8...25 м³.

Аппараты, применяемые для брожения и дображивания пива, изготавливают из металла и железобетона, а также из листового пищевого алюминия (табл. 24.1).

Ускоренный периодический способ брожения состоит в том, что в цилиндрическом бродильном аппарате с быстрым управлением седиментацией и выводом из него осевших дрожжей совмещены главное брожение с дображиванием, ускоренное дозревание (выдержка) и осветление пива, а также систематически осуществляется перемешивание сбраживаемого суслу сначала током стерильного воздуха, а потом диоксидом углерода и увеличивается количество посевных дрожжей до 2 л на 1 гл суслу.

На рис. 24.6 представлен бродильный аппарат для ускоренного производства пива. Бродильные аппараты 5 предварительно дезинфицируют и стерилизуют, а затем в них из аппарата 1 подают охлажденное сусло. Температура брожения светлых сортов пива 3...4 °С, темных 4...5 °С. Максимальная температура брожения 9 °С. Дрожжи низового брожения готовят в аппарате чистой культуры 3, который также охлаждается жидкостью, циркулирующей в наружном кожухе. Зрелые дрожжи вытесняются из аппарата стерильным сжатым воздухом или диоксидом углерода в аппарат для разведения дрожжей 4.

С наступлением брожения воздух полностью вытесняется диоксидом углерода из бродильного аппарата и пространства над суслу в атмосферу. Диоксид углерода без примеси воздуха направляют в газомер, а отсюда насосом перекачивают через очистительную батарею, компримируют до 0,2...0,3 МПа и собирают в сборнике.

После окончания брожения, когда дрожжи начинают оседать, конус аппарата охлаждают, что ускоряет оседание дрожжей. Пиво в аппарате находится под давлением 0,15 МПа, а дрожжи при этом уплотняются и при открытии вентиля вытесняются в виде густой массы через резиновый рукав в дрожжевую ванну.

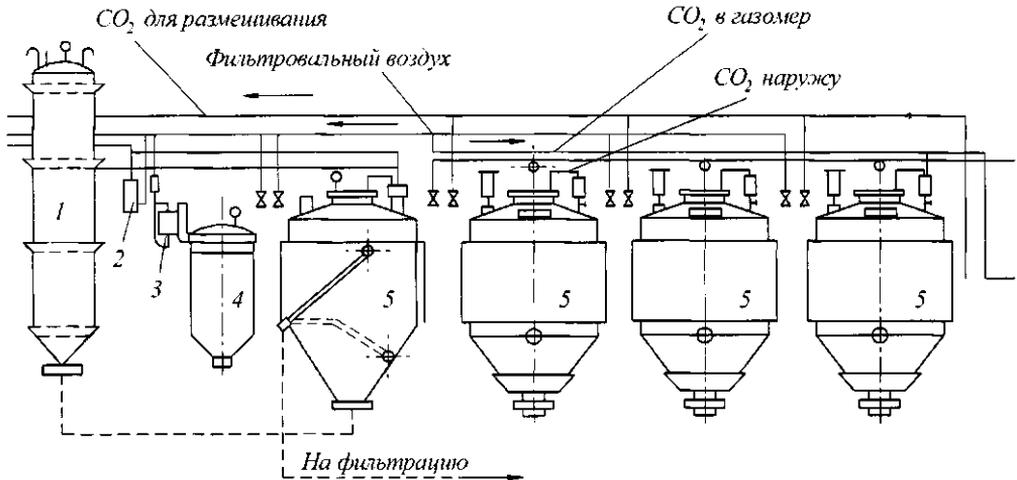


Рис. 24.6 Принципиальная схема бродильного аппарата для ускоренного производства пива

Таблица 24.1 Техническая характеристика бродительных аппаратов и танков

Показатель	ЧБ-15	Б-604	ТЛА	М7-ТАВ
Полная вместимость, м ³	15,0	10,0	10,0	12,5
Внутренний диаметр, м	—	2000	1800	1800
Диаметр охлаждающего змеевика, м	0,05	0,07	—	—
Диаметр сулопровода, м	0,05	0,07	—	—
Температура брожения, °С	6	4	1	1
Давление в аппарате, МПа	—	0,07	0,07	0,07
Масса, кг	2150	540	490	580

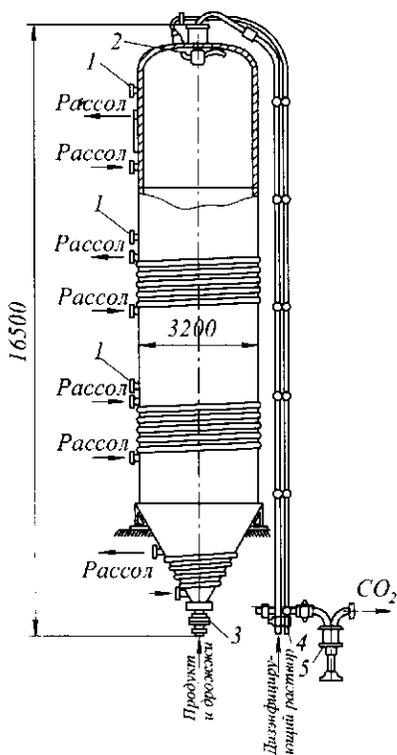


Рис. 24.7 Цилиндроконический бродительный аппарат (ЦКБА)

Брожение 12 %-ного сусла продолжается 8...10 сут, затем следует период созревания пива (3 сут) с биохимическим превращением ряда веществ, присущих букету молодого пива.

Затем пиво медленно охлаждают до 1...0 °С и обрабатывают (карбонизируют) диоксидом углерода под давлением 0,14 МПа в течение 12 ч и следующие 12 ч выдерживают в покое для оседания дрожжей и осветления. Под давлением 0,17 МПа пиво из бродительного аппарата через фильтр 2 (см. рис. 24.6) подается на розлив.

Способ ускоренного получения Жигулевского пива в **цилиндроконических бродительных аппаратах (ЦКБА)** (рис. 24.7) состоит в том, что в одном сосуде большого объема (от 100 до 150 м³ и более) с суточным заполнением его суслom (8...9 °С) и дрожжами совмещают две ступени: главное брожение и дображивание, которые продолжаются в течение 14 сут вместо положенных 28 для Жигулевского пива. Аппарат снабжен термометром сопротивления 1, моющей головкой 2, краном для отбора 3, местом для крепления шпунт-аппарата 4. С первым осветленным суслom (первая варка) в коническую часть задают все семенные сильноображивающие дрожжи (300 г влажно-

стью 75 % на 1 гл сусла). Вначале 50 % сусла аэрируют стерильным воздухом, что обеспечивает содержание 4...6 мг О₂/мл сусла.

В течение первых двух суток поддерживается температура брожения от 9 до 14 °С, которая сохраняется до достижения видимой конечной степени сбраживания. Температура регулируется тремя поясами выносных наружных рубашек с хладагентом, охлажденным не более чем до минус 6 °С. При достижении содержания сухих веществ в пиве 3,5...3,2 % аппарат шпунтуется при избыточном давлении. Окончание брожения определяют по прекращению дальнейшего снижения массовой доли сухих веществ в пиве в течение 24 ч. Обычно на пятые сутки достигается конечная массовая доля 2,2...2,5 % сухих веществ. После этого хладагент подают в рубашку конуса для охлаждения и образования плотного осадка дрожжей при температуре 0,5...1,5 °С.

В цилиндрической части температура 13...14 °С сохраняется в течение 6...7 сут. Эта же температура способствует восстановлению диацетила в ацетоин. Затем температура пива (0,5...1,5 °С) выравнивается рубашками во всей цилиндрической части ЦКБА. При этом шпунтовое давление в ЦКБА поддерживается равным 0,05...0,07 МПа в течение 6...7 сут. Через 10 сут с начала брожения проводят первый сьем дрожжей из штуцера конической части ЦКБА. Перед осветлением пива проводят второй сьем дрожжей, а затем пиво подают на сепарирование и фильтрование. Дополнительное охлаждение готового пива (2 °С) в сборниках проводят при 0,03...0,05 МПа, выдерживают в течение 12...24 ч и разливают. С использованием ЦКБА выпускают пиво с массовой долей сухих веществ в начальном сусле 11, 12 и 13 %.

Таким образом, в процессе брожения в ЦКБА благодаря большому единичному объему аппарата, совмещению главного брожения и дображивания в одном сосуде, использованию повышенных температуры брожения и объема посевных дрожжей продолжительность процесса сокращается примерно в два раза.

Наиболее экономично проводить брожение и дображивание пива ускоренным способом в одном цилиндрикоконическом бродительном аппарате, изготовленном из нержавеющей стали с полированной внутренней поверхностью.

Этот аппарат имеет четыре охлаждающие рубашки в цилиндрической части и одну в конической (табл. 24.2).

Таблица 24.2 Техническая характеристика цилиндрикоконических бродительных аппаратов

Показатель	Щ4-ВЦН-30	Щ4-ВЦН-50	Р3-ВЦН-95
Вместимость, м ³ :			
полная	30	50	95
рабочая	25,5	42,5	80
Площадь поверхности охлаждения, м ²	17,4	23,2	44,3
Масса, кг	5380	6490	11890

Примечание. Для всех марок давление в аппарате по 0,7 МПа, в рубашках по 0,4 Па, температура хладагента – 8 °С.

Инженерные расчеты. Продолжительность процесса брожения пива τ (ч) рассчитывается по формуле

$$\tau = (1 / K_{бр}) \ln(S_0 / S),$$

где $K_{бр}$ – константа скорости спиртового брожения, ч⁻¹; S и S_0 – концентрация сахара соответственно в начале брожения и в момент времени τ , %.

При сбраживании 1 кг мальтозы выделяется 613,8 кДж теплоты. Следовательно, при главном брожении концентрация сухих веществ сусла снижается с 12 до 5 % и из 1 м³ сусла выделяется теплоты $Q_1 = 42\,960$ кДж/м³.

Наряду с этой теплотой из 1 м³ молодого пива при его охлаждении в период дображивания необходимо отобрать в среднем теплоту $Q_2 = 10\,470$ кДж/м³. Таким образом, за 12...13 сут брожения и дображивания в одном цилиндрикоконическом аппарате от 1 м³ сбраживаемого пива через охлаждающую поверхность передается теплоты

$$Q = Q_1 + Q_2 = 53430 \text{ кДж/м}^3.$$

Требуемое число бродительных аппаратов n или аппаратов для дображивания при выработке одного сорта пива рассчитывают по формуле:

$$n = Q / (V_n z),$$

где $V_n = V_c k_3$ – годовое количество охлажденного сусла, м³; V_c – объем холодного сусла, получаемого из одной варки, м³; k_3 – коэффициент, зависящий от того, на сколько заторов рассчитывается бродительный аппарат ($k = 1, 2, 4$); $V_n = V_0 \varphi$ – полезная вместимость аппарата, м³; V_0 – полная вместимость аппарата, м³; φ – коэффициент заполнения аппарата ($\varphi = 0,9$ для аппарата брожения и $\varphi_n = 0,96$ для аппарата дображивания); $z = \tau_c \tau_m / (\tau_{бр} + \tau_{дон})$ – оборачиваемость аппарата; τ_c – число суток работы цеха в месяц; τ_m – число месяцев работы цеха в год; $\tau_{бр}$ – продолжительность брожения или срок выдержки пива, сут; $\tau_{дон}$ – дополнительное время на мытье и дезинфекцию аппаратов после каждого оборота, ч.

Производительность аппаратов для брожения и дображивания пива рассчитывают по формулам:

– для главного брожения

$$P_{зб} = n_{зб} V_{зб} k_{зб} / [(\tau_{зб} + 0,5) \varphi_{зб}];$$

– для дображивания и выдержки

$$P_{д} = n_{д} V_{д} k_{д} / [(\tau_{д} + 1) \varphi_{д}];$$

– для ускоренного брожения пива в ЦКБА

$$P_{у} = n_{у} V_{у} k_{у} / (\tau_{у} \varphi_{у}),$$

где $n_{зб}$, $n_{д}$, $n_{у}$ – число рабочих суток работы аппаратов в месяц ($n_{зб} = 29,5$; $n_{д} = 30$; $n_{у} = 29,8$); $V_{зб}$, $V_{д}$, $V_{у}$ – вместимость бродительных аппаратов главного брожения, аппаратов дображивания и ускоренного брожения, дал; $k_{зб}$, $k_{д}$, $k_{у}$ – коэффициенты заполнения бродительных аппаратов ($k_{зб} = 0,9$; $k_{д} = 0,98$; $k_{у} = 0,85$); $\tau_{зб}$, $\tau_{д}$, $\tau_{у}$ – продолжительность главного брожения, дображивания и ускоренного брожения, сут; $\varphi_{зб}$, $\varphi_{д}$, $\varphi_{у}$ – коэффициенты потерь молодого пива при главном брожении, дображивании и ускоренном брожении ($\varphi_{зб} = 1,06$, $\varphi_{д} = 1,04$, $\varphi_{у} = 0,98$).



Чистая совесть – превосходное снотворное.
КОНАН ДОЙЛ АРТУР (1859–1930).
английский писатель

24.4 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СБРАЖИВАНИЯ СУСЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СПИРТА

На спиртовых заводах применяют в основном непрерывно-проточный, поточно-рециркуляционный и циклический, а на малых заводах еще периодический способы сбраживания зернокартофельного сусла. Непрерывная схема отличается большой интенсивностью брожения, повышенным съемом спирта с 1 м³ бродительного аппарата, увеличением производительности бродительных отделений на 15 %. При этом отпадает необходимость в сушильном оборудовании для дрожжевых отделений, сокращается до 10 % расход солода для приготовления дрожжей, на 40 % уменьшается расход воды.

Сущность непрерывно-проточного способа брожения заключается в непрерывном притоке осахаренного сусла и вводе дрожжей в головной аппарат бродительной

батареи, состоящей из нескольких, последовательно соединенных между собой, аппаратов, в непрерывном сбраживании этого суслу и оттоке зрелой бражки из последнего, концевой, аппарата. Батарея непрерывно-проточного спиртового брожения (рис. 24.8) состоит из маточника посевной культуры 1, дрожжегенераторов 2...4, головных бродительных аппаратов 5, 6 и аппаратов дображивания 7...11.

Проточное брожение – непрерывное, в каждом из аппаратов батареи осуществляется лишь часть общего процесса, продолжительность его теоретически не ограничена и не предусмотрена остановка для стерилизации. Однако надо проводить профилактическую стерилизацию аппаратов строго последовательно, по номерам аппаратов – от головного к концевому через определенные промежутки времени и независимо от состояния, степени и стадии брожения.

Сущность профилактической стерилизации заключается в том, что через определенные промежутки времени (3 сут) непрерывный приток суслу в батарею переключается на второй головной бродительный аппарат 6 и в него же насосом 12 перекачивается содержимое первого головного аппарата 5, который затем моют, стерилизуют паром, охлаждают, вновь заливают дрожжами из дрожжегенератора 4 и восстанавливают приток свежего суслу. Пока аппарат 5 наполняется, содержимое аппарата 6 перекачивается в аппарат 7. Аппарат 6 моют, стерилизуют, охлаждают и наполняют перетоком из аппарата 5. Далее содержимое аппарата 7 насосом перекачивается в аппарат 8, первый из них также моют, стерилизуют, охлаждают и подключают к перетоку. По такому же принципу осуществляют наполнение, освобождение и стерилизацию остальных аппаратов с их трубопроводами и арматурой. За стерилизуемым бродительным аппаратом суслу перекачивается насосом 12, а непрерывность его подачи во время стерилизации трубопровода обеспечивается таким же дублиром, остальное время работающим параллельно.

Из последнего аппарата 11 зрелая бражка насосом 12 подается на перегонку. Температура бражки во всех аппаратах поддерживается в пределах 27...29 °С. Процесс брожения длится 60...62 ч.

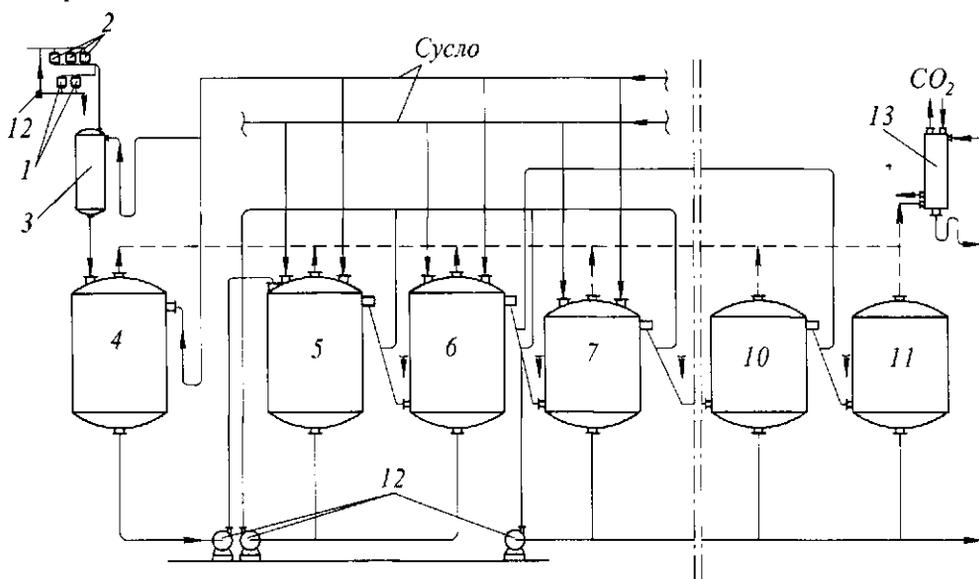


Рис. 24.8 Принципиальная схема батареи непрерывно-проточного спиртового брожения

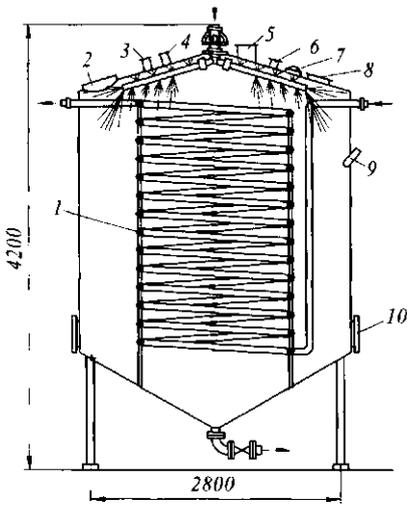


Рис. 24.9 Броидильный аппарат

Диоксид углерода вместе с парами спирта из броидильных аппаратов поступает в спиртоловушку 13, где пары спирта улавливаются водой. Полученная водно-спиртовая жидкость (крепостью не менее 3,0 об.%) направляется на перегонку.

Броидильный аппарат (рис. 24.9) представляет собой цилиндр с коническим днищем, изготовленный из стали толщиной 6...8 мм. Сусло в нем сбраживается под действием ферментов дрожжей. Внутри аппарата смонтирован змеевик 1 из стальных труб диаметром 51...76 мм для отвода теплоты, выделяющейся при брожении массы. Масса подается через штуцер 4, дрожжи — через штуцер 3. Углекислота, выделяющаяся при брожении, отводится через патрубок 5.

Для осмотра и ремонта аппарат снабжен люками 2 и 10. За процессом брожения наблюдают через смотровое окошко 8 с помощью светильника 7. Термометры устанавливают в гильзы 9. К штуцеру 6 подключают гидрозатвор, который предотвращает образование вакуума при пропаривании аппарата паром. При непрерывно-проточном способе брожения на переточных трубах устанавливают дисковый затвор, с помощью которого аппарат отключается от батареи для мойки и дезинфекции. Конструкция затвора предотвращает застой бражки, что обеспечивает стерильность процесса брожения.

Механизированная мойка аппарата водой и растворами антисептиков осуществляется с помощью моечного аппарата. Аппарат состоит из распределительной головки и двух коллекторов (рис. 24.10), снабженных соплами. Коллекторы изготовлены из труб диаметром 50...76 мм.

На коллекторах укреплены сопла 1 таким образом, чтобы выходящая из них жидкость омывала всю поверхность аппарата, включая верхнюю крышку и змеевик.

Сопла щелевые сечением 30,3 мм; крепление сопла к коллектору разъемное. Сопло в диске 5 с прорезью (30,3 мм) зажимается в прорезе трубы коллектора планкой 3 с помощью винтов 4. Такое крепление позволяет изменять угол наклона сопла при наладке аппарата. На концах коллекторов установлены сопла 2. При выходе во-

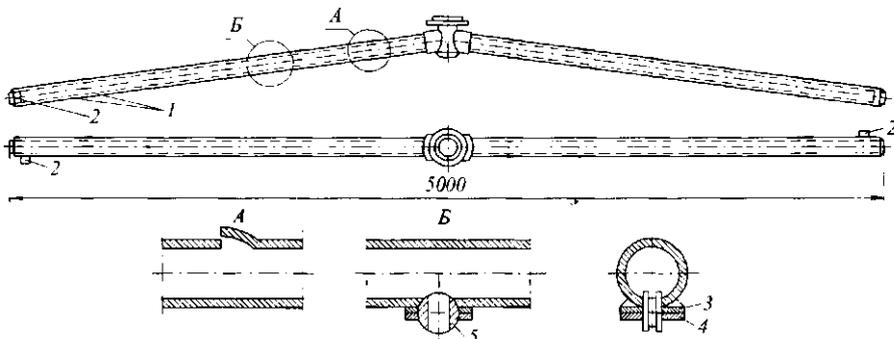


Рис. 24.10 Коллектор моечного аппарата

ды из этих сопел реактивные силы создают крутящий момент, который вращает головку. При давлении воды 0,01 МПа коллекторы делают 20 об/мин. Процесс мойки длится 10...12 мин.

При установке моечного аппарата витки змеевика закрепляют с помощью стоек, укрепляемых между витками сваркой. Диаметр прутка для изготовления стойки 18...20 мм. При таком креплении змеевиков нет мест труднодоступных для мойки и дезинфекции.

Поверхность охлаждения может быть размещена вне бродительного аппарата. В этом случае рядом с аппаратом устанавливают теплообменник, через который сбрасываемую массу прокачивают насосом.

Для мойки бродительных аппаратов и другой аппаратуры применяют моющие головки. Форсуночная вращающаяся головка (рис. 24.11, а) имеет в корпусе 1 вращающийся вал 3 с двумя насадками 5, работающими по принципу сегнерова колеса. На валу 3 укреплена коническая шестерня 2, которая вращается вокруг вертикальной оси по неподвижной конической шестерне 4. Моющая жидкость подается насосом под давлением 0,6...0,7 МПа.

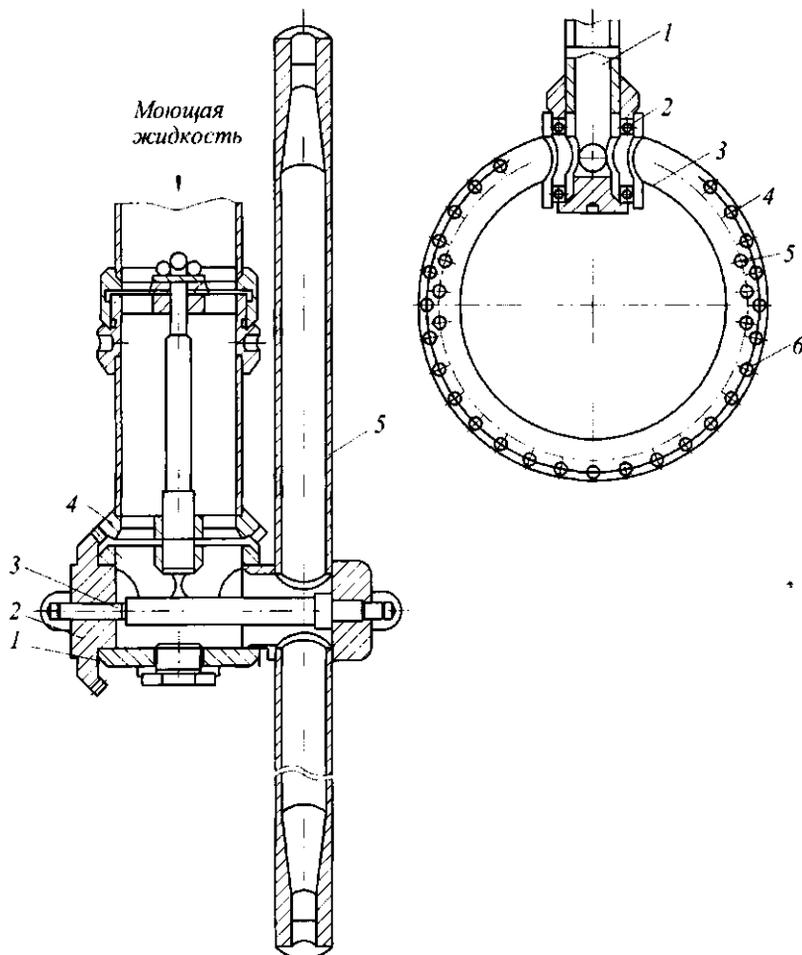


Рис. 24.11 Моющие головки: а - форсуночная; б - кольцевая

Кольцевая моющая головка (рис. 24.11, б) состоит из кольца 4, которое посредством корпуса 3 с подшипником 2 соединено с патрубком 1. Отверстия 6 расположены на выпуклой поверхности. При подаче жидкости через эти отверстия создается моющий эффект. Отверстия 5 расположены на боковой поверхности кольца и при работе головки создают вращающий момент.

При периодическом способе брожения объем аппарата рассчитывают из условия заполнения одного аппарата в течение 7...8 ч.

Переточные трубы в аппаратах, начиная с третьего, крепятся на разных уровнях по высоте таким образом, чтобы расстояние между местами закрепления труб двух любых соседних аппаратов составляют 0,1 м. Аппарат устанавливают на металлических стойках, высота от пола до днища 0,8...1,2 м.

Инженерные расчеты. Производительность бродильной батареи Π_6 (дал/сут) непрерывно-проточного способа брожения

$$\Pi_6 = 24V_6 n_6 \varphi / [\tau_6 (z - 1)],$$

где V_6 – геометрический объем батареи бродильных аппаратов, м³; n_6 – выход спирта-сырца с 1 м³ бродильных аппаратов в сутки, дал/м³ (при содержании алкоголя в зрелой бражке 7,7 об. %, $n_6 = 2,5$ дал/м³, а при двухпоточном осахаривании $n_6 = 3,0$ дал/м³); φ – коэффициент запаса вместимости аппарата ($\varphi = 0,9$); τ_6 – продолжительность осахаривания сусле в бродильных аппаратах батареи, ч ($\tau_6 = 60...62$ ч); z – число бродильных аппаратов в батарее ($z = 11$).

Конструктивные размеры бродильного аппарата определяются по формулам:

$$H = (1,2...1,5)D; \quad h_1 = (0,15...0,3)D; \quad h_2 = (0,1...0,125)D,$$

где H – высота цилиндрической части аппарата м; h_1 и h_2 – высота днища и крышки аппарата, м; D – диаметр аппарата, м.

Потребное количество теплоты на один аппарат в период главного брожения Φ (Вт)

$$\Phi = \Phi_1 - (\Phi_2 + \Phi_3),$$

где Φ_1 – общее количество теплоты, выделяемой в течение 1 ч в период интенсивного главного брожения (этому периоду соответствует снижение концентрации сухих веществ в бражке на 1 %; при сбраживании 1 кг мальтозы выделяется 171 Вт); Φ_2 – потери теплоты в окружающую среду стенками аппарата, Вт; Φ_3 – потери теплоты за счет испарения и уноса углекислоты, Вт (условно принимаем $\Phi_3 = 0,06 \Phi_1$).

Коэффициент теплоотдачи α_1 от сбраживаемой массы к стенке змеевика из-за невозможности его точного расчета принимаем ориентировочно равным $\alpha_1 = 688$ Вт/(м²·К).

При турбулентном движении воды в змеевике коэффициент теплоотдачи α_2 от стенки змеевика к воде [Вт/(м²·К)]

$$\alpha_2 = 0,023(\lambda / d) Re^{0,8} Pr^{0,4} [1 + 1,77(d / R)],$$

где d – внутренний диаметр трубы змеевика, м; R – радиус кривизны змеевика, м (R принимают равным 0,8 радиуса бродильного аппарата).

Общая длина труб змеевика L (м)

$$L = F / (\pi d_{cp}),$$

где d_{cp} – средний диаметр трубы змеевика, м,

$$d_{cp} = (d_{вн} + d_{н}) / 2.$$

Длина одного витка змеевика диаметром d_3 (м)

$$l = \sqrt{(\pi d_3)^2 + h^2},$$

где h – шаг витка ($h = 0,175$ м).

Общее число витков

$$z = L / l.$$

Производительность бродильного аппарата Π_a (дал/сут) периодического способа брожения

$$\Pi_a = 24V_a n_a \varphi / \tau_a,$$

где V_a – геометрический объем аппарата, м³; n_a – выход спирта-сырца с 1 м³ бродильного аппарата в сутки, дал/м³ (при содержании алкоголя в зрелой бражке 7,7 объемных % $n_a = 2,0$ дал/м³); φ – коэффициент наполнения аппарата ($\varphi = 0,85$); τ_a – оборачиваемость аппарата, ч ($\tau_a = 82$ ч).



А не то дорого знать, что земля круглая,
а то дорого знать, как дошли до этого.
ТОЛСТОЙ ЛЕВ НИКОЛАЕВИЧ (1828–1910).
русский писатель

24.5 АППАРАТЫ ДЛЯ СБРАЖИВАНИЯ СУСЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВИНА

Вина получают спиртовым сбраживанием соков. В современной виноделии применяют три основных способа брожения сусла: стационарный, доливной и непрерывный.

По окончании брожения и осветления полученное молодое вино снимают с дрожжевого осадка и направляют на выдержку или специальную обработку.

Приготовление вина связано с жизнедеятельностью дрожжей, их развитием и обменом веществ. Одним из основных факторов, ограничивающих рост дрожжей, является концентрация этилового спирта. При этом брожение ведется в анаэробных условиях, а одним из важнейших факторов является температура. Она зависит от количества выделяющейся при брожении теплоты, от потерь теплоты за счет теплоотдачи через стенки резервуаров и от температуры окружающего воздуха. Так, время, необходимое для полного выбраживания сахара при 20...22 °С, составляет в среднем 5...6 сут, при 14...18 °С – 9...10 сут.

Стационарный способ брожения сусла состоит в том, что определенный объем сусла сбраживается с начала до конца в одном резервуаре.

Доливной способ брожения сусла отличается тем, что процесс идет не в постоянном объеме исходного сусла, а при периодических доливах новых его порций. В этих условиях бродящая среда периодически пополняется питательными веществами, концентрация продуктов брожения уменьшается и температура бродящего сусла

наково во всех резервуарах, так как они соединены между собой трубами 8. В результате повышения давления происходит подъем бродящей массы из бродильных резервуаров по трубам 9 в переливные баки 10.

Давление и уровень жидкости во всех бродильных резервуарах одинаковы и поэтому в переливные баки 10 поступает одинаковое количество бродящей массы. Из последнего – бродильного – резервуара 4 (VI) виноматериал поднимается в сливной бак 17, а так как кран на трубе 19 открыт, виноматериал из него направляется по сливной трубе 20 в винохранилище для дображивания и отстаивания.

Универсальная установка ВБУ-4Н (рис. 24.13) предназначена для сбраживания сусла при производстве белых вин (десертных, крепленых, полусладких и сухих) в потоке. Она состоит из головных резервуаров 1 с поплавковыми реле 2 и электромагнитными клапанами 3, отборочно-компенсационных баков 4 и накопительных емкостей 6, а также промежуточных резервуаров 5. В установку входят четырнадцать резервуаров вместимостью по 1000 дал, объединенных переливными трубами через проходные или трехходовые краны. Головные резервуары 1 (первый, второй, четвертый и девятый) соединены с последующими промежуточными проходными кранами и обратными клапанами. Они снабжены патрубками для закачивания свежего сусла и обратными клапанами для предотвращения обратного потока. Сусло подается через трехходовые краны, что позволяет подкачивать его в верхнюю или нижнюю полость. На верхней горловине смонтированы поплавковые реле.

Верхние газовые камеры резервуаров, кроме головных, связаны с газовым коллектором клапанами перепада давления. Между первым и вторым, вторым и третьим, четвертым и пятым, девятым и десятым резервуарами установлены отборочно-компенсационные баки, которые фланцами крепятся к коллектору. На горловинах баков установлены электромагнитные клапаны для выпуска диоксида углерода, которые соединены трубами и шлангами с газовыми камерами головных резервуаров.

Для регулирования перетоков предусмотрен клапан между баком и трубой, связывающий газовую камеру с клапаном выпуска углекислого газа. К фланцам патрубков, приваренных к доншкам баков, присоединяется колено через трехходовой кран, связывающий бак с резервуаром. Нижние сливные патрубки через проходные краны соединены с общим коллектором виноматериала, дополнительные краны и отводы делят его на четыре секции. Первая и вторая секции сообщаются с накопительными емкостями. Емкостями третьей и четвертой секций являются последние резервуары соответствующих секций.

Ввиду того, что первая и вторая секции в основном предназначены для выработки крепленых и десертных вин, к ним предусмотрено специальное устройство, позволяющее спиртовать подброженное сусло в потоке. Внутри него имеется поплавковое реле, регулирующее подачу определенного количества спирта. Устройство соединено с клапаном выпуска углекислого газа, а газовая полость его через клапан – с газовой полостью резервуара.

Для наблюдения за процессом брожения на каждом резервуаре на различной высоте установлены манометр и пробные краники.

В основу работы установки заложен принцип создания перепадов избыточного давления за счет выделяющегося при брожении углекислого газа, воздействующего на находящееся внутри резервуара сусло и способствующего перетеканию его из одного резервуара в другой по переливным трубам. Принцип работы всех четырех

секций одинаков, но число резервуаров может быть разным, что дает возможность получать тот или иной тип вин.

Техническая характеристика установки ВБУ-44

Объемная производительность, дал/ч	500
Производительность по сброженному сахару для вин различных типов, кг/ч:	
сухие	801,5
полусухие	613
крепленые полусухие	669
крепленые полусладкие	229
Рабочее давление броидильного резервуара, МПа	0,049
Вместимость броидильного резервуара, дал	1000
Общая вместимость установки, дал	14 250
Коэффициент заполнения емкостей суелом	0,93
Потребляемая электроэнергия, кВт·ч	11
Габаритные размеры, мм	22 950×5850×6000
Масса, кг	27 647

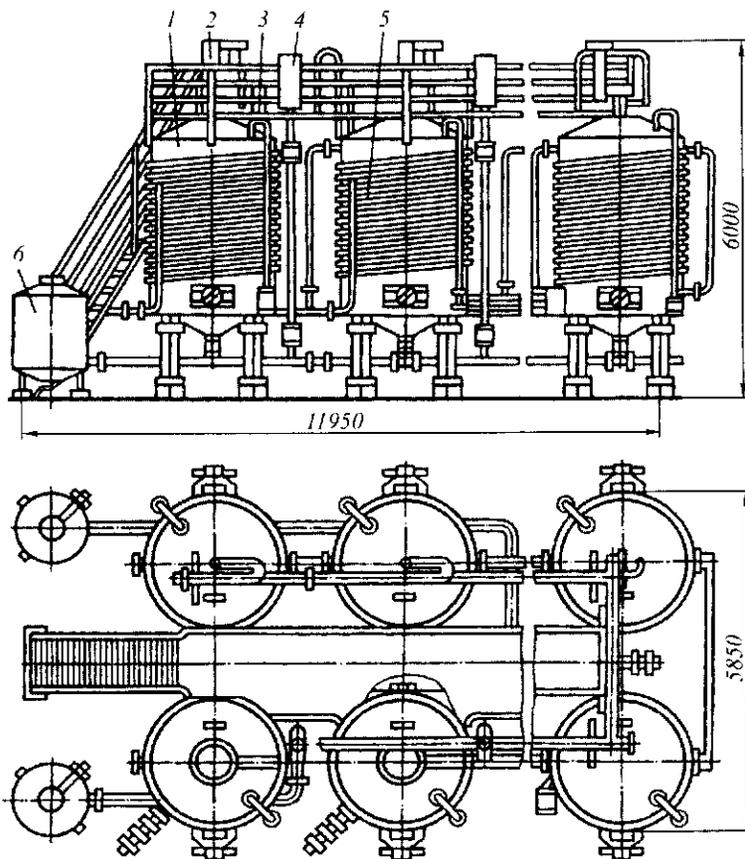


Рис. 24.13 Универсальная установка ВБУ-4Н для сброживания суела

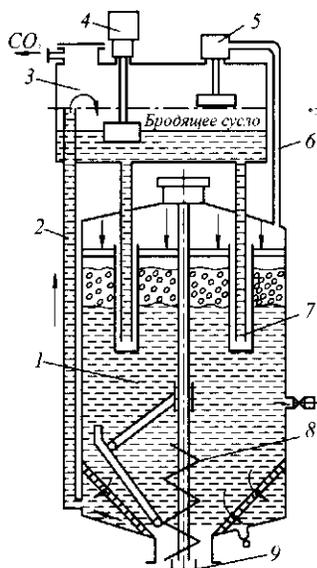


Рис. 24.14 Принципиальная схема установки УКС-3М для брожения сусла на мезге

В качестве бродильного оборудования периодического действия может служить установка типа УКС-3М производительностью 20 т/сут, комплектующаяся из трех бродильных аппаратов (рис. 24.14), каждый из которых работает независимо по периодическому циклу и состоит из резервуара для брожения 1, обводной трубы для подъема сусла 2, переточного бака 3, поплавкового реле 4, электромагнитного клапана 5 для выпуска CO₂, соединительной трубы 6 для CO₂, гидрозатвора 7, вертикального шнека для выгрузки сброженной мезги 8 и нижнего люка 9. В каждом аппарате брожение сусла ведут на мезге с погруженной «шапкой» в атмосфере CO₂. Для интенсификации экстрагирования красящих и дубильных веществ бродящее сусло перекачивают из нижней части резервуара в верхнюю и возвращают его в нижнюю часть через «шапку» мезги.

Непрерывность работы всей установки обеспечивается за счет согласования режимов работы отдельных ее аппаратов: пока один аппарат готовят к загрузке и загружают мезгой, во втором проходит брожение, а из третьего сливают виноматериал и выгружают сброженную мезгу. По окончании цикла те же операции проводят последовательно в следующих аппаратах.

Холодильные установки подбираются из расчета количества теплоты, которую необходимо отвести, за вычетом теплоты, теряемой через стенки аппарата в окружающую среду, а также теплоты, уносимой диоксидом углерода и водно-спиртовыми парами, которые выделяются за 1 ч наиболее активного сбраживания сусла.

Инженерные расчеты. Производительность установки непрерывного сбраживания сусла при производстве вина часовую P_q (дал/ч) и суточную P_c (дал/сут) рассчитывают по формулам:

$$P_q = 2,63V_n/C_1, \quad P_c = 63V_n/C_1,$$

где V_n – полезная вместимость головного бродильного аппарата, дал; C_1 – сахаристость сусла, поступающего на сбраживание, %.

Период одного цикла сбраживания τ (мин) составляет:

$$\tau = 60V/P_q,$$

где V – объем одного перетока, дал.

Число резервуаров n в установке непрерывного брожения сусла определяется степенью сбраживания сахара по формуле:

$$n = Bq/(P_c T),$$

где B – масса односортового винограда, поступающего на завод в течение сезона, т; q – удельный выход сусла, получаемого из 1 т винограда, дал/т; T – длительность сезона, сут.

Производительность бродительных установок периодического действия за сезон Π (дал) определяется по формуле

$$\Pi = V_n T / \tau = VK / \tau,$$

где V_n – полный объем аппарата, дал; K – коэффициент использования резервуаров ($K = 0,8 \dots 0,85$).

Сбраживание суслу сопровождается выделением значительной мощности теплового потока Φ (Вт), который необходимо отводить

$$\Phi = V_c \rho Q' \chi \alpha / 10\,000,$$

где V_c – объем суслу в бродительном аппарате, м³; ρ – плотность суслу, кг/м³; Q' – удельное количество теплоты, полученной из 1 кг сахара при брожении, Дж/кг; χ – количество сбраживаемого сахара в сусле, % масс.; α – доля сахара, сбраживаемого за 1 с, % к общей массе сахара в сусле, % масс./с.



...те, кто ходят очень медленно, могут продвинуться значительно больше, если они следуют прямым путем, по сравнению с теми, которые бегут, но удаляются от него.
ДЕКАРТ РЕНЕ (1596–1650),
французский философ и математик

24.6 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БРОЖЕНИЯ КВАСНОГО СУСЛА

Квасное суслу является благоприятной средой для дрожжей и молочно-кислых бактерий. Его состав зависит от используемого сырья и технологии получения. Сухие вещества концентрата квасного суслу содержат в среднем 74 % углеводов, из них фруктозы – 2, глюкозы – 10, мальтозы – 32, мальтотриозы – 12, декстринов – 18 %. Массовая доля аминного азота составляет 0,4...0,9 % на сухое вещество. Таким образом, суслу содержит достаточное количество сбраживаемых сахаров и аминного азота. Брожение квасного суслу проводят в бродельно-купажных, цилиндроконических бродельных аппаратах.

Бродельно-купажный аппарат (рис. 24.15) представляет собой цилиндрический сосуд 7 с коническим днищем, сферической крышкой, герметично закрытой люком 12, и опорами 2. Для поддержания требуемой температуры суслу аппарат снабжен рубашкой 6. В нижней конической части установлен дрожжеотделитель 3 с задвижкой 1 и заслонкой 21. Для перемешивания суслу при брожении и купажировании предназначена пропеллерная мешалка 4.

Аппарат снабжен также штуцерами 8 и 13 для отвода воздуха из аппарата и рубашки, штуцерами 16 и 5 для подачи и отвода охлаждающего рассола, штуцером 9 для подачи суслу и штуцером 14 для ввода сиропа, термометром 10, манометром 15, компенсатором 17, пробным краником 19, сливным штуцером 20, смотровыми стеклами 22 и отверстием для ввода автоматического датчика 11. Корпус аппарата покрыт слоем теплоизоляционного материала 18.

Примерная продолжительность операций в бродельно-купажном аппарате (ч): залив суслу и охлаждение – 3, брожение – 14, охлаждение кваса – 1, купажирование – 1, розлив кваса – 1, мойка, дезинфекция и подготовка аппарата – 0,5.

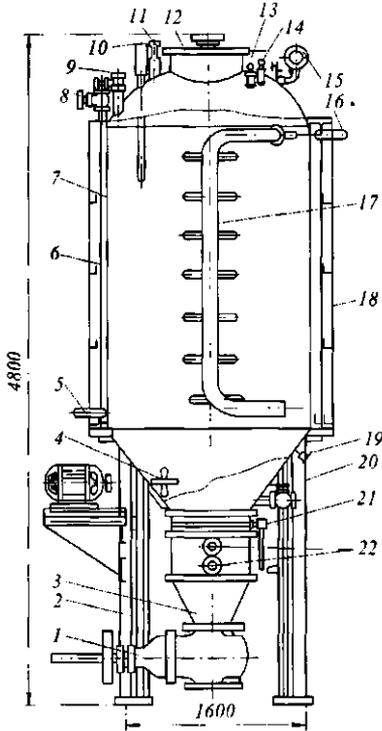


Рис. 24.15 Бройдильно-купажный аппарат

Бройдильный аппарат (рис. 24.16) представляет собой цилиндрический резервуар 1, герметично закрывающийся крышкой с трубой для отвода CO_2 . Аппарат оборудован охлаждающим змеевиком 2, декантатором 3 для сьема сброженного сусла и дрожжевого осадка и штуцером 4 для слива промывной воды.

Примерная продолжительность операций в бройдильном аппарате (ч): залив сусла, внесение сахарного сиропа и смешанной закваски – до 0,5, брожение – 16, охлаждение кваса – 1...1,5, мойка чана – 0,25.

По рецептуре для производства кваса предусмотрено использование сахара, который добавляют в виде отфильтрованного сахарного сиропа с массовой долей сухих веществ 60...65 %. Вначале в бройдильно-купажный или бройдильный аппарат наливают квасное сусло, вносят 25 % сахара от количества, предусмотренного рецептурой, и перемешивают. Содержание сухих веществ в сусле для хлебного кваса должно быть не менее 2,5 %, а для окрошечного кваса – 1,6 %.

Далее в сусло вносят смешанную закваску из чистых культур дрожжей и молочно-кислых бактерий (до 4 % к общему объему сусла) или разводку из высушенных технически чистых культур (дрожжи – 0,8 %, молочно-кислые бактерии – 0,06 % к объему сусла), или подмоложенные хлебопекарные дрожжи и перемешивают. В процессе брожения регулируют температуру, которая должна быть в диапазоне 25...30 °С.

При брожении квасного сусла часть питательных веществ расходуется на рост дрожжевых клеток и молочно-кислых бактерий, а основная масса под действием ферментов преобразуется в новые соединения: этиловый спирт, органические кислоты (в основном молочная), диоксид углерода и др. Окончание брожения определяют по двум показателям: понижение истинного содержания сухих веществ в сусле на 1 г в 100 мл сброженного сусла и достижение кислотности не ниже 2 мл в 1 г раствора щелочи на 100 мл сусла.

Если показатели сброженного сусла не удовлетворяют требованиям, то предусматривают следующие мероприятия:

- при недостатке сбраживаемых углеводов и медленном брожении перед внесением закваски в сусло добавляют для осахаривания углеводов на каждый 1 л сусла 5 г тонкоразмолотого ячменного солода с высокой осахаривающей способностью;

- в случае недостаточного накопления молочной кислоты брожение проводят при 30...32 °С и сахарный сироп добавляют через 6 ч от начала брожения; при недостаточном накоплении этилового спирта дрожжи и молочно-кислые бактерии добавляют отдельно, причем дрожжи на несколько часов раньше.

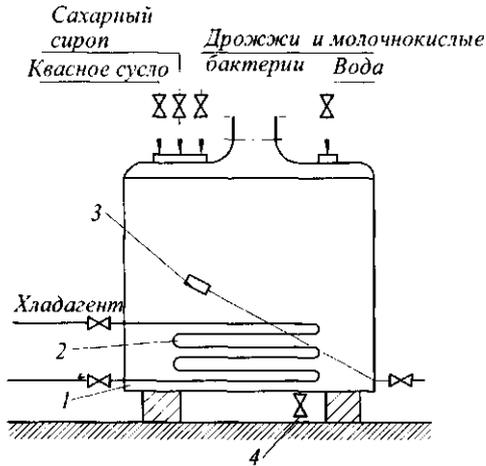


Рис. 24.16 Принципиальная схема бродительного аппарата

В сброженное сусло из сборников-дозаторов добавляют сахарный сироп, содержащий 75 % оставшегося сахара и 30 % концентрата квасного сусла, если на брожение использовано его только 70 %. В квас, приготовленный настольным методом, вносят помимо сахарного сиропа колер.

При изготовлении кваса для горячих цехов рецептурой предусмотрено добавление аскорбиновой кислоты и солей хлорида кальция, хлорида натрия, фосфата калия. В двух емкостях готовят растворы: в одной растворяют соли, в другой аскорбиновую кислоту в десятикратном количестве кваса. Порядок купаживания следующий: к сброженному суслу добавляют сахарный сироп, при непрерывном перемешивании вносят раствор солей, а через 5 мин раствор аскорбиновой кислоты. Готовый квас перемешивают, при этом температура его не должна превышать 12 °С.

Применение цилиндрико-конических бродительных аппаратов (ЦКБА) позволяет совместить те же процессы в одном аппарате, как и при использовании бродительно-купажных. Концентрат квасного сусла (ККС) для пастеризации подогревают до 75...80 °С и выдерживают 30...35 мин. Допускается пастеризовать ККС и после разведения.

Разведенный концентрат охлаждают до 28 ± 2 °С. Рекомендуется ККС вносить в два приема: 70 % – на брожение и 30 % – на купаживание, но можно всю массу ККС вносить на брожение. Приготовление сусла осуществляют в ЦКБА или специальном сборнике.

Заполнение ЦКБА производят через трубопровод, смонтированный в нижней конической части аппарата. Смешанную закваску или подмороженные дрожжи задают во вторую порцию разведенного концентрата квасного сусла, что ускоряет процесс брожения. При последующем перемешивании, осуществляемом центробежным насосом, вносят 25 % сахара в виде отфильтрованного белого сахара.

Брожение квасного сусла проводят при температуре 28 ± 2 °С и давлении, не превышающем 0,065 МПа. Температуру регулируют с помощью системы охлаждения, давление – шпунт-аппаратом. Во избежание оседания дрожжей через каждые 2 ч сброженное сусло перемешивают в течение 30 мин центробежным насосом «на себя». Затем квас охлаждают до 5...7 °С, подключая к охлаждению все рубашки ЦКБА,

Сброженный квас охлаждают до 5...7 °С, в результате чего дрожжи оседают на дно бродительного аппарата или в дрожжеотделитель бродительно-купажного аппарата. Из бродительного аппарата квас осторожно, не задевая осадка, перескачивают в купажный чан, а в бродительно-купажном аппарате дрожжеотделитель перекрывают шибером.

Квас купажируют в бродительно-купажном или купажном аппарате. Купажные аппараты представляют собой сборник из нержавеющей стали, алюминия или стали, покрытой стекломалью. Они оборудованы мешалками и барботерами для подачи диоксида углерода и имеют теплоизоляцию.

сливают дрожжевой осадок и купажируют, добавляя оставшиеся полуфабрикаты, тщательно перемешивают и передают на розлив. Применение ЦКБА позволяет сократить потери, улучшить качество продукции, быстро нарастить мощность квасоваренных отделений, так как устанавливать аппараты можно на открытых площадках.

Инженерные расчеты. Производительность P (дал/сут) бродильно-купажного аппарата для кваса рассчитывают по формуле

$$P = 24V_{ок} k\varphi / \tau,$$

где $V_{ок}$ – вместимость аппарата, дал; k – коэффициент, учитывающий потери сула при брожении ($k = 0,99$); φ – коэффициент заполнения аппарата ($\varphi = 0,9$); τ – продолжительность занятости аппарата, ч (при $V_{ок} = 500$ дал $\tau = 16,24$; при $V_{ок} = 100$ дал, $\tau = 13,04$).



... каждый из нас обязан работать над собой, над совершенствованием своей личности, возлагая на себя определенную часть ответственности за жизнь человечества.
СКЛОДОВСКАЯ-КЮРИ МАРИЯ (1867–1934),
польский и французский физик

24.7 АГРЕГАТЫ ДЛЯ БРОЖЕНИЯ ОПАРЫ И ТЕСТА

Брожение теста (спиртовое и кислотное) сопровождается рядом физических и биохимических превращений, в результате которых оно приобретает определенную структуру и в нем накапливаются ароматические и вкусовые вещества. При этом брожение может осуществляться в несколько стадий или фаз.

В процессе брожения гомогенная смесь изменяет свою плотность в результате накопления газов, выделяющихся вследствие жизнедеятельности микроорганизмов. Газообразные продукты (углекислота, спирт, молочная кислота и др.) придают тесту специфические вкус и запах.

Брожение может происходить в тех же дежах, в которых осуществляется замес, а также в укрупненных смкостях-бункерах или непосредственно на лентах специальных транспортеров. Бродильные емкости комбинируют с тестомесильными машинами, дозирочным и транспортным оборудованием в тестоприготовительные агрегаты.

По способу приготовления теста агрегаты делят на периодически действующие, непрерывнодействующие и комбинированные. В зависимости от схемы тестоведения их подразделяют на однофазные (безопарные) и многофазные (опарные).

Тестоприготовительные агрегаты типа И8-ХАГ-6 предназначены для приготовления ржаного и пшеничного теста двухфазным способом. Замес опары и теста в них осуществляется непрерывно, а брожение – в секционных бункерах.

На рис. 24.17 изображен агрегат И8-ХАГ-6, предназначенный для двухфазного приготовления пшеничного теста на большой густой опаре с расположением всего оборудования на одном этаже. Агрегат укомплектован тестомесильными машинами Х-26 для замеса опары 13 и теста 14. Замешенная опара подается в шестисекционный бункер 6 по трубе 11 с помощью пневматического питателя 15. Выброженная опара забирается из бункера через окно 9 и подается шнековым дозатором опары 8 по трубе в тестомесильную машину 14, в которую также дозируются мука и жидкие компоненты с помощью дозирочной станции ВНИИХП-06 3 и трубы для подачи жидкостей 4. Аналогичная станция применяется и для дозирования жидких компонен-

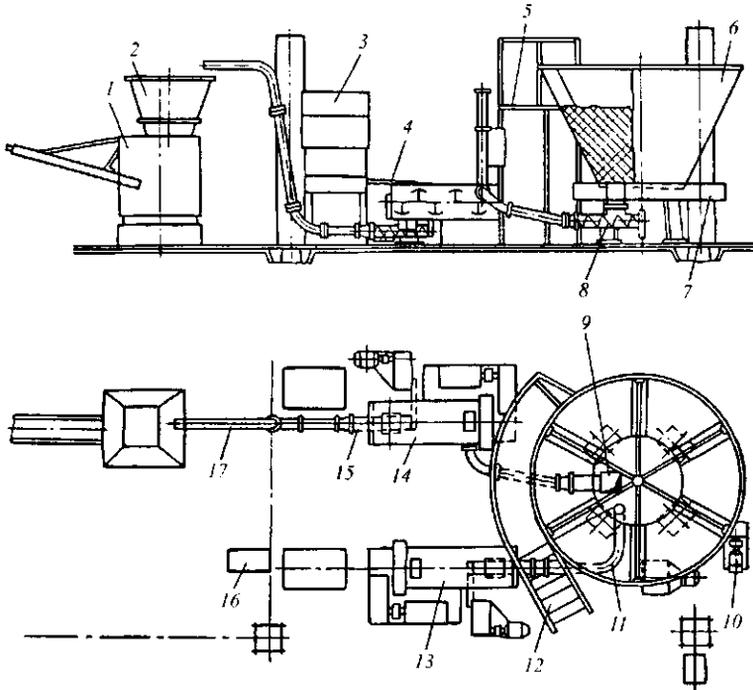


Рис. 24.17 Принципиальная схема тестоприготовительного агрегата И8-ХАГ-6

тов в опару. Замешенное тесто шнековым насосом 15 подается по транспортной трубе 17 в бункер 2 тестоделительной машины 1, управляемой с помощью пульта управления 16.

Бункер 6 для брожения установлен на неподвижных опорах, совместно с которыми смонтировано неподвижное днище 7 с отверстиями для загрузки и выгрузки опары. Пазовое уплотнение служит для соединения днища с вращающимся бункером, привод которого осуществляется от электродвигателя 10. Рядом с бункером установлена площадка для обслуживания 5 с лестницей 12.

В качестве бродильной емкости в агрегате используется конический бункер, разделенный радиальными перегородками на шесть секций. При работе агрегата замешиваемая опара сначала наполняет первую секцию бункера, после чего он поворачивается на 60° и под загрузку устанавливается следующая секция. Когда все секции окажутся загруженными опарой, параллельно с загрузкой производят из последней секции отбор спелой опары с помощью шнекового дозатора через окно 9.

Техническая характеристика тестоприготовительного агрегата И8-ХАГ-6

Производительность, т/с	до 15
Вместимость бункера для опары, м ³	6,000
Вместимость бункера для теста, м ³	0,400
Число секций в бункере	6
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	22,4
Габаритные размеры, мм	6340×4130×3080
Масса, кг	6670

Бункерный агрегат И8-ХТА-12 (рис. 24.18) предназначен для приготовления пшеничного теста двухфазным способом на большой густой опаре. Оборудован стационарным шестисекционным бункером для опары вместимостью 12 м^3 и наклонным корытом для брожения теста вместимостью $2,8 \text{ м}^3$, которое установлено так, чтобы тесто из него поступало самотеком в тестоделительную машину. Тесто замешивается в машинах И8-ХТА, а транспортируется по трубам лопастным насосом-дозатором. Бункер 3 агрегата установлен на опорах 2.

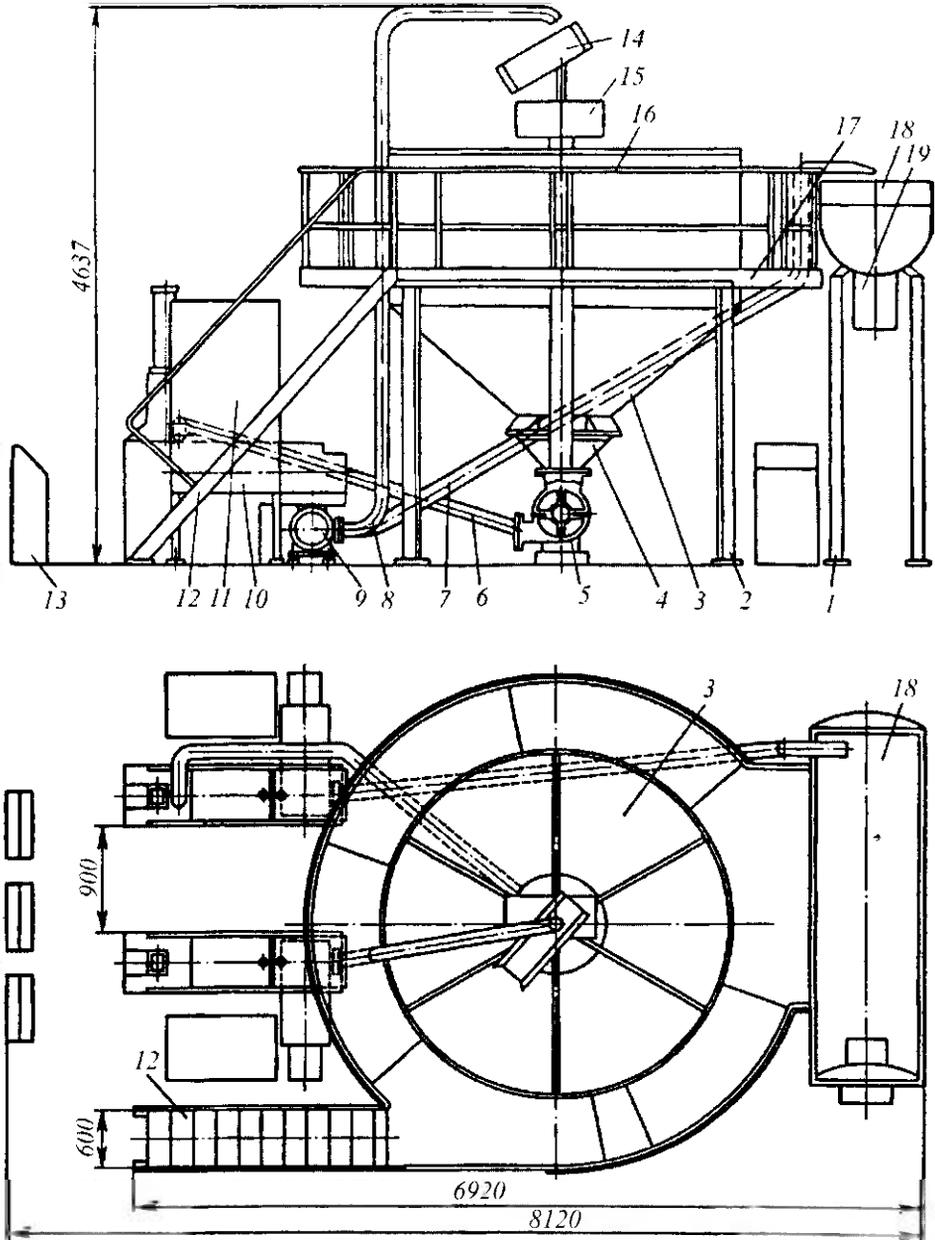


Рис. 24.18 Тестопрigотовительный агрегат И8-ХТА-12

Тестомесильные машины 10 для замеса опары и теста расположены так, что под ними размещаются лопастный дозатор опары 9 и аналогичный по конструкции нагнетатель теста, а рядом установлена дозировочная станция 11. Замешенная опара поступает в бункер по транспортной трубе 8 и с помощью распределительного поворотного лотка 14 направляется в определенную секцию бункера. Лоток закреплен на общем валу с поворотным днищем, размещенным в конусе 4. В поворотном днище имеется вырез для выгрузки опары из одной секции бункера. Приводное устройство 15 периодически по мере загрузки секции опарой поворачивает лоток и поворотное днище на один шаг и переводит загрузку на следующую секцию. Выброшенная опара с помощью насоса-дозатора 5 транспортируется по трубе 6 к тестомесильной машине. Замешенное тесто подается лопастным насосом по трубе 7 в наклонное корыто 18, установленное на четырех опорах 1, и отводится по тестоспуску 19.

Бункер снабжен лестницей 12 и площадкой для обслуживания 17 с ограждением 16. Рядом размещен пульт управления 13.

Отличительной особенностью агрегата является то, что на нем применены лопастные дозаторы опары и аналогичные по конструкции нагнетатели теста, работающие более надежно, чем шнековые, и не вызывающие заметного нагрева теста. Для брожения теста применено наклонное корыто без механического побудителя перемещения теста. Объем корыта уменьшен в связи с сокращением длительности брожения теста из-за более интенсивной его проработки в тестомесильной машине и транспортных устройствах.

Техническая характеристика тестоприготовительного агрегата И8-ХТА-12

Производительность, кг/ч	1380
Вместимость бункера, м ³	12
Число секций в бункере	6
Вместимость емкости для брожения теста, м ³	1
Суммарная мощность установленных электродвигателей, кВт.....	14,04
Габаритные размеры, мм:	
бункера для опары	3020×1100×960
всего агрегата	6920×4340×4470
Масса, кг	6700

Тестоприготовительный агрегат ХТР (рис. 24.19) существует в двух вариантах: с корытообразной емкостью для безопасного приготовления теста и с корытообразной емкостью, имеющей два отдельных отсека, для приготовления теста двухфазным способом.

Первый вариант агрегата предназначен для приготовления теста безопасным способом из пшеничной и ржаной муки на жидких или прессованных дрожжах и заквасках и имеет производительность 15...17 т хлебных изделий в сутки. В состав агрегата входят корытообразная емкость и одна тестомесильная машина Х-12Д. В тестомесильную машину с помощью дозаторов непрерывно подаются мука, дрожжи и все жидкие компоненты. Замешенное тесто поступает в корытообразную наклонную емкость для брожения. Брожение теста осуществляется при его медленном перемещении вдоль емкости до выпускного отверстия.

В целях повышения качества хлебобулочных изделий разработан второй вариант агрегата ХТР – для двухфазного приготовления теста. Агрегат состоит из двух-

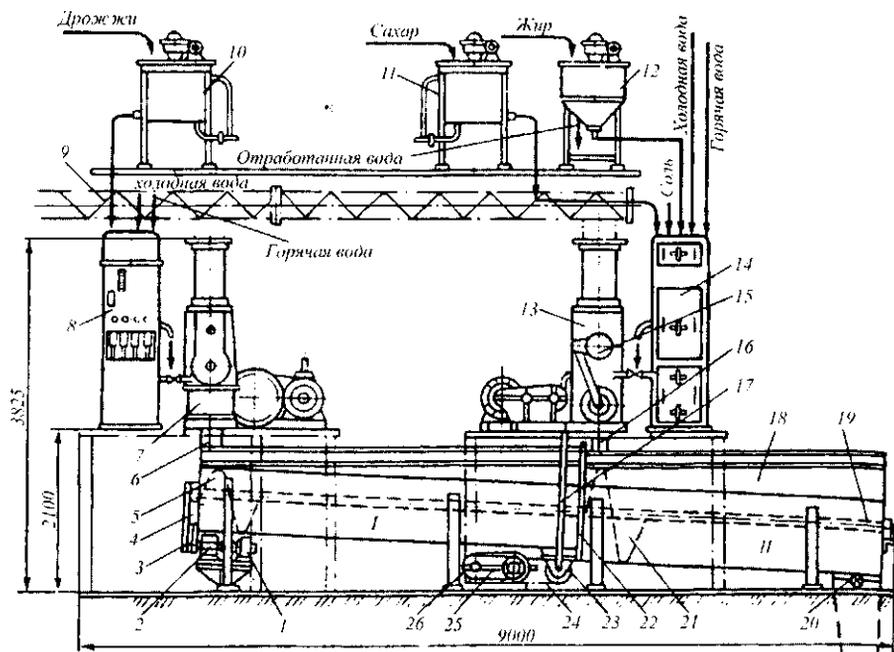


Рис. 24.19 Тестоприготовительный агрегат ХТР

секционного бродильного аппарата 18, двух месильных машин непрерывного действия 7 и 13 Х-12Д с автоматическими дозировочными станциями 8 и 14 и шнекового дозатора опары 23.

Бродильный аппарат представляет собой корытообразную емкость 18, разделенную перегородкой 22 на две секции I и II и установленную наклонно под углом 3° к горизонту. Вдоль емкости расположен на трех опорах вал 19, на котором укреплены два шнековых витка 5 и 21. Вал периодически вращается от электродвигателя 1 через цилиндрический редуктор 2, зубчатую цилиндрическую передачу, кривошип 3 и храповой механизм 4.

Дрожжи, раствор сахара и жир готовятся в аппаратах 10, 11, 12 марки Х-14 и Х-15Д и подаются в автоматические дозировочные станции 8 и 14. Мука для замеса опары и теста подается к дозаторам шнеком 9. В месильной машине 7, установленной над секцией I, непрерывно замешивается опара, которая через спуск 6 поступает в секцию I бродильного аппарата, где она бродит, медленно перемещаясь вдоль емкости под напором шнекового витка 5 и сил гравитации, возникающих в результате наклона емкости. Выброшенная опара в конце секции выгружается через отверстие в днище емкости и далее шнековым дозатором 23 по трубопроводу 17 подается в тестомесильную машину 13, куда подаются мука дозатором 15 и все жидкие компоненты из дозировочной станции 14. Шнековый дозатор-нагнетатель приводится в движение от электродвигателя 26 через вариатор скорости 25 и цепную передачу 24. Количество подаваемой опары регулируется изменением частоты вращения шнека дозатора с помощью вариатора скорости 25.

В тестомесильной машине 13, установленной над секцией II, непрерывно замешивается тесто, которое через спуск 16 поступает во второй отсек емкости, где оно бродит, медленно перемещаясь вдоль корыта под напором шнекового витка 21. Вы-

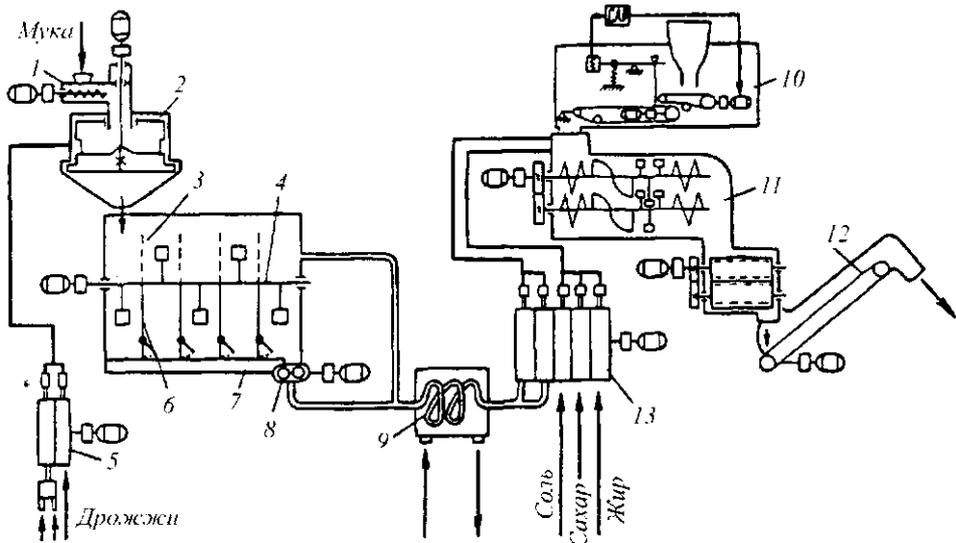


Рис. 24.20 Принципиальная схема тестоприготовительного агрегата РЗ-ХТН

броженное тесто через отверстие в днище емкости, регулируемое шибером 20, поступает в тестоделительную машину. Время брожения опары и теста регулируется изменением скорости вращения вала 19 с помощью храпового механизма. Угол поворота храпового колеса, укрепленного на валу 19, меняется изменением величины эксцентриситета кривошипа 3. При увеличении эксцентриситета увеличивается угол поворота храпового колеса и соответственно увеличивается частота вращения вала со шнековыми витками, в результате время брожения сокращается и, наоборот, при уменьшении эксцентриситета кривошипа время брожения увеличивается.

Техническая характеристика тестоприготовительного агрегата ХТР

Производительность, т/сут.....	20,0
Вместимость общая, м ³	5,06
I секция, м ³	2,35
II секция, м ³	2,71
Продолжительность брожения, ч:	
опары.....	3...4,5
теста.....	1...2
Суммарная мощность электродвигателей, кВт.....	11,68
Габаритные размеры, мм.....	9000×3910×3825
Масса, кг.....	7500

Тестоприготовительный агрегат РЗ-ХТН (рис. 24.20) предназначен для выработки массовых сортов пшеничного хлеба. Схема тестоведения - двухфазная, на жидкой опаре. Предусмотрен интенсивный замес жидкой опары и теста, что способствует существенному сокращению продолжительности брожения и улучшению качества хлеба. Применение жидкой опары облегчает механизацию процессов и способствует снижению потерь муки на брожение.

Агрегат состоит из непрерывнодействующей тестомесильной машины 2 интенсивного действия для замеса жидкой опары. Замес осуществляется в тонком слое

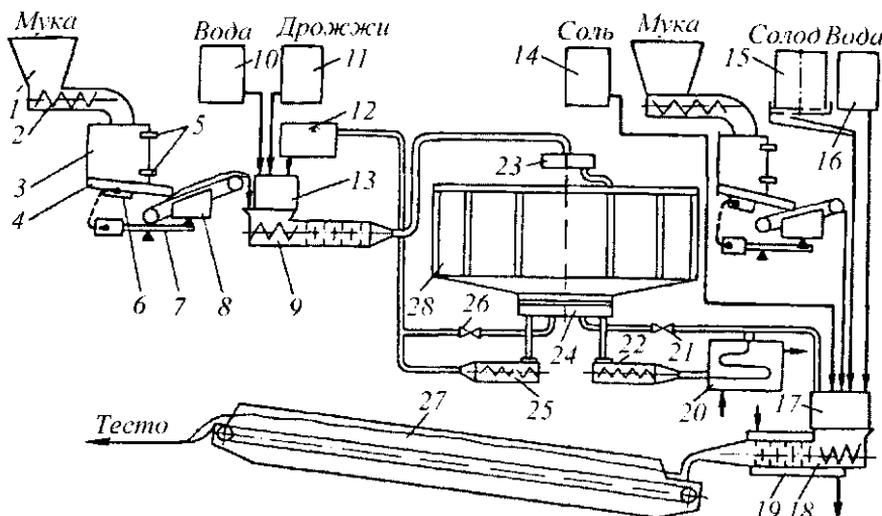


Рис. 24.21 Принципиальная схема тестоприготовительного агрегата ФТК-1000

между поверхностями коаксиальных цилиндров при большой частоте вращения, обеспечивающей гомогенизацию массы за короткое время.

Применены пневматический дозатор муки 1 и двухкомпонентная дозировочная станция жидких компонентов 5. Жидкая опара бродит в корытообразной емкости 3, разделенной перегородками 6 на пять отсеков. Через все отсеки бродильной емкости проходит вал 4 лопастной мешалки, осуществляющей непрерывное перемешивание массы в отсеках. В верхней части каждой из перегородок имеются прорезы с регулируемыми заслонками, через которые опара переливается из одного отсека в другой. При остановке агрегата для слива опары у основания каждой перегородки предусмотрены сливные клапаны. Длительность брожения жидкой опары регулируется изменением уровня бродающей массы в отдельных отсеках. Применяемые здесь метод выравнивания параметров среды в отдельных отсеках вследствие непрерывного перемешивания хуже поддается автоматическому регулированию, чем поточный.

Емкость снабжена водяной рубашкой 7 и насосом 8.

Жидкая опара проходит по трубчатому теплообменнику 9 и затем поступает в дозатор жидких компонентов 13. Последний одновременно дозирует все остальные жидкие компоненты, необходимые для замеса теста. Мука дозируется специальным дозатором 10 с весовым устройством. Тесто замешивается в месильной машине РЗ-ХТО 11, выпрессовывается в виде ленты на конвейер 12 и после 30 минут брожения делится на куски.

Производительность агрегата 1200 кг/ч, вместимость бункера для опары 5 м³.

Тестоприготовительный агрегат ФТК-1000 (рис. 24.21) предназначен для выработки ржаного и ржано-пшеничного теста для массовых сортов хлеба. Работает с применением жидкой первой фазы и интенсивного замеса как первой, так и второй фаз теста.

Агрегат состоит из мукомольного бункера 1 и весового дозатора муки, включающего питающий шнек 2, емкость 3 с датчиками 5 верхнего и нижнего уровней, вибролоток 4 с электромагнитным вибратором 6 и электрическим датчиком. Последний связан с весовым устройством 7 и реагирует на изменение массы муки на взвешивающем транспортере 8.

Для приготовления жидкой фазы используется дозировочная станция 13, в которую подаются самотеком вода и дрожжи из бачков 10, 11 и жидкая закваска из емкости 28.

Замес жидкой фазы осуществляется в течение 40 с в гомогенизаторе 9 интенсивного действия при частоте вращения вала 400 об/мин. Жидкая фаза поступает на брожение в неподвижную цилиндрическую двенадцатисекционную емкость 28, днище которой имеет уклон к центру, где установлен двенадцатипозиционный дисковый переключатель 24, работающий синхронно с поворотным переключателем 23 заполнения секций. Выбродившая опара перекачивается двумя шнековыми насосами 25, 22 в бак 12 для приготовления жидкой опары и в охладитель 20 и дозатор жидких компонентов 17. К последнему подаются из производственных емкостей 14, 15 и 16 соль, солод и вода. Тесто замешивается в течение 60 с в машине 18 интенсивного действия, снабженной водяной рубашкой 19, при частоте вращения вала 200 об/мин и длительности замеса 60 с. Из месильной машины тесто выпрессовывается в виде жгута и поступает на ленточный транспортер 27, играющий роль бродительного агрегата. Длительность брожения теста 12...20 мин.

Управление работой агрегата осуществляется с центрального пульта, оборудованного показывающими и самопишущими приборами. На пульт вынесены указатели уровнемеров, положения регулирующих клапанов, указатели потребляемой мощности тестомесильной машины, указатели температуры опары, теста и др.

В коммуникациях имеются краны 26 и 21, служащие для возврата жидкой опары при переполнении расходных баков.

Агрегат пригоден для работы по однофазной схеме с применением 3...4 % прессованных дрожжей. При использовании жидкой опары дрожжей расходуется 0,4...1 %.

Производительность агрегата 1000 кг/ч, вместимость бункера для брожения опары 12 м³.

Инженерные расчеты. Вместимость бродительной емкости агрегата бункерного типа V (м³) определяется по формуле

$$V = (a / 600) [P\tau n / Bq(n - 1)],$$

где a – количество перерабатываемой муки в рассчитываемой стадии процесса на 100 кг муки (для теста $a = 100$, для большой опары $a = 70$); P – производительность линии по хлебу, кг/ч; τ – продолжительность брожения, мин (для большой опары $\tau = 240...270$ мин, для закваски $\tau = 180...210$ мин); n – число секций бункера; B – выход хлеба из 100 кг муки; q – норма загрузки муки, кг.

Ритм сменяемости секций бункера $R_c = \tau / (n - 1)$, ритм замесов $R_z = R_c / m$, где m – число замесов, направленных в одну секцию.

Геометрический объем емкости для брожения в агрегате непрерывного действия V (м³) определяется по формуле

$$V = P\tau / (6Bq),$$

где P – производительность линии, кг/ч.

Необходимое число дежей D в агрегатах дежевого типа рассчитывают как

$$D = 166,7 [P\tau / (BqV_d)] + D_0,$$

где V_d – вместимость дежи, л; D_0 – число дежей у опрокидывателя и на холостом участке конвейера (минимальное значение $D_0 = 1$).

Ритм сменяемости дежей R_d (мин) равен

$$R_d = (0,006qBV_d) / P.$$

Мощность электродвигателя N (кВт) привода бункерных и дежевых агрегатов можно определить по формуле:

$$N = (N_1 + N_2 + N_3) / \eta,$$

где N_1 – мощность, необходимая для преодоления трения в месте соприкосновения роликов с опорным кольцом и трения в опоре роликов, кВт; N_2 – мощность, необходимая для преодоления сил инерции, кВт; N_3 – мощность, необходимая для преодоления сопротивления трения в нижней части бункера, кВт ($N_3 = 0,3 \dots 0,4$ кВт, для дежевых кольцевых агрегатов $N_3 = 0$); η – КПД приводного механизма.

$$N_1 = (Fv) / 1000,$$

где F – сопротивление передвижению, Н; v – окружная скорость на ободу приводного ролика, м/с.

$$N_2 = (M\omega) / 1000,$$

где M – статический момент для преодоления сил инерции, П·м; ω – угловая скорость вращения бункера, с⁻¹.



Невежество – рабство, знание – свобода.
БЕРАНЖЕ ПЬЕР ЖАН (1780–1857).
французский поэт

24.8 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВЕРТЫВАНИЯ МОЛОКА И ОБРАБОТКИ СГУСТКА

Для свертывания молока в сыроделии применяют молокосвертывающие ферменты животного происхождения: сычужный фермент и пепсин, а также ферментные препараты на их основе. Сычужный фермент получают из желудков (сычугов) молодых телят, ягнят и козлят. Он представляет собой смесь ферментов химозина (реннина) и пепсина. Молокосвертывающий препарат вносят в молоко в виде раствора, приготовленного за 25...30 мин до использования. Потребное количество ферментного препарата растворяют в пастеризованной при температуре 85 °С и охлажденной до 35 °С воде.

Цель обработки сгустка – удаление несвязанной с белками влаги (сыворожки) с растворенными в ней составными частями молока. От количества воды в сырной массе зависит развитие биохимических и микробиологических процессов. Чем больше сыворожки выделяется из сырной массы, тем меньше в ней остается молочного сахара и других веществ, являющихся питательной средой для микроорганизмов. Для удаления избыточного количества влаги из сгустка используют следующие технологические операции: разрезка сгустка, постановка зерна, вымешивание зерна, тепловая обработка сырного зерна (второе нагревание), обсушка зерна.

Свертывание молока и обработку сгустка проводят в специальных сыродельных ваннах различной вместимости, которые снабжены неснимаемым универсальным инструментом, позволяющим как разрезку сырного сгустка и постановку зерна, так и вымешивание. Через боковой отборник из них откачивают сыворотку. Для лучшего стока остатков сырной массы предусмотрен наклон сыродельной ванны.

Сыродельные ванны марок Д7-ОСА-1, В2-ОСВ-5 и В2-ОСВ-10 предназначены для выработки сырного зерна при производстве твердых и мягких сыров.

Сыродельная ванна Д7-ОСА-1 (рис. 24.22) состоит из следующих основных узлов: двустенной ванны 3, запорного клапана 9 для спуска зерна с сывороткой, колонн 4 и 8, мостовой конструкции 7, режуще-вымешивающего инструмента 2 и его привода 6. Сыродельная ванна имеет домкрат 1 для наклона ванны и сито для отбора сыворотки, а также мерную линейку 5.

Сыродельная ванна В2-ОСВ-10 (рис. 24.23) состоит из: ванны 1, привода 2 режуще-вымешивающего инструмента 15, пневмоцилиндра 5 для наклона ванны, пульта управления 6, электрошкафа 7, устройства 8 для подачи горячей воды в ванну, колонн 9 и 11, мостовой конструкции 10, датчиков 4 и 12 контроля уровней сыворотки и молока в ванне, запорного клапана 13 для спуска сырного зерна в смеси с сывороткой, центробежного насоса 14 для перекачки сырного зерна и лестницы 3.

Двустенная ванна 3 (см. рис. 24.22) представляет собой жесткую сварную конструкцию, внутренняя часть которой изготавливается из нержавеющей стали. Внутренняя ванна заключается в кожух из углеродистой стали. Пространство между ванной и кожухом заполняется термоизоляционным материалом, закрываемым сверху листами из нержавеющей стали.

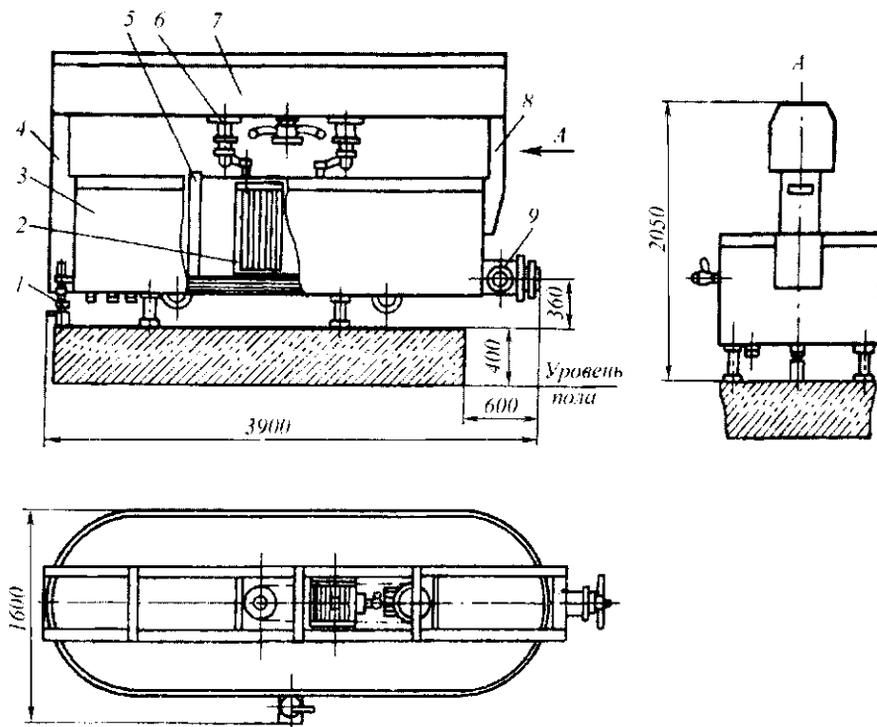


Рис. 24.22 Сыродельная ванна Д7-ОСА-1

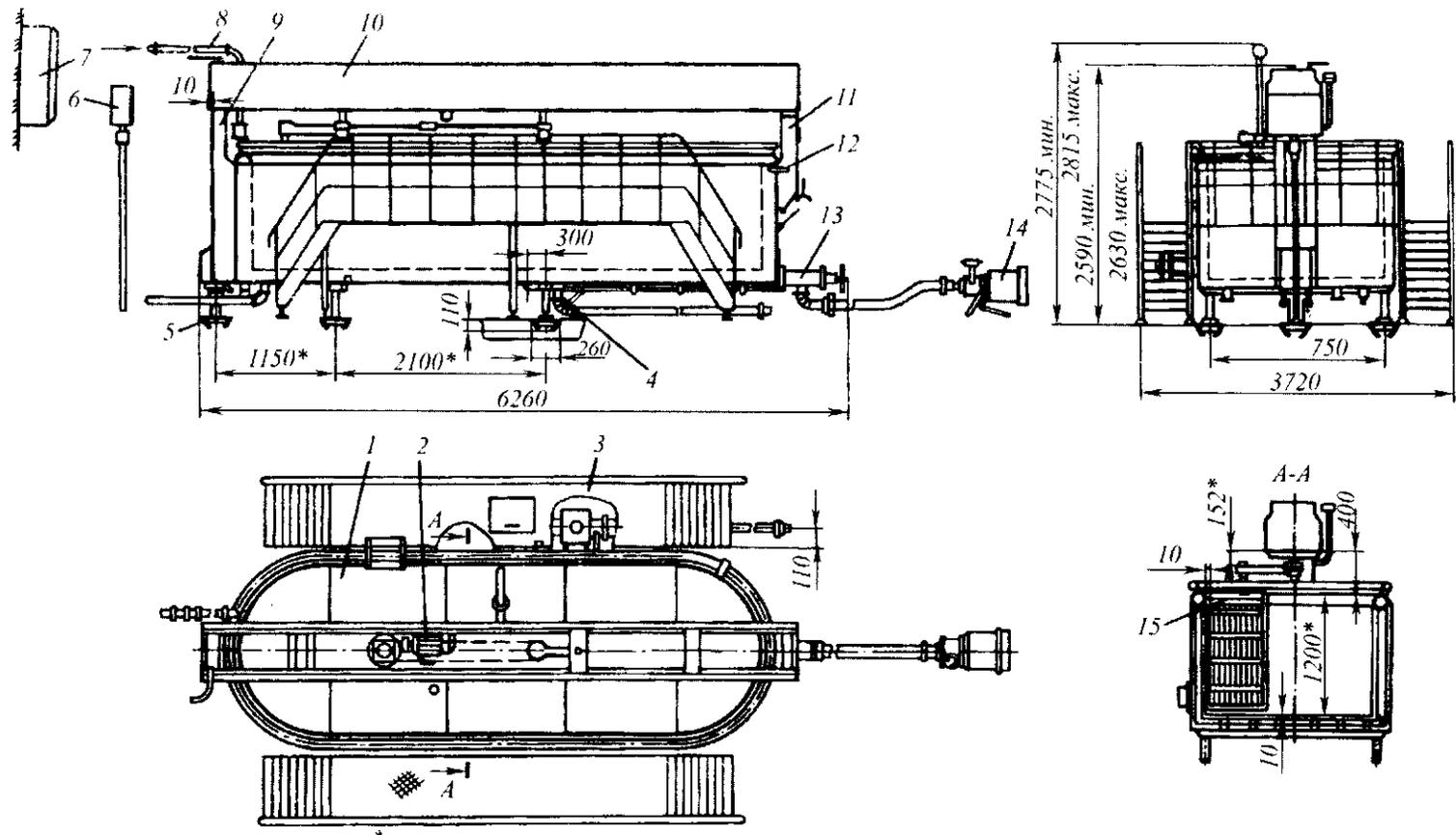


Рис. 24.23 Сыродельная ванна В2-ОСВ-10

Между наружным и внутренним дном установлен барботер. Пар подводится от заводской сети через патрубок диаметром 25 мм. Слив воды из рубашки – через патрубок диаметром 50 мм в нижнем днище.

Охлаждающая вода подводится через патрубок диаметром 32 мм, выступающий за наружное днище. Вода через перфорированную трубу, являющуюся бортом ванны, стекает между двумя боковыми стенками, омывая при этом внутреннюю ванну.

Клапан 9 для спуска из ванны зерна в смеси с сывороткой расположен со стороны, противоположной подводящим патрубкам воды, пара, слива воды из рубашки.

Контроль за наполнением емкостей молоком осуществляется визуально при помощи мерной линейки 5, а у ванны марки В2-ОСВ-10 – автоматически, для этого на боковой стенке ванны вмонтирован датчик контроля верхнего уровня молока 12.

Наклон ванны марки Д7-ОСА-1 при мойке и перекачке из нее содержимого осуществляется гидравлическим домкратом 1, установленным в колонне, а наклон ванны марок В2-ОСВ-5 и В2-ОСВ-10 – пневмоцилиндром, также установленным в колонне. Для установки привода к ванне крепятся болтами две колонны. Мостовая конструкция 7, крепящаяся на колоннах, состоит из двух балок коробчатого сечения и соединяющих их элементов.

Режуще-вымешивающий инструмент представляет собой ножевую раму с вертикальными поворотными ножами. Привод 6 режуще-вымешивающего инструмента перемещается внутри моста на направляющих, приваренных к балкам. Весь привод монтируется на корытообразной платформе, что полностью исключает возможность попадания загрязнений с привода в ванну.

Для сообщения платформе возвратно-поступательного движения используют втулочно-роликовую цепь. В одном из звеньев цепи вместо оси закреплен в рычаге палец с роликом. Это обеспечивает вращательное движение звездочек и равномерное вращательно-поступательное движение каретки. Постоянное натяжение втулочно-роликовой цепи осуществляется перемещением колонки ведомого вала вместе с закрепленной на нем звездочкой при помощи винта, расположенного в одной из торцевых стенок каретки.

Электрооборудование сыродельной ванны марки Д7-ОСА-1 состоит из горизонтально расположенного четырехскоростного двигателя, перемещающегося вдоль каретки при помощи рейки и шестерни, бесступенчатого вариатора скорости, червячного редуктора и цепной передачи.

Бесступенчатый вариатор скорости состоит из двух шкивов и клинового ремня. Ведомый шкив вариатора имеет постоянный диаметр. Ведущий (раздвижной) шкив может иметь переменный диаметр, он состоит из двух конусов, один из которых перемещается вдоль оси двигателя. Перемещение конуса, а вместе с тем и изменение диаметра ведущего шкива, происходит за счет изменения межцентрового расстояния клиноремненной передачи путем перемещения двигателя по салазкам каретки.

Ведущий вал инструмента (вертикальный вал червячного редуктора) вращается от червячного колеса. Второй вал инструмента получает вращение от ведущего через цепную передачу.

Ванну наполняют молоком сверху, затем включают привод. При непрерывном перемешивании подогревают молоко до температуры свертывания. В молоко, подогретое до нужной температуры, вносят бактериальную закваску, раствор фермента и другие компоненты. При этом смесь продолжают перемешивать до получения однородной массы. По окончании перемешивания отключается двигатель, после

чего происходит свертывание. Когда сгусток достигает желательной плотности, включают привод и режущие-вымешивающим инструментом сырный сгусток разрезают. Для разрезки сгустка режущие-вымешивающий инструмент вращают по часовой стрелке. Процесс начинают с наименьшего числа оборотов инструмента.

После окончания разрезки сгустка и частичной постановки сырного зерна отбирают нужное количество сыворотки. Отбор сыворотки из сыродельной ванны марки Д7-ОСА-1 проводится через патрубков, вваренный в боковую стенку ванны, трехходовой кран и сито, навешенное на борт ванны, при остановленном инструменте. Отбор сыворотки из сыродельных ванн марок В2-ОСВ-5 и В2-ОСВ-10 осуществляется через устройство для отбора сыворотки при работающем режущие-вымешивающем инструменте. После отбора сыворотки выполняют второе нагревание при вращающемся инструменте и подсушивают зерно, после чего прекращают подачу пара, и сырное зерно в смеси с сывороткой при наклонном положении ванны перекачивают насосом или самотеком в формовочные устройства или на отделители сыворотки.

Таблица 24.3 Техническая характеристика сыродельных ванн

Показатель	Д7-ОСА-1	В2-ОСВ-5	В2-ОСВ-10
Вместимость ванны, м ³ :			
геометрическая	3,1	5,8	10,9
рабочая	2,5	5,0	10,0
Частота вращения режущие-вымешивающего инструмента, мин ⁻¹	4,5...29	2...20	2...20
Мощность электродвигателя, кВт	0,6/0,7/1/1,3	1,6	1,6
Тип режущие-вымешивающего инструмента	универсальный		
Число режущие-вымешивающего инструмента	2	2	2
Потребная масса пара на 1 кг молока (при давлении 5 Па), кг	0,108	0,05	0,04
Потребная масса воздуха на 1 варку (при давлении 5 Па), м ³	—	0,9	0,2
Потребный объем воды, м ³ :			
на мойку ванны и инструмента	0,3	0,5	0,8
на технологический процесс	0,5	0,9	1,4
Габаритные размеры, мм	3900×1600×2050	6200×2130×2300	6260×3720×2815
Масса, кг	1550	3850	4800

Инженерные расчеты. Производительность сыродельных ванн Π (кг/ч) определяют по формуле:

$$\Pi = m_p / \tau_{ц},$$

где m_p – масса молока в ванне, кг; $\tau_{ц}$ – продолжительность цикла, ч (включая наполнение, нагревание, свертывание, разрезку, вымешивание, образование пласта и разгрузку).

Скорость движения режущего инструмента v (м/с) при дроблении сырного сгустка определяют из уравнения

$$v = \sqrt{2Pd / (\psi \cdot F \rho_c)},$$

где P – линейное удельное давление на зерно со стороны ножа, Н/м; d – диаметр зерна, м; ψ – коэффициент сопротивления; F – площадь сечения зерна, м²; ρ_c – плотность сыворотки, кг/м³.

Стуток начинают резать при скорости движения режущего инструмента $v = 0,3 \dots 0,4$ м/с, а заканчивают постановку зерна при $v = 1,5 \dots 2,0$ м/с. Перемешивают зерно в течение $t_n = 30 \dots 150$ мин.

Мощность N (кВт) мешалки зависит от требуемой интенсивности перемешивания и определяется величиной перемешиваемого объема и энергией перемешивания.

Потребную мощность N (кВт), затрачиваемую лопастью мешалкой, определяют по формуле

$$N = 0,052 \rho h z n^3 (R_n^4 - R_a^4),$$

где ρ – плотность продукта, кг/м³; h – высота погруженной части лопасти, м; z – число лопастей; n – частота вращения, с⁻¹; R_n, R_a – расстояние от оси вращения до наружного и внутреннего краев лопасти, м.



Кто спорит, ссылаясь на авторитет,
тот применяет не свой ум, а скорее память.
ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ (1452–1519),
итальянский живописец, скульптор, архитектор,
ученый и инженер

24.9 АППАРАТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАКВАСОК И ПРОИЗВОДСТВА КИСЛОМОЛОЧНЫХ НАПИТКОВ

Для приготовления закваски на предприятиях отрасли применяют специальные *заквасочники*. Основным техническим параметром их является вместимость. Заквасочники вместимостью 12 и 40 л применяют для приготовления лабораторной и производственной заквасок, а заквасочники вместимостью 150, 350, 630 л и более используют для получения производственной закваски.

Заквасочник Г6-03-12 (рис. 24.24, а) состоит из термоизолированной ванны 1 с подставкой, термоизолированной крышки 2, четырех ушатов с крышками 3, электрошкафа с пультом управления, комплекта принадлежностей. Ванна заквасочника представляет собой сварную конструкцию из наружной и внутренней ванн, пространство между которыми заполнено теплоизоляцией. Ванна имеет крышку, прикрепленную шарнирно. Со стороны электрошкафа в ванну вмонтированы три электронагревательных элемента и датчик блоков регулирования и измерения температуры.

В верхней части ванны установлена решетка, в которую вставляют ушаты (сосуды цилиндрической формы с крышкой и ручками). Ушаты с молоком помещают в ванну, заполненную водой до верха переливной трубы. Нагрев молока до температуры пастеризации и выдержка при этой температуре происходят в автоматическом режиме. Затем в ванну поступает холодная вода, молоко охлаждается до температуры сквашивания, после чего в ушаты вносят культуры молочнокислых бактерий. Сквашивание молока происходит при заданной температуре. Готовая закваска охлаждается хладоносителем и хранится в камерах до употребления. Хладоносителем служит ледяная вода температурой 2...3 °С.

Заквасочник Г6-03-40 по конструкции аналогичен заквасочнику Г6-03-12. Внутри ванны в нижней части смонтирована парораспределительная головка, представляющая собой цилиндр, на боковой поверхности которого имеются 144 отверстия диаметром 3 мм.

Поворачивая рукоятки на электрошкафу, подают напряжение и устанавливают режим пастеризации. В ванну поступает пар для пастеризации молока. По достижении температуры пастеризации молоко выдерживают в течение 50...60 мин. Затем в ванну подают холодную воду, и молоко охлаждается до температуры сквашивания, после чего в ушаты вносят культуры молочнокислых бактерий. Рукоятку режима работ на панели электрошкафа устанавливают в положение «Сквашивание». Сквашивание молока происходит при температуре, автоматически поддерживаемой в течение времени, определяемого технологическими инструкциями по производству заквасок.

Заквасочник Л5-ОЗУ-0,35 (Л5-ОЗУ-0.63) (рис. 24.24, б) представляет собой термоизолированную емкость со следующими устройствами: для залива и слива продукта, перемешивающим 4, для мойки внутренней поверхности 5, змеевиками 3, датчиком контроля температуры пастеризации и сквашивания и др. В электрошкафу смонтированы электрические приборы, управляющие работой привода мешалки, вентиля с электромагнитным приводом и контролирующие температуру продукта.

Заквасочник состоит из внутренней 1 и наружной 2 ванн и облицовки. Пространство между наружной ванной и облицовкой заполнено теплоизоляцией, в пространстве между внутренней и наружной ваннами (в рубашке) находятся змеевики 3

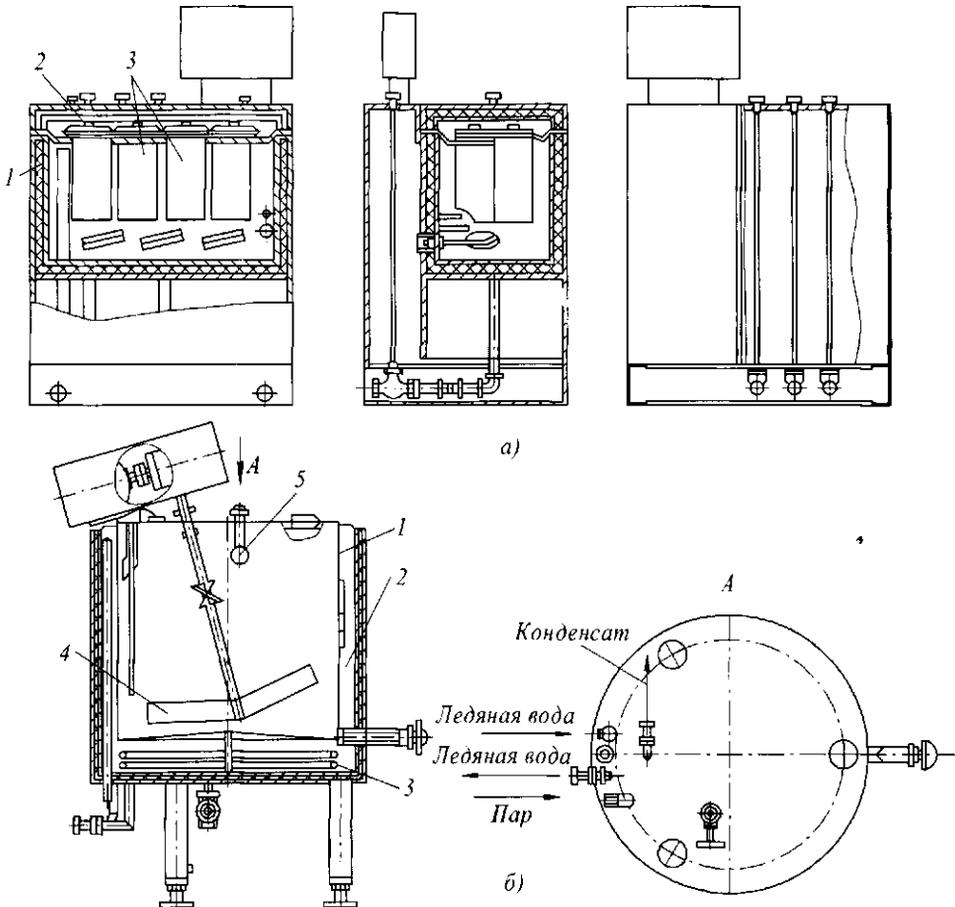


Рис. 24.24 Заквасочники:
а - Г6-ОЗ-12; б - Л5-ОЗУ-0.35 (Л5-ОЗУ-0.63)

и переливная труба. Внутренняя и наружная ванны состоят из обечайки и днища. К днищу внутренней ванны приварен патрубок для вывода продукта. Для полного слива продукта днище имеет уклон в сторону выпускного патрубка.

По образующей обечайки, в ее верхней части, приварен змеевик для подачи ледяной воды. К днищу наружной ванны приварены переливная труба, патрубок для слива воды из рубашки и змеевик для подачи пара при пастеризации продукта. На выходных концах змеевиков подачи пара и ледяной воды установлены обратные клапаны. Через патрубок, приваренный ко дну наружной ванны, заполняется водой межстенное пространство (рубашка). Для контроля за уровнем воды в рубашке служит сигнальная лампочка, установленная на лицевой части электрошкафа. При отсутствии сигнала о заполнении необходимо открыть вентиль и заполнить рубашку водой. Переливная труба ограничивает заполнение водой межстенного пространства.

По достижении продуктом температуры 75...90 °С вода в межстенном пространстве начинает кипеть и через переливную трубу выходит пар. При монтаже необходимо предусмотреть трубопровод отвода пара за пределы помещения. Запрещается соединять переливную трубу с закрытой емкостью, так как в этом случае в межстенном пространстве может создаваться избыточное давление. Для наполнения молоком внутренней ванны заквасочника имеется патрубок с условным проходом 35 мм, для слива – клапан с условным проходом 50 мм. Молоко перемешивается фиксируемой на валу привода с помощью пальца и закрепляемой гайкой мешалкой. Заквасочник сверху закрывается крышкой, состоящей из двух частей: подвижной и неподвижной. На подвижной крышке находится упор, который нажимает на кончный выключатель и отключает электродвигатель при открытой крышке. На неподвижной части смонтированы датчики верхнего уровня продукта, моющее устройство, патрубок для заливки молока, датчик блока регулирования и контроля температуры, который погружен в продукт. Для подачи моющих растворов внутрь заквасочника служит моющая головка, представляющая собой шар с отверстиями.

На трубопроводе подачи пара в нижний змеевик при пастеризации продукта установлены фильтр, два параллельно соединенных вентиля с электромагнитным приводом, манометр и байпасная линия; на трубопроводе подачи ледяной воды – фильтр, вентиль с электромагнитным приводом и байпасная линия.

Установки работают в автоматическом режиме, подача сырого молока прекращается по достижении верхнего уровня заполнения. Управление процессами нагрева и перемешивания, подача тепло- и хладоносителя, а также сигнализация при достижении заданной кислотности сквашивания молока производится автоматически. Технические характеристики заквасочников приведены в табл. 24.4.

Таблица 24.4 Техническая характеристика заквасочников

Показатель	Г6-03-12	Г6-03-40	Л5-ОЗУ-0.35	Л5-ОЗУ-0.63
Вместимость, дм ³ :				
общая	12	40	35	63
одного упата	3	2	–	–
Частота вращения мешалки, с ⁻¹	–	–	0,47	0,47
Потребный объем ледяной воды, м ³	0,8	1,36	2,2	2,3
Расход пара, кг/ч			100	130
Установленная мощность, кВт	7,5	2,5	0,55	0,55
Габаритные размеры, мм	855×620×1080	855×620×1080	1400×1020×1750	1600×1220×2000
Масса, кг	160	180	360	410

Аппарат Я1-ОСВ (рис. 24.25) состоит из корпуса 10, мешалки 8, привода 4, моечного устройства 5, крышки люка 16, датчиков верхнего 20 и нижнего 13 уровней, крана отбора проб 3, термометра сопротивления 2, термометра 1 и регулируемых опор 15. Корпус представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд с днищем 11 и крышкой 6, теплообменной рубашкой в виде змеевика и патрубками подвода 7 и отвода 12 тепло- и хладоносителя. Корпус термоизолирован фенолформальдегидным пенопластом 9 и облицован тонколистовой сталью. Для обслуживания предусмотрена лестница 17, установлено смотровое окно 18 и светильник 19.

Мешалка 8, установленная вертикально, имеет форму трубчатого контура с диагональной лопастью. Нижней частью мешалка опирается на подшипник скольжения. Привод 4 представляет собой мотор-редуктор, установленный на плите.

Моечное устройство 5 состоит из двух головок, вращающихся во взаимно перпендикулярных плоскостях. Головки имеют изогнутые трубки, создающие при вытекании жидкости реактивную силу вращающую головки.

Заполнение и опорожнение аппарата продуктом осуществляются через патрубок 14, установленный в нижней части корпуса. Для контроля температуры продукта в нижней части корпуса установлены термометр 1 и термометр сопротивления 2. Для определения верхнего уровня продукта служат датчики уровня 20, для сигнализации опорожнения – датчик уровня 13. Пробу продукта для определения кислотности берут через пробный кран 3, расположенный в цилиндрической части резервуара. В резервуаре имеется люк, закрываемый крышкой с защелкой. У крышки люка установлен конечный выключатель. На крышке резервуара расположен патрубок для подсоединения к внешней охлаждающей установке. Система охлаждения в виде замкнутой спиралевидной рубашки позволяет прокачивать теплоносители под избыточным давлением, что повышает эффективность теплообмена и упрощает проектные решения по обвязке резервуаров трубопроводами. В верхней части аппарата установлен воздушный клапан 21.

В аппарате осуществляются следующие операции: заполнение продуктом до определенного уровня, введение закваски (при необходимости), перемешивание, сква-

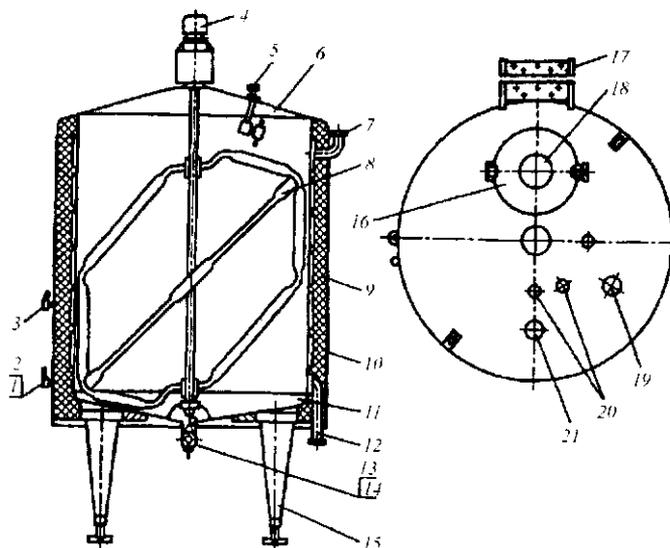


Рис. 24.25 Аппарат Я1-ОСВ

шивание или созревание продукта, охлаждение. Резервуары оснащены средствами контроля автоматического и дистанционного управления процессами, что позволяет обеспечить минимальную трудоемкость эксплуатации и высокое качество вырабатываемых продуктов. Технические характеристики аппаратов приведены в табл. 24.5.

Таблица 24.5 Техническая характеристика аппаратов для производства кисломолочных продуктов

Показатель	Я1-ОВС-2	Я1-ОВС-3	Я1-ОВС-4	Я1-ОВС-5	Я1-ОВС-6
Рабочая вместимость, м ³	1	2,5	4	6,3	10
Внутренний диаметр, мм	1200	1400	1600	2000	2400
Условный диаметр патрубков наполнения-опорожнения, мм	50 (для всех моделей)				
Установленная мощность, кВт	0,75 (для всех моделей)				
Занимаемая площадь, м ²	2,12	2,7	3,7	5,4	7,33
Масса, кг	535	900	1070	1500	2000

Инженерные расчеты. Оборудование с периодическим циклом работы подбирают, исходя из сменной объемной производительности ванн $P_{см}$ (м³/ч)

$$P_{см} = (V\tau_{см}) / \tau_{ц.т.}^2,$$

где V – рабочая вместимость ванн, м³; $\tau_{см}$ – продолжительность смены, ч; $\tau_{ц.т.}$ – продолжительность одного цикла переработки молока в творог, включающего в себя операции наполнения ванны, нагревания нормализованной смеси до температуры сквашивания (32 °С), сквашивания, выгрузки из ванны сгустка с сывороткой и ее мойки, ч.

Расход холода, необходимого для охлаждения творога Φ_x (Дж/ч), находят по формуле

$$\Phi_x = k_x G_n c_n (t_1 - t_2),$$

где k_x – коэффициент, учитывающий потери холода в окружающую среду (для открытых охладителей $k_x = 1,3$, закрытых $k_x = 1,2$); G_n – массовый расход продукта, кг/ч; c_n – удельная теплоемкость продукта, Дж/(кг·°С); t_1 и t_2 – температура творога на входе в охладитель ($t_1 = 25 \dots 30$ °С) и выходе из него ($t_2 = 8 \dots 14$ °С).



Решись стать разумным, начни!
ГОРАЦИЙ ФЛАКК КВИНТ (65 8 до н.э.),
римский поэт

24.10 ТЕХНИКА БУДУЩЕГО: НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Аппарат для брожения и дображивания пива (Пат. № 1738834 РФ, С12 С11/04) относится к пищевой промышленности, а именно к вертикальным аппаратам для брожения и дображивания пива и других пищевых сред.

На рис. 24.26 схематично изображен аппарат для брожения и дображивания пива. Аппарат состоит из цилиндрического корпуса 1 с коническими крышкой и днищем. Корпус 1 снабжен теплообменными рубашками 2. Внутри корпуса 1 по оси установлен трубопровод 3, который в нижней части выполнен закругленным, а выходной его конец закреплен на боковой поверхности конического днища корпуса 1. В верхней части трубопровода 3 закреплены ограничители, между которыми на трубопро-

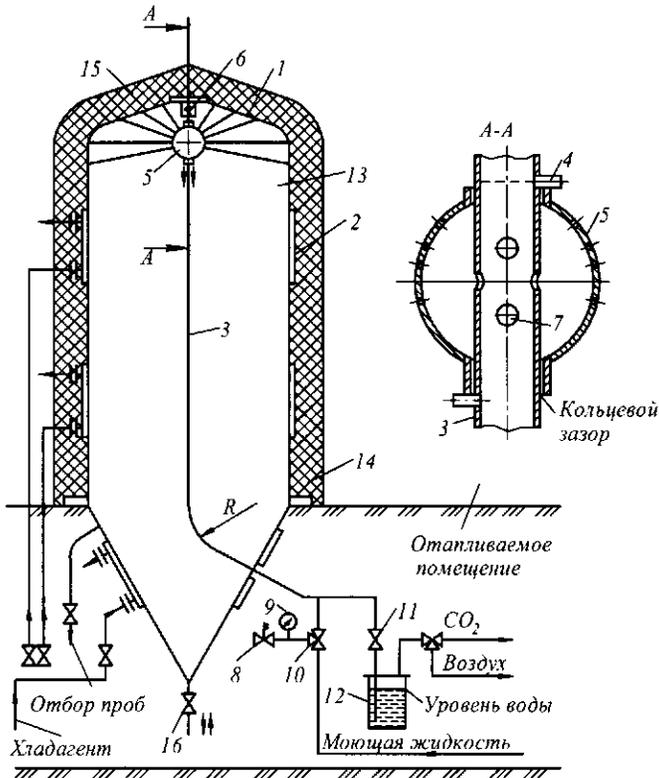


Рис. 24.26 Аппарат для брожения и дображивания пива

воде 3 установлена моющая головка 5, снабженная двумя соосными патрубками: верхним основным и нижним дополнительным.

Моющая головка 5 установлена на трубопроводе 3 с образованием зазора между наружной поверхностью трубопровода и внутренней поверхностью патрубков. Верхняя часть трубопровода 3 глухая и закреплена во фланце 6. На трубопроводе 3, в зоне расположения моющей головки 5, имеются отверстия 7. На нижнем конце трубопровода 3 установлены предохранительный клапан 8, манометр 9 и трехходовой кран 10. Трубопровод 3 через кран 11 сообщается с гидрозатвором 12. В верхней части корпуса 1 имеется датчик 13 уровня, а внизу смонтирован датчик 14 температуры. Корпус 1 покрыт термоизоляцией 15. В нижней части корпуса 1 установлен кран 16.

Продукт, например, пивное сусло и дрожжи, подается в аппарат через кран 16 и заполняет его до тех пор, пока уровень жидкости не дойдет до датчика 13. Воздух при этом вытесняется из аппарата через отверстия в моющей головке 5, проходит через отверстия 7 в трубопроводе 3 и выходит через гидрозатвор 12 в атмосферу.

После заполнения аппарата начинается процесс брожения. При этом выделяющаяся двуокись углерода выходит так же, как и воздух, через трубопровод 3 и гидрозатвор 12 и направляется по трубопроводу для утилизации. Температура в аппарате, контролируемая датчиком 14, поддерживается хладагентом, подаваемым в теплообменные рубашки 2.

Аппарат для брожения и дображивания пива отличается тем, что целью упрощения конструкции, повышения надежности, безопасности работы и удобства об-

служивания, трубопровод для отвода двуокси углерода и подачи моющего раствора установлен внутри корпуса.

Аппарат для сбраживания крахмалосодержащего сырья при производстве спирта (Пат. № 1116055 РФ, С12 М1/02) применяется в спиртовой промышленности для сбраживания крахмалосодержащего сырья при производстве спирта.

На рис. 24.27 схематически изображен аппарат для сбраживания крахмалосодержащего сырья при производстве спирта. Аппарат представляет собой цилиндрический резервуар 1 с коническим днищем 2, крышкой 3, охлаждающей рубашкой 4, переливной трубкой 5 и люками 6. Внутри резервуара 1 смонтировано с возможностью вращения перемешивающее устройство, выполненное в виде вертикального перфорированного вала 7, соединенного в нижней части с образованием зазора 8 с патрубком 9 подвода сбраживаемого сырья. На валу 7, в верхней его части, укреплены с образованием сегнера колеса перфорированные патрубки 10 с соплами 11. На патрубке 9 подвода сбраживаемого сырья установлен инжектор-смеситель 12. Патрубок 13 подвода бродящей среды подсоединен к инжектору-смесителю 12 и сообщает его полость с полостью резервуара 1. Патрубок 14 подвода засевных дрожжей соединен с патрубком 13 подвода бродящей среды из резервуара 1 к инжектору-смесителю 12. В верхней части резервуара 1 имеется патрубок 15 отвода пены, на котором укреплен пеногаситель 16, выполненный в виде трубы Вентури. На крышке 3 резервуара 1 имеется патрубок 17 отвода газов брожения. В нижней части к резервуару 1 присоединены патрубки 18 и 19, соответственно, для подвода и отвода моющей жидкости, а также патрубок 20 для подвода пара в резервуар 1 через инжектор-смеситель 12 и перемешивающее устройство.

Насосом из теплообменника сбраживаемое сырье (сусло) подается через патрубок 9 в сопло инжектора-смесителя 12.

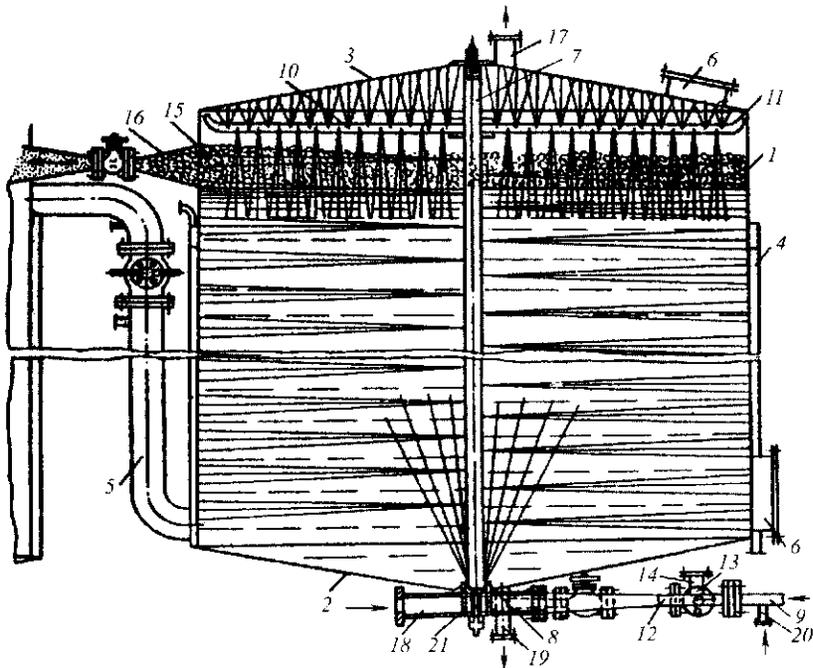


Рис. 24.27 Аппарат для сбраживания крахмалосодержащего сырья

В этот же смеситель 12 через патрубки 13 и 14 поступают самотеком засевные дрожжи или бродящая среда, подаваемая из резервуара 1. В инжекторе-смесителе 12 подаваемые компоненты перемешиваются в турбулентном потоке. Их смесь через гнездо-стакан 21 подается в полость перфорированного вала 7 перемешивающего устройства и далее через перфорацию вала 7 и зазор 8 в полость резервуара 1, способствуя перемешиванию бродящей среды. Из полости перфорированного вала 7 часть смеси поступает в перфорированные патрубки 10 и далее через перфорацию патрубков 10 и сопла 11, при вращении перемешивающего устройства выходит в полость резервуара 1, в верхней части перемешивает бродящую среду и частично гасит образующуюся при брожении пену. При этом смесь равномерно распределяется по зеркалу жидкости с интенсивным выделением газов брожения из бродящей среды. Образовавшиеся при сбраживании газы брожения выходят из резервуара 1 по трубе Вентури при скорости 20 м/с, захватывают с собой пену и, выходя в последующий резервуар бродильной батареи, дробят ее на мелкие частицы, которые при резком уменьшении скорости оседают вниз. При резком возрастании давления в резервуаре открывается задвижка на патрубке 17 для отвода газов брожения в систему трубопроводов углекислотного цеха или в атмосферу. При заполнении резервуара 1 до определенного уровня сбраживаемым сырьем последнее из нижней ее части по тангенциально подсоединенной переливной трубе 5 отводится в верхнюю часть последующего резервуара бродильной батареи, что позволяет при циркуляции бродящей среды забирать ее с более зрелыми дрожжами.

Мойка и дезинфекция аппарата осуществляется путем подачи теплой воды и дезинфицирующего раствора в перемешивающее устройство через патрубок 18. Жидкость после мойки резервуара отводится через патрубок 19. Пропарка аппарата осуществляется путем подачи пара через патрубок 20.

Аппарат для сбраживания крахмалосодержащего сырья при производстве спирта обеспечивает возможность интенсификации процесса брожения и улучшения качества конечного продукта, так как конструктивное выполнение аппарата позволяет дрожжевым клеткам бродящей среды эффективно контактировать как со свежими порциями сбраживаемого сырья, так и со всем его объемом, а также позволяет проводить процесс сбраживания при оптимальных условиях, зависящих от эффективности пеногашения и отвода газов брожения, оказывающих ингибирующее воздействие на дрожжевые клетки бродящей среды.

Аппарат для сбраживания крахмалосодержащего сырья при производстве спирта отличается тем, что, с целью улучшения качества конечного продукта путем интенсификации процесса брожения, патрубков подвода сбраживаемого сырья соединен с валом перемешивающего устройства снизу с образованием между ними зазора, на нем установлен инжектор-смеситель, а патрубок подвода бродящей среды подсоединен к последнему, при этом пеногаситель выполнен в виде трубы Вентури и укреплен на патрубке отвода пены.

Бродильно-купажный аппарат (Пат. № 1004468 РФ, С12 М1/02) применяются для приготовления хлебного и крошечного кваса.

На рис. 24.28 изображен бродильно-купажный аппарат. Аппарат содержит корпус 1 с рубанкой 2 для охлаждения, крышкой 3, коническим днищем 4 и ложным дном, выполненным в виде поворотных заслонок 5, дрожжеотделитель 6, установленный под ложным дном и мешалку 7 с приводом 8.

К крышке 3 корпуса 1 присоединены патрубок 9 для подбора сбраживаемого и купажируемого продуктов, патрубок 10 для подвода воды и смотровой люк 11. Для отвода готового продукта аппарат имеет патрубок 12, для отвода дрожжевого осадка – патрубок 13. Бройдильно-купажный аппарат снабжен сферическим рассекателем 14 с отверстиями для распыления воды, соединенным с патрубком 10 для подвода воды, и криволинейными отбойниками 15, установленными на нижних поверхностях поворотных заслонок 5, обращенных к полости дрожжеотделителя 6. Поворотные заслонки 5 размещены на осях 16, имеющих рукоятки 17 для поворота заслонок. В нижней части корпуса 1 бройдильно-купажного аппарата расположена рубашка 18 для обогрева, заполненная жидким теплоносителем, например водой. В полости рубашки 18 установлен электронагреватель 19, соединенный с сигнализирующе-регулирующим

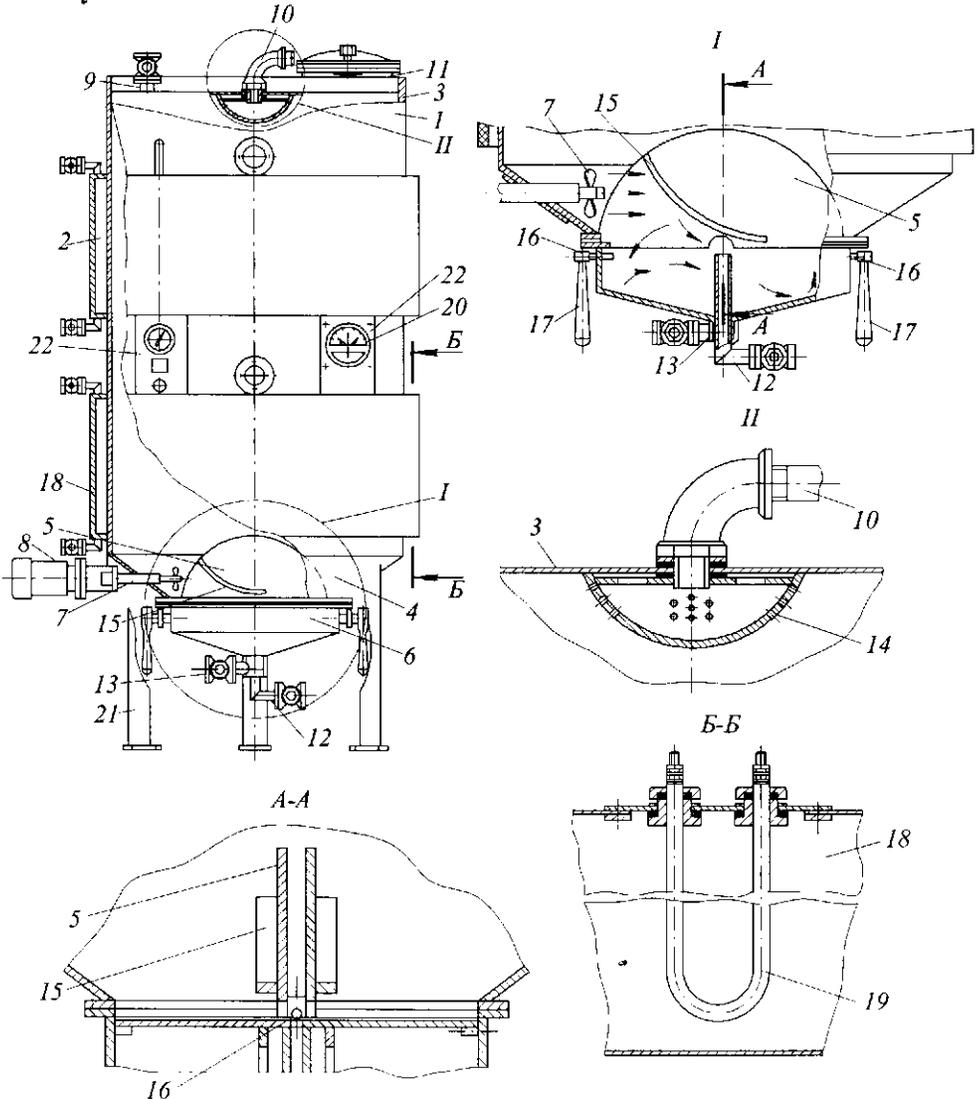


Рис. 24.28 Бройдильно-купажный аппарат

термометром 20, который осуществляет управление работой электронагревателя 19 в зависимости от температуры сбраживаемого суслу. Бродильно-купажный аппарат установлен на опорах 21, для управления его работой служит пульт 22.

Аппарат бродильно-купажный является устройством циклического действия. В начале цикла через рассекатель 14 производят заполнение аппарата водой при открытом смотровом люке 11 и вертикальном положении поворотных заслонок 5. В результате распыления воды в аппарате происходит ее насыщение воздухом, что способствует активизации жизнедеятельности дрожжей и интенсификации процесса брожения. При работающей мешалке 7 одновременно с подачей воды через патрубок 9 производят подачу в аппарат компонентов (концентрата квасного суслу, сахарного сиропа и дрожжей). После заполнения аппарата водой и компонентами закрывают смотровой люк 11. Начинается процесс брожения, который протекает при 28...32 °С. Поддержание заданного температурного режима осуществляется периодическим включением трубчатого электронагревателя 19, помещенного в жидкий теплоноситель. При этом отсутствует непосредственный контакт сбраживаемого суслу с электронагревателем 19, поверхность которого имеет температуру, превышающую допустимую для сохранения жизнедеятельности дрожжей.

В процессе брожения тяжелые частицы, входящие в рецептуру кваса, оседают в дрожжеотделителе 6 и не участвуют в процессе брожения. Для равномерного распределения этих частиц в сусле периодически включают мешалку 7. Создаваемый ею поток жидкости, отражаясь от выпуклых поверхностей отбойников 15, направляется в дрожжеотделитель 6 (показано стрелками) и производит вынос тяжелых частиц в корпус 1 и их равномерное перемешивание с компонентами брожения, что ускоряет процесс брожения.

После завершения процесса брожения отключают электронагреватель 19 и в рубашку 2 для охлаждения подают хладагент от холодильной установки, квас охлаждают до 8...10 °С. В процессе охлаждения кваса активность дрожжей падает. Они оседают в дрожжеотделитель 6. После охлаждения поворотные заслонки 5 переводят в горизонтальное положение, в связи с чем отделяется дрожжевой осадок от готового кваса. Затем включают мешалку 7, и в аппарат подают компоненты для купаживания кваса. По окончании процесса купаживания квас разливают через патрубок 12 в специальные емкости. Дрожжевой осадок, накопленный в дрожжеотделителе 6, используют в последующих циклах брожения, для чего в начале следующего цикла приготовления кваса поворотные заслонки 5 переводят в вертикальное положение, включают мешалку 7, и создаваемый ею поток жидкости, отражаясь от выпуклых поверхностей отбойников 15, как описано, производит вынос в корпус 1 и перемешивание осевшего в дрожжеотделителе 6 осадка с целью повторного его использования. Затем открывают смотровой люк 11, через сферический рассекатель 14 подают воду, через патрубок 9 – остальные компоненты и цикл приготовления кваса повторяется аналогично описанному.

Таким образом, конструкция бродильно-купажного аппарата позволяет интенсифицировать процесс брожения кваса за счет насыщения воды воздухом, компенсации потерь тепла в атмосферу и равномерного распределения компонентов в сусле в процесс брожения.

Бродильно-купажный аппарат отличается тем, что, с целью ускорения процесса брожения, он снабжен сферическим рассекателем, соединенным с патрубком для подвода воды, и криволинейными отбойниками, установленными на обращенных к

полости дрожжеотделителя поверхностях поворотных заслонок; *отличается* тем, что он снабжен расположенной в нижней части корпуса рубашкой для обогрева, в полости которой установлен электронагреватель.

Тестоприготовительный агрегат для густой опары и теста (Пат. № 1554861 РФ, А21 С13/00) применяется для улучшения качества опары и теста путем устранения застойных зон, улучшения санитарной обработки и регулирования длительности брожения.

На рис. 24.29 представлено устройство тестоприготовительного агрегата. Тестоприготовительный агрегат для густой опары и теста состоит из прямоугольной бродильной емкости 1 с загрузочным отсеком 2, отделенным от бродильной емкости перегородкой, состоящей из неподвижной 3 и подвижной нижней 4 частей. Емкость снабжена разгрузочным отверстием 5. В загрузочном отсеке 2 и в зоне разгрузочного отверстия 5 установлены валы 6 и 7 с наклонными лопатками 8, расположенными симметрично относительно продольной оси емкости 1. Бродильная емкость установлена на шарнирных опорах 9 с возможностью изменения угла наклона днища посредством винтового подъемника 10. Разгрузочное отверстие 5 снабжено заслонкой 11, установленной с возможностью вертикального возвратно-поступательного перемещения посредством зубчатой рейки 12 и шестерни 13.

Приготовленное тесто или густая опара самотеком поступают в загрузочный отсек 2 и распределительным устройством, выполненным в виде вала 6 с наклонными лопатками 8, расположенными симметрично относительно продольной оси емкости, равномерно распределяются по ширине загрузочного отсека. Через щель между днищем емкости 1 и нижней подвижной частью 4 перегородки тесто равномерно по ширине заполняет бродильную емкость и доходит до разгрузочного отверстия 5. Когда емкость заполняется тестом, открывают заслонку 11 и тесто под действием разгрузочного устройства, состоящего из вала 7 с установленными на нем лопатками 8, собирается к центру и выгружается из бродильной емкости. При разгрузке бродильной емкости от теста и ее зачистке емкость 1 поднимают на максимальный угол при помощи винтового подъемника 10, поднимают заслонку 11 в верхнее крайнее положение, при этом разгрузочное устройство – вал 7 с установленными на нем лопатками 8 – вытягивает все тесто со дна бродильной емкости.

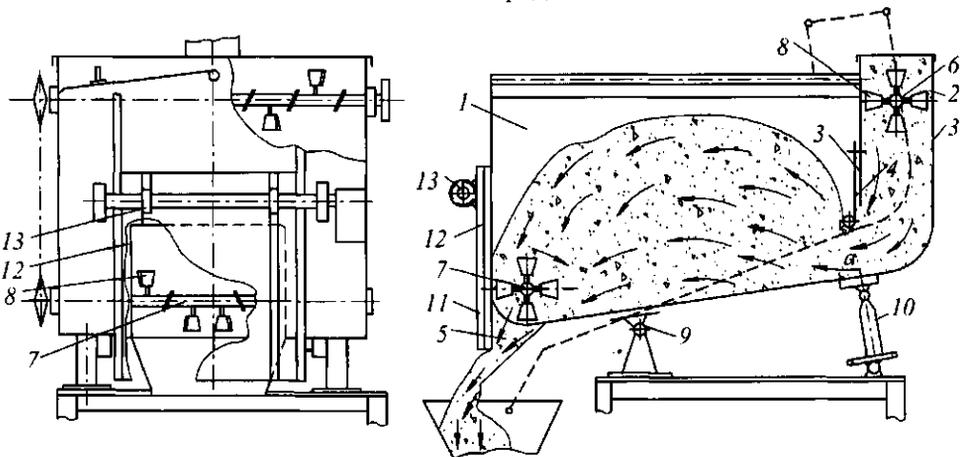


Рис. 24.29 Тестоприготовительный агрегат

Тестоприготовительный агрегат для густой опары и теста *отличается* тем, что, с целью улучшения качества опары и теста путем устранения застойных зон, бро-дильная емкость установлена с возможностью изменения угла наклона днища.

Установка для производства молочной продукции (Пат. № 2083097 РФ, А01 J25/00). Предназначена для получения молочной продукции: творога, сыра, а также сметаны методом отстоя сквашенного молока.

На рис. 24.30. изображена установка для производства молочной продукции, которая состоит из следующих узлов: 1 – корпус; 2 – водяная рубашка; 3 – теплоизоляция; 4 – корзина самопрессования творога; 5 – отверстие стока сыворотки; 6 – труба для подвода пара, горячей и холодной воды; 7 – патрубок вытеснения; 8 – сливной кран водяной рубашки; 9 – лоток разгрузки продукции; 10 – скребок подачи сметаны, творога; 11 – ползун; 12 – маховик регулировки заглубления скребка; 13 – электронасос центробежный для подачи вытеснительной жидкости (сыворотка, вода); 14 – ванна для самопрессования творога; 15 – секция поступления сыворотки; 16 – кран для отвода сыворотки; 17 – тележка; 18 – кран; 19 – смотровое окно; 20 – крышка; 21 – крышка с марлевой сеткой; 22 – мешалка; 23 – скребковая мешалка; 24 – ось лопасти; 25 – скребок; 26 – лопасть мешалки; 27 – отверстие лопасти; 28 – кран для загрузки сырья.

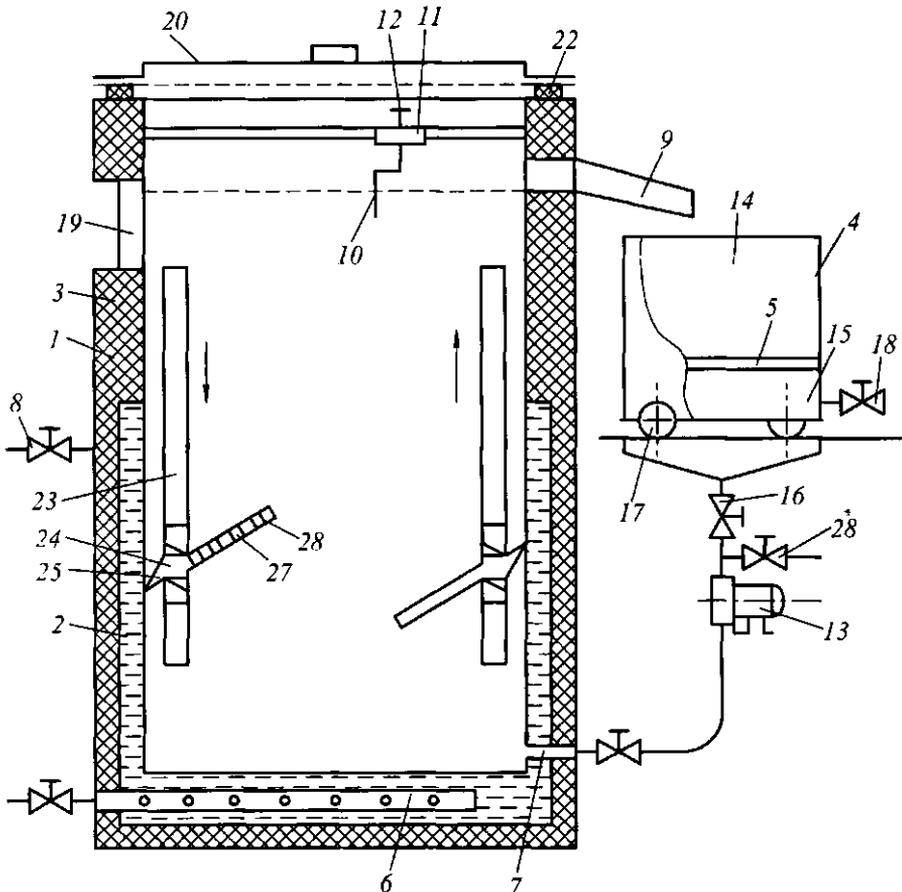


Рис. 24.30 Установка для приготовления молочной продукции

Через патрубок вытеснения 7 с помощью электронасоса 13 заливается исходное молочное сырье (пахта и обрат, кислое молоко или цельное молоко для производства сметаны и творога) до уровня, контролируемого через смотровое окно 19. Скваживание производится путем подогрева исходного сырья при поступлении горячей воды через трубу 6 в водяную рубашку 2 до температуры 36...40 °С. Вода при циркуляции отводится через сливной кран 8. При этом корпус 1 закрыт крышкой 20 или крышкой-сеткой 21 через уплотнения 22.

После сквашивания производится отваривание. С этой целью сквашенный продукт нагревают до соответствующей температуры, определяемой технологическим процессом, например, в пределах 50...70 °С – для производства творога и сыра и 85...90 °С – для производства адыгейского сыра. В процессе отваривания периодически производится перемешивание сырья для получения однородной и качественной продукции с помощью скребковой мешалки 23, которая перемещается периодически вверх и вниз относительно каждой из стенок корпуса 1 вручную.

При движении лопасть 26 мешалки, закрепленная на оси 24, отклоняется на 30...35 °С. При этом скребок 25 скользит вдоль стенки, а лопасть перемещает сырье от стенки к центру установки. Для турбулизации процесса в целях лучшего перемешивания в лопасти мешалки 26 выполнены отверстия 27. Операция перемешивания производится периодически относительно каждой из четырех стенок установки при открытой крышке 20 и крышке с сеткой 21. Разгрузка продуктов в виде сгустков творога или исходного сырья – цигера для сыра производится методом вытеснения через лоток 9.

Для этого подается в корпус 1 с помощью насоса 13 под давлением дополнительное количество сыворотки или воды. Для разгрузки творога используется скребок 10 или специальные ковши, с помощью которых творог подается к лотку 9 и по нему стекает в корзину 4 ванны 14. Сыворотка при прессовании творога стекает через отверстие 5 в секцию 15, далее через кран 18 в поддон тележки 17 и через кран 16 поступает к насосу 13, через патрубок 7 в корпус 1 или через кран 28 на слив. Полученный продукт перемещается в тележке 17 к месту разгрузки или хранения в холодильнике. При необходимости сыворотка сливается через кран 18 из тележки 17.

Установка для производства молочной продукции *отличается* тем, что она выполнена с отношением площади зеркала открытой поверхности установки к ее объему 0,5...1,0; *отличается* тем, что она снабжена вытеснительной системой, включающей лоток, насос, трубопроводы, краны; *отличается* тем, что она снабжена лопастной мешалкой скребкового типа и скребком для разгрузки сметаны с поверхности отстоянного кислого молока.

Аппарат для изготовления сыра (Пат. № 2108031 РФ, А01 J25/00). Предназначен для оптимизации технологического процесса с получением одинаковых по массе и по составу головок сыра, а также уменьшения габаритов и упрощения конструкции путем сокращения количества исполнительных механизмов.

На рис. 24.31 изображен аппарат для изготовления сыра с поршнями в среднем положении (образуемая при этом емкость находится на среднем ярусе): *a* – общий вид; *b* – разрез А-А с тем же положением поршней; *в* – то же, с поршнями в верхнем положении, когда образуемая емкость находится на верхнем ярусе; *г* – то же, с поршнями в нижнем положении, соответствующем обработке сырной массы на нижнем ярусе, т. е. прессование в формах.

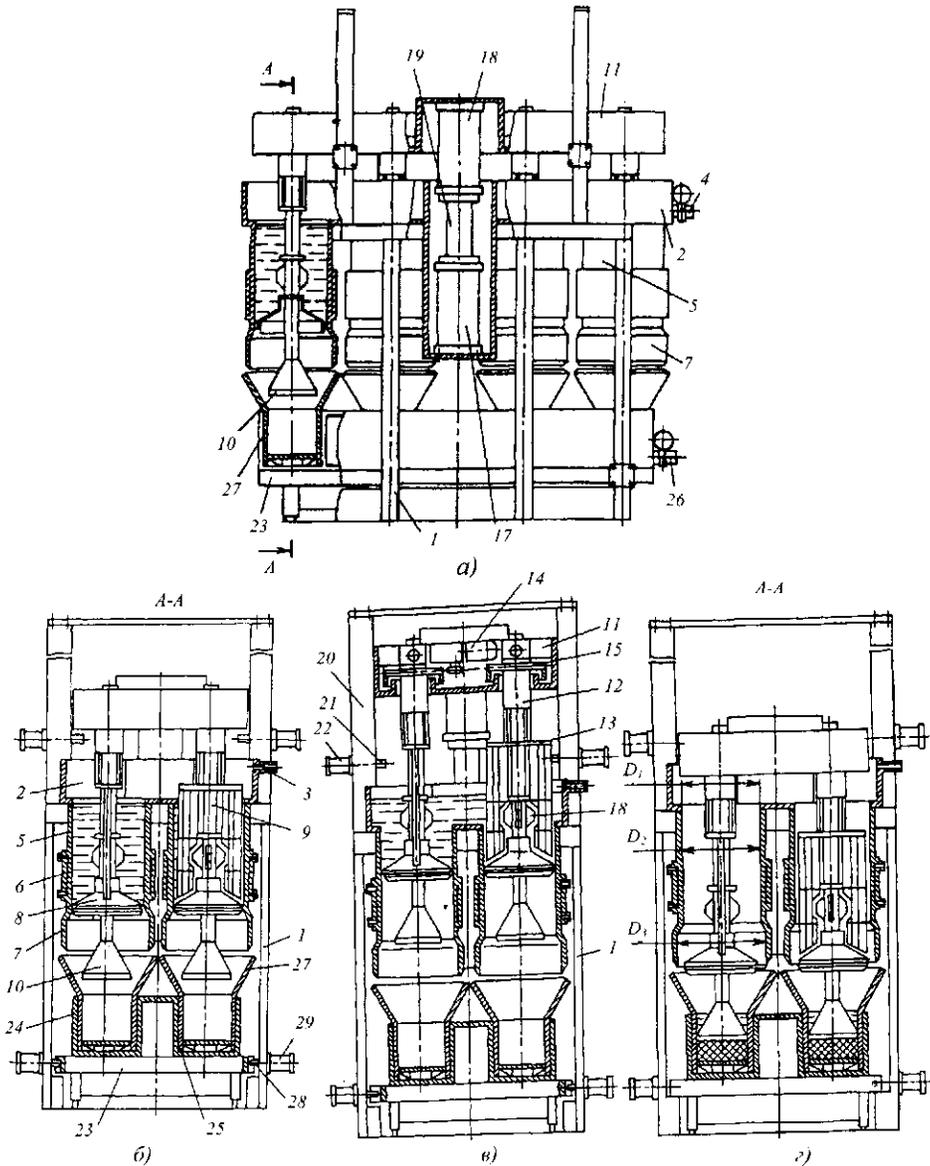


Рис. 24.31 Аппарат для изготовления сыра

Аппарат для изготовления сыра выполнен в виде расположенных по вертикали ярусов. На верхнем ярусе на раме 1 установлена приемная емкость 2, выполненная в виде прямоугольной ванны, имеющая патрубок 3 для подвода молока, ингредиентов и раскислителя, клапан для слива сыворотки 4 и отверстия в днище D_1 . К днищу приемной емкости 2 соосно с отверстиями D_1 пристыкованы цилиндрические обечайки 5 среднего яруса. При этом внутренние диаметры D_2 обечаек расположены соосно с отверстиями D_1 в днище приемной емкости 2. Для создания необходимого для сырной массы температурного режима каждая обечайка 5 снабжена рубашкой обогрева (охлаждения) б (в представленном варианте – в виде приваренной к корпу-

су цилиндра наружной втулки с внутренней кольцевой проточкой с патрубками для подвода и отвода теплоносителя, на чертеже не показаны). К цилиндрическим обечайкам 5 снизу пристыкованы полые цилиндрические насадки 7 с внутренним диаметром D_3 , большим, чем внутренний диаметр D_2 обечаек. Внутренняя поверхность каждой обечайки 5 является направляющей для поршня 8, закрепленного на штоке 9 в сборе с прессующим инструментом 10. Поршень имеет уплотнения и компенсирующие неточности изготовления элементов (в представленной конструкции поршень выполнен из армированной металлом резины с уплотняющими манжетами и цилиндрическими компенсирующими участками).

Верхний конец штока, в свою очередь, жестко закреплен на подвижной платформе 11. В верхней части штока 9 размещена втулка 12 с возможностью вращения, к которой крепится режуще-вымешивающий инструмент 13. Вращение втулок 12, а следовательно, и режуще-вымешивающих инструментов 13 осуществляется от размещенного на подвижной платформе общего реверсивного привода 14 посредством цепной передачи через звездочки 15, жестко закрепленные на втулках 12. Во избежание раскручивания сырной массы на штоках 9 в зоне расположения режуще-вымешивающих инструментов закреплены лопатки 16.

Привод возвратно-поступательного перемещения подвижной платформы 11 выполнен в виде двух соосных силовых пневмоцилиндров 17 и 18 с усиленным общим штоком 19, установленных вертикально один под другим по оси симметрии аппарата. Корпус нижнего цилиндра 17 жестко соединен с рамой 1, а верхнего 18 – с подвижной платформой 11. Для предотвращения поворота подвижной платформы 11 относительно приемной емкости 2 на раме 1 выполнены направляющие 20. Для предохранения от проливов содержимого аппарата во время работы при внезапном отключении сжатого воздуха предусмотрены аварийные упоры 21, установленные на направляющих 20, приводимые в движение пневмоцилиндрами 22 и предотвращающие опускание поршней 8 ниже среднего положения.

На нижнем ярусе размещается транспортирующее устройство, выполненное в виде тележки 23 с установленной на ней емкостью для сбора сыворотки 24 с вытеснителями сыворотки 25, обеспечивающими формирование сыра под слоем сыворотки, клапаном слива сыворотки 26. Внутри емкости 24 соосно с насадками 7 размещены сырные формы 27. Соосность сырных форм относительно насадок обеспечивается установкой тележки 22 в определенном положении относительно рамы 1 с помощью фиксаторов 28, приводимых в движение пневмоцилиндрами 29.

Аппарат для изготовления сыра *отличается* тем, что выполненные в виде сквозных полых обечаек постоянного сечения корпуса емкостей среднего яруса пристыкованы к днищу приемной емкости соосно выполненным в нем сливным отверстиям. Внутренняя поверхность каждой обечайки является направляющей поршня, закрепленного в сборе с прессующими инструментами на штоке, в свою очередь закрепленном на подвижной платформе и являющимся в своей верхней части осью вращения режуще-вымешивающего инструмента, связанного силовой передачей с приводом вращения, размещенным на той же подвижной платформе, снабженной приводом возвратно-поступательного движения; *отличается* тем, что арматура для отвода сыворотки находится в нижней части приемной емкости; *отличается* тем, что на штоках поршней в зоне действия режуще-вымешивающих инструментов закреплены лопатки, при этом внутренние контуры режуще-вымешивающих инструментов в указанной зоне повторяют контуры лопаток; *отличается* тем, что привод

возвратно-поступательного движения подвижной платформы выполнен в виде двух связанных общим штоком и установленных вертикально один над другим по оси симметрии аппарата силовых цилиндров, причем корпус верхнего цилиндра жестко связан с платформой, а нижнего – с рамой; *отличается* тем, что в нижнем ярусе размещено транспортирующее устройство с установленной на нем емкостью для сбора сыворотки, внутри которой в фиксированном положении установлены сырные формы; *отличается* тем, что устройства для перелива сырного зерна с сывороткой в сырные формы выполнены в виде пристыкованных снизу обечайкам среднего яруса полых, сквозных насадок с внутренним сечением, большим, чем внутреннее сечение обечайки среднего яруса, при этом сырные формы установлены соосно насадкам.

Сырная ванна (Пат. № 4939545/13 РФ, А01 J25/00) предназначена для производства сыров с чеддеризацией и плавлением сырной массы.

На рис. 24.32. изображена сырная ванна: *a* – общий вид, *b* – общий вид каретки с режуще-вымешивающим устройством, *в* – общий вид решетки, совершающей вертикальные колебания и решетки, используемой как для резки и вымешивания сырного зерна, так и для сталкивания пласта, *г* – этапы использования устройства. Сырная ванна содержит резервуар 1, каретку 2, перемещающуюся по направляющим 3 с помощью ходовых роликов 4, рейки 5 и шестерни 6. На каретке 2 расположены две подвижные решетки 7, на которых натянуты горизонтально струны 8, установлен ролик 9, опирающийся на рычаг 10. Рычаг 10 имеет ось качания 11, установленную на перемещаемом кронштейне 12, и опорный ролик 13, входящий в контакт с кулачком 14, смонтированным на валу 15 и приводе 16. Для выемки решетки 7 имеются рукоятки 17. Решетка 7 имеет направляющие 18, удерживающие ее при вертикальных перемещениях.

На каретке 2 жестко закреплена решетка 19, которая имеет вертикальные ножи 20, рейку 21, ось 22 поворота рейки 21 и рукоятку 23 поворота оси 22 и ножей 20.

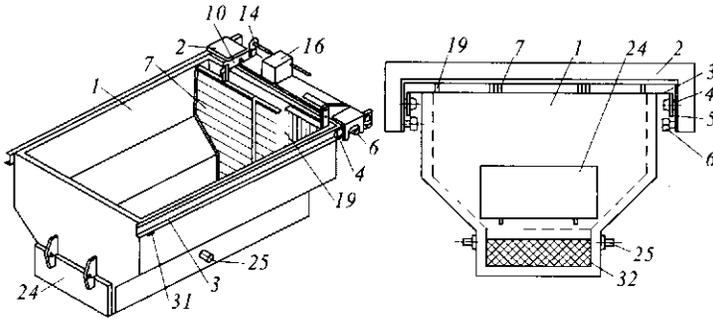
Резервуар 1 оборудован люком 24 для выгрузки сырного пласта, шарниром 25, служащим для наклона резервуара, механизмом наклона 26.

Ванна оборудована столом 27 для приема сырного пласта, механизмом фиксации 28 пласта, механизмом резки 29 пласта и транспортным устройством 30.

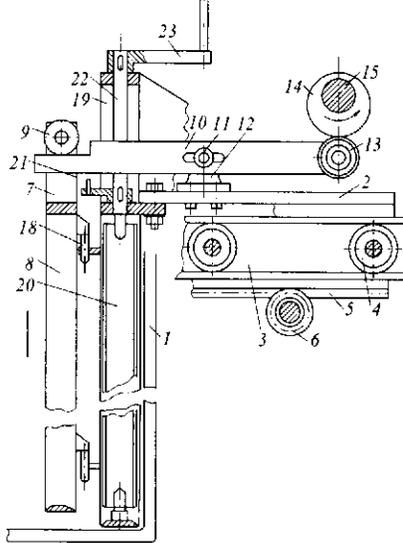
Резервуар 1 выставляется горизонтально. Люк 24 закрыт. Каретка 2 передвинута в любое из крайних положений. На каретку 2 надеты обе подвижные решетки 7. Резервуар 1 заполняется молочной смесью, которая обрабатывается в соответствии с технологической инструкцией.

Если в резервуар 1 наливается неподогретая молочная смесь, то подогрев ее производится непосредственно в резервуаре с помощью пара, который подается в подогреватель, смонтированный в зарубашечном пространстве резервуара 1, заполненном водой. Перемешивание смеси производится кареткой 2, которая совершает движения от одной торцевой стенки к другой. Ножи 20 решетки 19 развернуты под углом к продольной оси резервуара. Переключение хода каретки 2 производится выключателями 31, при этом привод кулачка 14 отключен и решетка 7 не совершает вертикальных перемещений. В молоко вносятся бактериальная закваска, хлористый кальций и коагулирующий фермент.

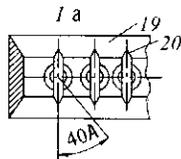
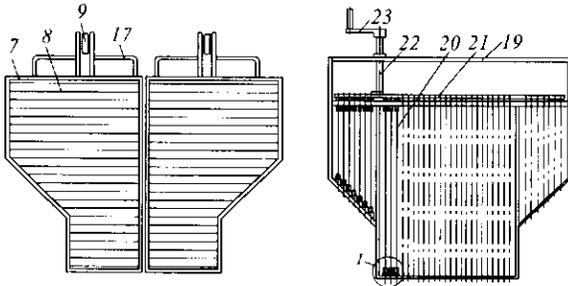
Полученный после коагуляции молока гель разрезается решетками 7 и 19, для чего включается привод каретки 2, при этом шестерня 6, входящая в зацепление с рейкой 5, перемещает каретку вдоль резервуара 1.



a)



б)



в)

Рис. 24.32 Сырная ванна

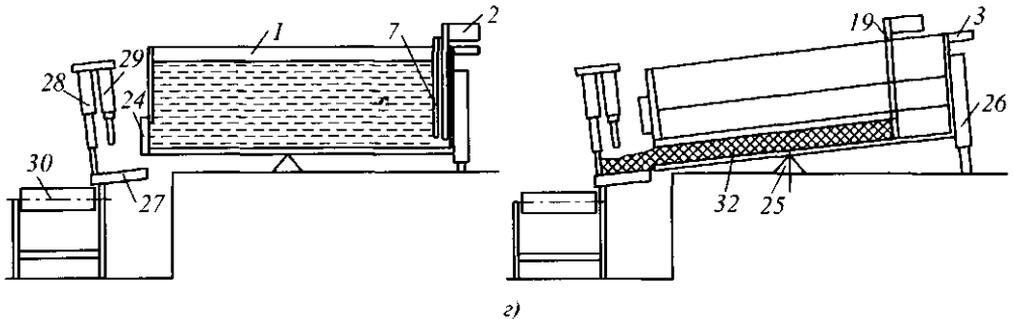


Рис. 24.32 (Продолжение)

Одновременно с ходом каретки включается привод вала 15 кулачка 14. Конфигурация сменного кулачка 14 может обеспечивать синусоидальное, трансцендентальное или иное движение струн 8 решетки 7. Кулачок 14, обкатываясь по опорному ролику 13, воздействует на рычаг 10 и через ролик 9 – на решетку 7. Вертикальный ход решетки 7 может уменьшаться или увеличиваться путем изменения длины плеч рычага 10 перестановкой кронштейна 12 с осью качания 11, таким образом, регулируется размер сырного зерна.

Ножи 20 решетки 19 во время разрезки расположены вдоль оси резервуара 1. По окончании разрезки каретка 2 останавливается, решетка 7 снимается, ножи 20 разворачиваются на определенный угол к продольной оси с помощью рукоятки 23, оси 22 и рейки 21.

Поставка зерна обеспечивается движением каретки 2 от одной торцевой стенки к другой. Реверс осуществляется выключателями 31. Скорость хода каретки регулируется бесступенчатым вариатором скоростей.

Отбор сыворотки и второе нагревание производятся по общепринятым режимам. Перед образованием пласта каретка 2 переводится к торцевой стенке, противоположной люку 24, и останавливается вплотную к стенке. Сырное зерно, осаждаясь, образует пласт 32, который может подпрессовываться или не подпрессовываться.

Заданный температурный режим чеддеризации поддерживается подачей или отключением пара и холодной воды. Контроль готовности пласта к плавлению осуществляется по кислотности сыворотки, покрывающей пласт.

По окончании чеддеризации люк 24 открывается и фиксируется, включается механизм наклона 26. Резервуар 1 на шарнирах 25 поворачивается на некоторый угол и стыкуется со столом 27 так, что днище резервуара 1 является как бы продолжением стола 27. При этом поверхность стола несколько ниже днища резервуара на некоторую величину, например 15...20 мм.

Нож механизма разрезки 29 переводится в верхнее положение, а заслонка механизма фиксации 28 переводится в нижнее положение.

Каретка 2 включается и дает толчок для сдвижки пласта. Пласт перемещается по днищу резервуара 1 до соприкосновения с заслонкой механизма фиксации 28. Каретка 2 останавливается. Механизмом разрезки 29 пласт разрезается на бруски. Заслонка механизма фиксации 28 и механизм разрезки 29 поднимаются, включается каретка 2 на ход и пласт вновь перемещается, при этом бруски сырного пласта попадают на транспортное устройство 30 и далее в плавитель.

Пласт полностью разрезается. Решетка 19 подходит вплотную к торцевой стенке люка 24. Из нее удаляются остатки сырной массы. Люк 24 закрывается, механизм наклона 26 выключается, резервуар 1 возвращается в горизонтальное положение и проходит мойку и санобработку.

Сырная ванна *отличается* тем, что с целью улучшения качества целевого продукта и расширения функциональных возможностей продольные стенки резервуара выполнены так, что каждая из них состоит из двух вертикальных участков, соединенных при помощи одного наклонного так, что сечение ванны сужается к днищу, а в одной из торцевых стенок выполнен люк; *отличается* тем, что режущее-вымешивающее устройство выполнено в виде двух решеток, профиль которых соответствует поперечному профилю резервуара, при этом одна решетка закреплена неподвижно на каретке и служит для разрезки и вымешивания зерна и выталкивания колебаний.

* * *

В этой главе наиболее важными являются следующие моменты:

1. Механизм спиртового брожения как способ превращения углеводов в этанол и диоксид углерода, основан на культивировании дрожжей, в результате чего доставляется энергия и обеспечиваются процессы синтеза биомассы.

2. Аппараты для спиртового брожения пива, спирта, вина, кваса, опары и теста далеко не совершенны и требуют эффективной модернизации существующих и разработки новых конструкций.

3. Инженерные расчеты на основе модельных представлений биотехнологических систем могут быть использованы при создании нового прогрессивного оборудования для спиртового брожения пищевых сред.

4. Движущей силой молочнокислого брожения пищевых сред является глубокий распад молочного сахара под действием ферментов и микроорганизмов.

5. В основу машинной технологии молочнокислого брожения пищевых сред положены закономерности комплекса биохимических процессов сквашивания овощей, свертывания молока, получения заквасок для теста хлеба и кисломолочных напитков.

6. Классификация аппаратов для молочнокислого брожения пищевых сред обусловлена биотехнологическими признаками, включающими и расщепление молочного сахара.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каким уравнением описывается процесс спиртового брожения?
2. Каким образом ведут процесс спиртового брожения в производстве пива, спирта, кваса и дрожжевого теста?
3. Какими уравнениями описывается молочно-кислос брожение молочного сахара?
4. Каковы классификационные признаки оборудования для брожения пищевых сред?
5. Какими путями осуществляется главное брожение и дображивание пива?
6. Какова методика расчетов производительности аппаратов для брожения и дображивания пива?
7. Что представляет собой бродительный аппарат и как он работает?
8. Как рассчитать производительность бродительной батареи непрерывно-поточного способа брожения?
9. Что представляет собой установка непрерывного брожения сусле БА-1?
10. Как рассчитать количество теплоты, которое необходимо отвести при сбраживании сусле?
11. Каковы характеристики бродильно-купажного и бродильного аппаратов для кваса?
12. Какова методика расчет производительности бродильно-купажного аппарата для кваса.
13. Что представляет собой процесс брожения теста и какими превращениями он сопровождается?
14. Как работает тестоприготовительный агрегат Н8-ХАГ-4 на густой опаре?
15. Как определяется вместимость бродильной емкости агрегата бункерного типа?
16. Каково устройство и каков принцип действия сыродельной ванны для выработки сырного зерна?
17. При какой скорости движения режущего инструмента начинают резать сырный сгусток и при какой заканчивают?
18. Какова сравнительная техническая характеристика заквасочников?
19. Как производится инженерный расчет сыродельных ванн?
20. Какое количество тепла необходимо для охлаждения творага?

УПРАЖНЕНИЯ

Предложите в виде эскизов Ваши решения инженерных задач, связанных с развитием конструкций:

- аппаратов для брожения и дображивания пива;
- оборудования для сбраживания сусле при производстве спирта;
- аппаратов для сбраживания сусле при производстве вина;
- оборудования для брожения квасного сусле;
- агрегатов для брожения опары и теста;
- оборудования для свертывания молока и обработки сгустка;
- оборудования для получения заквасок;
- аппаратов для производства кисломолочных напитков.

Эти решения должны предполагать совершенствование, модернизацию оборудования с целью достижения одного или нескольких следующих результатов:

- повышение производительности;
- повышение качества продукции;
- улучшение условий труда рабочего с точки зрения эргономики, техники безопасности и охраны труда;
- экономию времени на санитарное обслуживание оборудования;
- экономию времени на техническое обслуживание оборудования;
- экономию энергоресурсов;
- экономию конструкционных материалов;
- повышение технологичности конструкции с точки зрения изготовления и ремонта;
- улучшение дизайна оборудования;
- снижение себестоимости продукции другими, кроме перечисленных выше, путями.

Вместе с этими, преимущественно машиноведческими, аспектами рассмотрите возможность развития конструкций машин и аппаратов с точки зрения повышения качества самих технологических процессов, которые реализуются этим оборудованием. Речь идет об увеличении точности, устойчивости, надежности, управляемости и стабильности технологических процессов, а также о снижении их чувствительности к возмущающим факторам окружающей среды.

По результатам Вашей работы сделайте заключение о том, в какой мере Ваши предложения повышают готовность машин и аппаратов к эффективной автоматизации данных технологических процессов.



Наука выигрывает, когда ее крылья раскованы фантазией.
ФАРАДЕЙ МАЙКЛ (1791–1861), английский физик

Глава 25

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОЛЕНИЯ И ПОСОЛА ПИЩЕВЫХ СРЕД

Соление плодоовощной продукции – биологический способ консервирования огурцов, томатов и других овощей за счет ферментирования сахаров сырья под действием микроорганизмов.

Посол мяса – процесс придания стойкости продукту при хранении в отсутствие искусственных способов охлаждения, замораживания и других методов консервирования. Вместе с тем использование наряду с хлоридом натрия при посоле нитритов и других посолочных ингредиентов способствует стабилизации окраски мяса, придает продукту специфический вкус и аромат. При посоле мышечная ткань набухает, увеличивается в объеме, повышается влагосвязывающая способность, изменяется концентрация водородных ионов в кислую сторону.

Посол рыбы – способ консервирования рыбы при помощи поваренной соли с целью предохранения ее от разложения гнилостными бактериями, а также прекращения или замедления самопереваривания (действие ферментов). Посол рыбы состоит из двух процессов: проникновения соли в ткани рыбы (просаливание) и биохимических изменений в тканях, связанных с ферментативными и частично микробиологическими процессами.



Однако главное, что должно дать образование и о чем часто забывают, – это не «багаж», а умение владеть этим «багажом». Это и есть главная цель любого, в том числе и высшего, образования.
НЕСМЕЯНОВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ (1899–1980), химик, академик АН СССР

25.1 НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СОЛЕНИЯ И ПОСОЛА ПИЩЕВЫХ СРЕД

Соление плодов и овощей обычно начинается спонтанно (самопроизвольно) в результате деятельности бактерий, находящихся на поверхности сырья. При солении необходимо учитывать и возможность развития посторонней микрофлоры, вызывающей нежелательные явления: масляно-кислое и уксусно-кислое брожение, гниение и т.д. Характер биохимических изменений, происходящих в растительном сырье при солении, зависит от условий, при которых протекает этот процесс.

Процесс посола основан на диффузии и осмосе, при котором в мясо проникают посолочные ингредиенты, а из мяса извлекается часть влаги, экстрактивных веществ, белков и др. Использование при посоле метода шприцевания рассола, а также интенсивных способов обработки посоленного сырья (гумблирование, массажирование, вибрацию и т.п.) позволило ускорить процессы проникновения и последующего распределения посолочных ингредиентов в продукте за счет фильтрации рассола. Исходя из этого положения, процесс посола мяса при производстве соленых изделий рассматривают как фильтрационно-диффузионный осмотический.

Диффузия соли в мышечную ткань рыбы из раствора поваренной соли происходит в результате диффузии в пограничном слое раствора и диффузии в самих тканях рыбы. В объеме раствора происходит тепловое и механическое перемешивание, обеспечивающее постоянство концентрации соли по всему его объему. У поверхности рыбы, помещенной в раствор, образуется неподвижный пограничный слой раствора, в котором движение молекул определяется только законами диффузии. В результате проникновения молекул соли в ткани рыбы в пограничном слое концентрация падает, и рыба как бы окружается опресненным раствором.

В процессе посола концентрация соли в ткани увеличивается, а в окружающей среде уменьшается, приближаясь к определенной конечной величине, хотя и не достигая ее. Эту величину можно представить как гипотетическую равновесную концентрацию при бесконечно большой длительности посола. Она приближенно равна условной концентрации суммарного количества соли в суммарном количестве рассола системы

$$(a_p + a_{mk}) / (W_p + W_{mk} + a_p + a_{mk}) = a'_p / (W'_p + a'_p) = a'_{mk} / (W'_{mk} + a'_{mk}),$$

где a_p, a_{mk} и a'_p, a'_{mk} – соответственно количество соли в рассоле и в тканях до посола и в конце посола; W_p, W_{mk} и W'_p, W'_{mk} – соответственно количество воды в рассоле и в тканях до посола и в конце посола.

При посоле процесс односторонней диффузии веществ в однородной среде выражается законом Фика

$$\partial C / \partial \tau = D \partial^2 C / \partial h^2),$$

где C – концентрация вещества в данной точке; τ – длительность диффузии; D – коэффициент диффузии; h – расстояние от границы раздела в системе.

Для случая диффузии в трехмерной системе (диффузия соли происходит одновременно в трех направлениях) закон Фика имеет вид

$$\partial C / \partial \tau = D \nabla^2 C,$$

где $\nabla^2 C$ – оператор Лапласа;

$$\nabla^2 C = \partial^2 C / \partial x^2 + \partial^2 C / \partial y^2 + \partial^2 C / \partial z^2.$$

Закон Фика исходит из предположения, что перенос диффундирующих веществ обуславливается наличием градиента концентрации в изотермических условиях.

Изменение температуры системы можно учесть по уравнению

$$D_2 = D_1 T_2 \eta_1 / (T_1 \eta_2),$$

где T_1 и T_2 – температура системы, К; η_1 и η_2 – коэффициенты вязкости, отвечающие этим температурам.

Температурный градиент вызывает дополнительное перемещение вещества в направлении теплового потока – термодиффузию.

Применительно к условиям посола процесс распределения посолочных веществ в системе рассол – продукт (имеющий форму, близкую к форме пластины) можно выразить, исходя из закона Фика, следующим уравнением

$$\tau = (K_1 + K_2 h^2) / [9,2 D \lg(C_p / C_h)],$$

где τ – длительность посола, сут; K_1 – коэффициент, учитывающий сопротивление пограничного диффузионного слоя рассола; K_2 – коэффициент, учитывающий изменение структуры ткани и ее сопротивление проникновению посолочных веществ; D – коэффициент диффузии в растворе, $\text{м}^2/\text{сут}$; C_p – концентрация рассола в момент τ , %; C_h – концентрация соли в мясе на глубине h , %; h – путь проникновения, м.

В условиях интенсивного перемешивания рассола длительность посола можно выразить следующим образом:

$$\tau = 0,108 h^2 / [D_{mk} \lg(C_p / C_h)],$$

где D_{mk} – коэффициент проникновения посолочного вещества в данную ткань, $\text{м}^2/\text{сут}$,

$$D_{mk} = D / m,$$

где m – коэффициент, учитывающий отличие скорости проникновения вещества в ткань от скорости диффузии его в воду при той же температуре.



Честность в науке неразлучна с честностью
в жизни, и кто в науке видит одну дойную корову
для себя, тот не честный слуга, а промышленник,
обращающий светлое имя науки
в торговый промысел.
ИНОЗЕМЦЕВ ФЕДОР ИВАНОВИЧ (1802–1869),
русский врач и общественный деятель

25.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Посолочное оборудование можно классифицировать в зависимости от способа посола, условий его проведения и характеристик сырья, которое подвергается воздействию поваренной соли (рис. 25.1).

Оборудование для соления плодоовощной продукции представляет собой механизированную линию, условно разделенную на три участка: первый – предназначен для подготовки сырья к переработке (контейнеры, ванны, моечные машины и др.); второй – включает подогреватели, выпарные аппараты и резервуар для готового продукта; третий – комплектуется оборудованием для наполнения и герметизации банок, стерилизации продукта, машинами для укладки банок в ящики и для обандероливания ящиков.

В агрегаты для посола мяса входят комплексы оборудования, посолочные автоматы и смесители для посола.

Оборудование для посола рыбы составляют рыбопосолочные агрегаты и машины для посола кильки.

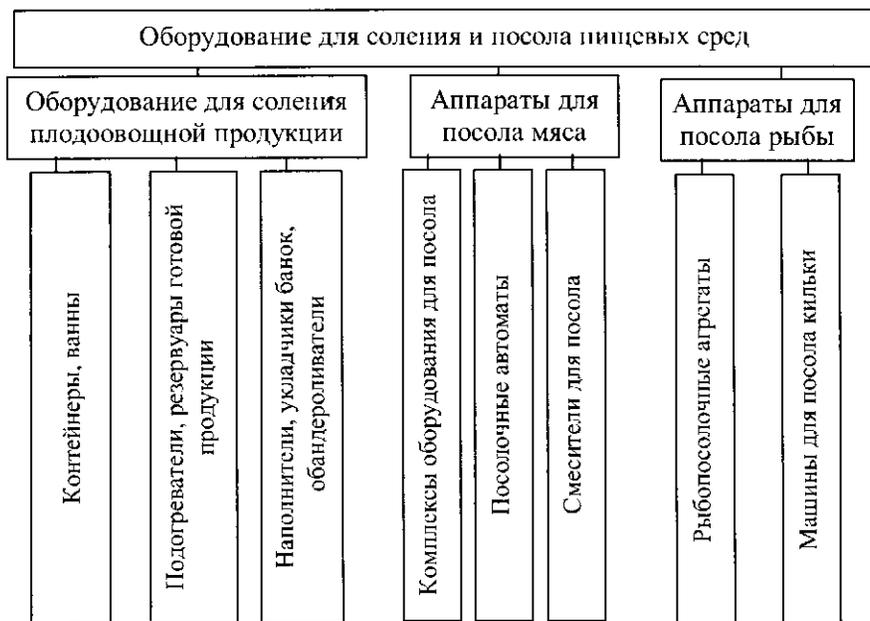


Рис. 25.1 Классификация оборудования для соления и посола пищевых сред



Я сделал все, что должен был сделать.
КОЛУМБ ХРИСТОФОР (1451–1506),
мореплаватель

25.3 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОЛЕНИЯ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

Ассортимент соленых огурцов и томатов очень разнообразен: овощи обычного посола, острые, пряные, чесночные и со сладким перцем. Огурцы и томаты солят в бочках вместимостью 50, 100, 120 дм³ с полиэтиленовыми вкладышами или без них, емкостях ЕС-200, стеклянных банках вместимостью 3 и 10 дм³ (по заказам потребителей). Огурцы можно солить в цементно-бетонных чанах вместимостью 8,2 м³ (по способу, разработанному Курганским горплодоовощторгом).

Для соления используют огурцы мелкоплодные с небольшими семенными камерами, плотные зеленые, не перезревшие, не пораженные сельскохозяйственными вредителями и болезнями.

Огурцы и томаты моют, сортируют по качеству и степени зрелости, калибруют по размеру на поточно-механизированной линии или на собранной из отдельных машин линии. Последняя линия включает утифицированную моечную машину, оборудованную душевым устройством, инспекционный роликовый транспортер и калиброватель. Томаты сортируют по степени зрелости на красные, розовые, бурые, молочные и зеленые. Если огурцы и томаты сильно загрязнены, их замачивают в воде в течение 30...40 мин, а затем вторично моют в моечных машинах.

Одновременно с подготовкой огурцов (томатов) готовят пряные растения. Пряности не только влияют на вкусовые качества соленых огурцов и томатов, но и по-

вышают их пищевую ценность, увеличивая содержание в них витаминов, положительно влияют на процесс ферментации, затормаживают развитие микроорганизмов, вызывающих гниение, и увеличивают срок хранения готовой продукции. Пряные растения сортируют, тщательно моют, многократно сменяя воду, и нарезают на мелкие кусочки (по 8...10 мм).

Корни хрена, петрушки, пастернака сортируют по качеству, моют, очищают от кожицы, очищают вручную, подвергают вторичной мойке с ополаскиванием и измельчают на полоски или кружочки не толще 3 мм. Чеснок подвергают сортировке по качеству, тщательной мойке, ополаскиванию под душем и измельчению. Сушеные пряные листья, перец горький стручковый и лавровый лист освобождают от веточек, посторонних примесей и тщательно моют. Общее количество пряностей на 1 т огурцов – 40...70 кг, на 1 т томатов – 30...50 кг.

Одновременно с подготовкой сырья и вспомогательных материалов готовят рассол. Если огурцы и томаты будут храниться в охлаждаемых помещениях, то их заливают раствором с массовой концентрацией соли 60, 70, 80 г/дм³ в зависимости от размера огурцов или степени зрелости томатов. При хранении овощей в неохлаждаемых помещениях концентрацию рассола повышают на 10 г/дм³. Огурцы как можно плотнее укладывают в бочки. Пряности закладывают на дно; в середину и сверху тары, а между ними помещают огурцы или томаты.

При применении полиэтиленовых вкладышей верхнюю часть их загибают на внешнюю сторону бочек, расправляют, вставляют верхнее дно и осаживают обручи. Бочки, заполненные огурцами или томатами с пряностями, устанавливают партиями на ферментационной площадке, куда подводят рабочий раствор поваренной соли. Далее заливают огурцы или томаты в бочках рассолом через шпунтовое отверстие или в полиэтиленовый вкладыш при помощи шланга с краном или зажимом. После полного заполнения бочки шпунтовое отверстие слегка закрывают пробками.

Овощи, залитые рассолом, должны пройти предварительную активную ферментацию до накопления молочной кислоты в количестве 0,3...0,4 %. Если огурцы и томаты предполагается хранить в охлаждаемых помещениях, то период предварительной ферментации длится 1,5 до 2 сут, если в неохлаждаемых – не более 1 сут (при температуре 20...26 °С). Более продолжительная выдержка бочек на ферментационной площадке приводит к снижению качества солений, появлению пустот в огурцах и пр.

После предварительной ферментации и при необходимости доливки рассола овощи отправляют на хранение. В начальный период хранения происходит окончательная (медленная) ферментация огурцов и томатов. Оптимальная температура ее от 0 до +2 °С при наличии охлаждаемых камер, продолжительность ферментации 40...60 дней. В неохлаждаемых помещениях с температурой воздуха не выше 10 °С процесс ферментации заканчивается через 15...30 дней со дня засолки. К концу ферментации в рассоле соленых огурцов накапливается 0,6 % точной кислоты, соленых томатов – 0,7 %. Овощи приобретают свойственные им солоновато-кисловатый вкус, плотную хрустящую консистенцию, аромат и привкус пряностей.

В настоящее время применяется способ соления и хранения огурцов в цементированных емкостях с использованием искусственного охлаждения. При этом подготовленные так же, как по традиционной технологии, огурцы и измельченные пряности помещают послойно в дощник с распределительным щитом. Верхний щит располагают ниже уровня борта чана на 15...20 см. Оставшееся пространство заливают

рассолом и помешают в него змеевик с циркулирующим хладагентом (хлоридом кальция) для охлаждения огурцов. Ферментацию огурцов в чане осуществляют при комнатной температуре до накопления в рассоле 0,6...0,8 % кислоты. Далее огурцы в дошниках постепенно охлаждают до 0...-1 °С в течение 10...15 дней. При этом поверхность чана покрывается коркой льда толщиной 8...10 см, которую оставляют до вскрытия чана. При этом создаются условия для длительного хранения крупных партий соленых огурцов.

Массовая доля хлоридов в огурцах первого и второго сортов 2,5...4,5 %, в томатах 2...4 %; титруемых кислот в огурцах 0,6...1,4 %, в томатах 0,7...1,5 %; массовая доля приностей от массы огурцов 2,5...8 %, томатов 2...5 %.

Для подавления развития плесеней на поверхности рассола во время ферментации и хранения всей солено-квашеной продукции в рассол рекомендуется добавлять раствор сорбиновой кислоты с массовой концентрацией 0,5...0,6 г/дм³. С этой целью сорбиновую кислоту растворяют в горячей воде (50 °С) и добавляют в рассол. Помимо огурцов и томатов разработана технология таких соленых овощей, как морковь, свекла, баклажаны, перец, чеснок, арбузы и др.



Пределы наук походят на горизонт: чем ближе
подходят к ним, тем более они отодвигаются.
БУАСТ ПЬЕР КЛОД (1765–1824),
французский лексикограф

25.4 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОСОЛА МЯСА

Мясо солят сухим, мокрым и смешанным способами. При сухом посоле мясопродукты натирают солью и укладывают в тару или штабеля, пересыпая каждый ряд солью. При мокром посоле мясопродукты укладывают в чаны или бочки и заливают рассолом. Для ускорения проникновения посолочных компонентов часть рассола вводят в толщу продукта шприцеванием. Рассол вводят в продукт перфорированными иглами.

Смешанный посол применяют при производстве свинокопченостей и солонины. Продукты шприцуют рассолом, затем натирают посолочной смесью и укладывают в тару до образования маточного рассола, после чего их заливают свежим рассолом.

Выбор оборудования для посола мяса определяется технологией мясопродуктов. При производстве колбасных изделий мясо предварительно измельчают и смешивают с посолочными компонентами в мешалке или куттере. Для посола мяса при приготовлении фарша при производстве колбасных изделий и полуфабрикатов применяют комплекс оборудования А1-ФЛБ. Его используют при горизонтальном и вертикальном потоке сырья.

В комплекс оборудования А1-ФЛБ для посола мяса (рис. 25.2) входит следующее оборудование: два волчка 1 (К6-ФВЗП-200), два подъемника 2 (К6-ФПГ-500), три фаршевых насоса 3 (А1-ФЛБ/3), площадка 4, основание 5, весовой бункер 6 (А1-ФЛБ/2), смеситель 7 со шнековой выгрузкой А1-ФЛБ/1, рассолопровод 8, охладитель-дозатор 9 (А1-ФЛБ/4), щит контроля и управления 10, стол 11, а также насадка, релейно-пневматический щит и щит питания. Оборудование комплекса может работать как в автоматическом, так и в ручном режиме.

Посол мяса осуществляется следующим образом: сырье (говядина, свинина) из цеха обвалки и жиловки в напольных тележках (горизонтальный поток) транспорти-

руется к гидроподъемнику К6-ФПГ-500, с помощью которого выгружается в приемные бункера соответствующих волчков К6-ФВЗП-200. При вертикальном потоке сырье поступает в бункера волчков по спускам, выходит из них в измельченном виде и поступает в приемный бункер насоса А1-ФЛБ/3. По мере накопления сырья в приемном бункере насоса (не менее 200 кг) включается в работу насос, который периодически по фаршепроводу подает сырье в весовой бункер для отвешивания порции, равной 125 кг. Отвешенная порция автоматически выгружается в месильное корыто смесителя А1-ФЛБ/1, куда подается из насоса дозатора пищевой рассол из расчета 10 кг на 100 кг сырья. Загрузка месильного корыта за один цикл составляет 275 кг (250 кг сырья и 25 кг рассола). Сырье смешивается с рассолом спиралеобразными шнеками в течение 3...4 мин. По окончании смешивания готовый продукт транспортируется шнековым выгрузителем, встроенным в смеситель, в тару для созревания.

Посол мяса при производстве колбасных изделий осуществляется также в посолочных агрегатах.

Техническая характеристика посолочных комплексов и агрегатов приведены в табл. 25.1.

Для выдержки мяса в посолс применяют различные емкости – тазы, чаны, подвесные ковши, бункера, напольные емкости и др.

Посолочные автоматы ФАП (рис. 25.3) предназначены для механизации внутримышечного посола мяса при производстве копченостей из говядины, свинины и баранины. Его применяют в колбасных цехах мясокомбината, как правило, в комплекте с установкой массирования мяса ФУМ и конвейером ФТБ.

Станина автомата 1 – сварная коробчатая конструкция, закрытая с боковых сторон крышками, дверцами и выдвижными прозрачными пластинами с резиновыми шторками. На боковой стороне находятся органы управления и контроля 3. В нижней части приемного лотка расположены рециркуляционные фильтры для слива остатков рассола. Конвейер 4 – сварная рама с валами, на которые натянута сборно-металлическая пластинчатая лента. Кассеты с иглами 2 и пружинами размещаются в верхней части станины. Снизу они закрыты резиновыми прокладками, через которые проходят иглы. Электронасосы, соединенные с электродвигателями в единую модульную конструкцию 5, установлены в нижней части станины, соединяясь гибкими трубопроводами с ресиверами и через выходные патрубки с сетчатыми фильтрами.

Мясное сырье солят, впрыскивая в него через инжекторные иглы рассол. Электронасосы всасывают его через сетчатые фильтры из резервуаров и подают через ресивер в запирающий клапан к иглам. Рассол впрыскивается только в момент нахождения игл в сырье.

Таблица 25.1 Техническая характеристика посолочных комплексов и агрегатов

Показатель	Комплекс А1-ФЛБ		Агрегат Я2-ФХ2
	горизонтальный поток	вертикальный поток	
Производительность, кг/ч	2000...2200	2000...2200	2500
Установленная мощность, кВт	61,7	57,3	30,0
Число обслуживающих рабочих, чел	2	2	1
Габаритные размеры, мм	6600×5100×2890	5800×5100×2890	3450×2050×1975
Масса, кг	10 000	8700	2800

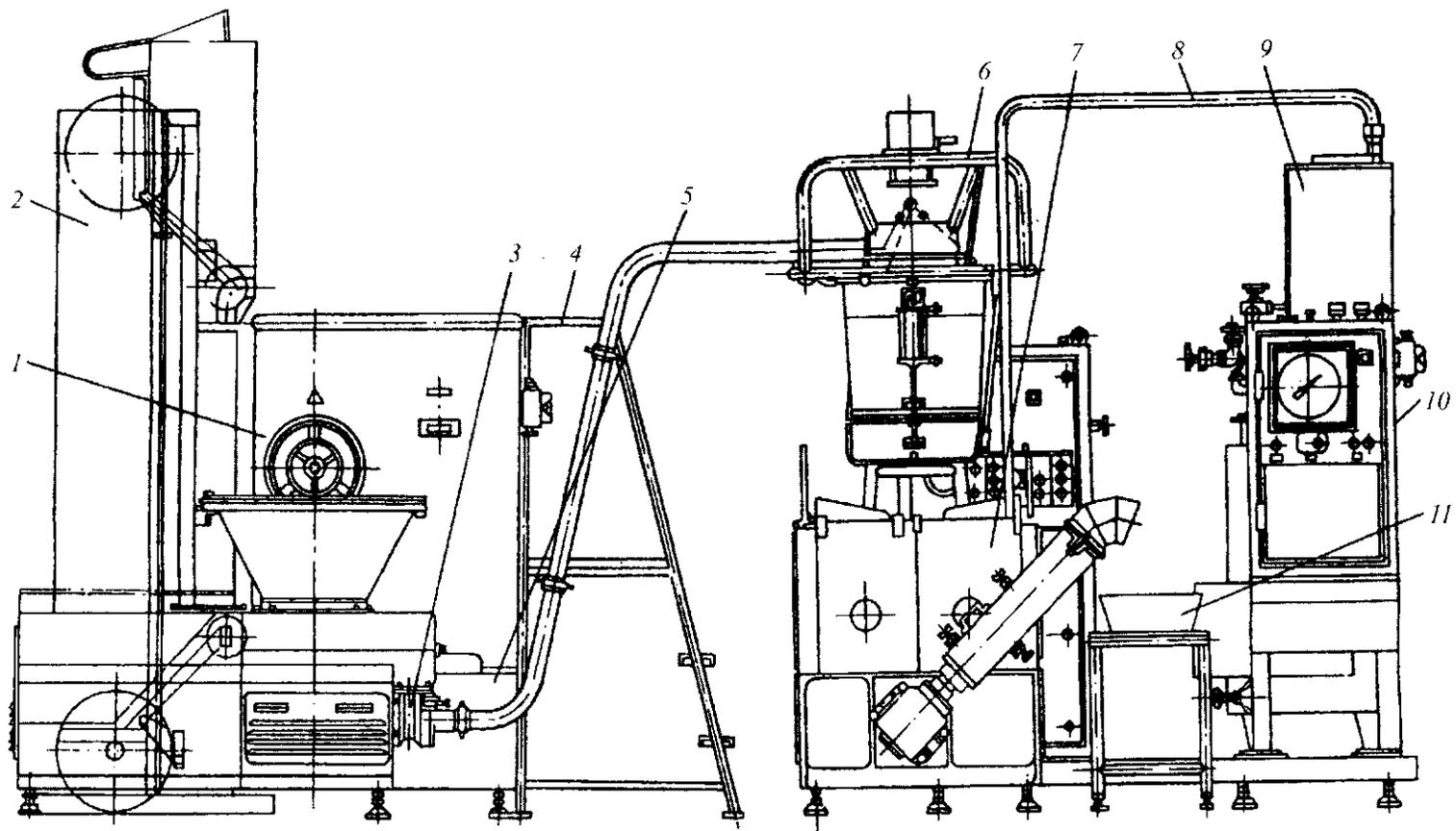


Рис. 25.2 Комплекс оборудования А1-ФЛБ для посола мяса

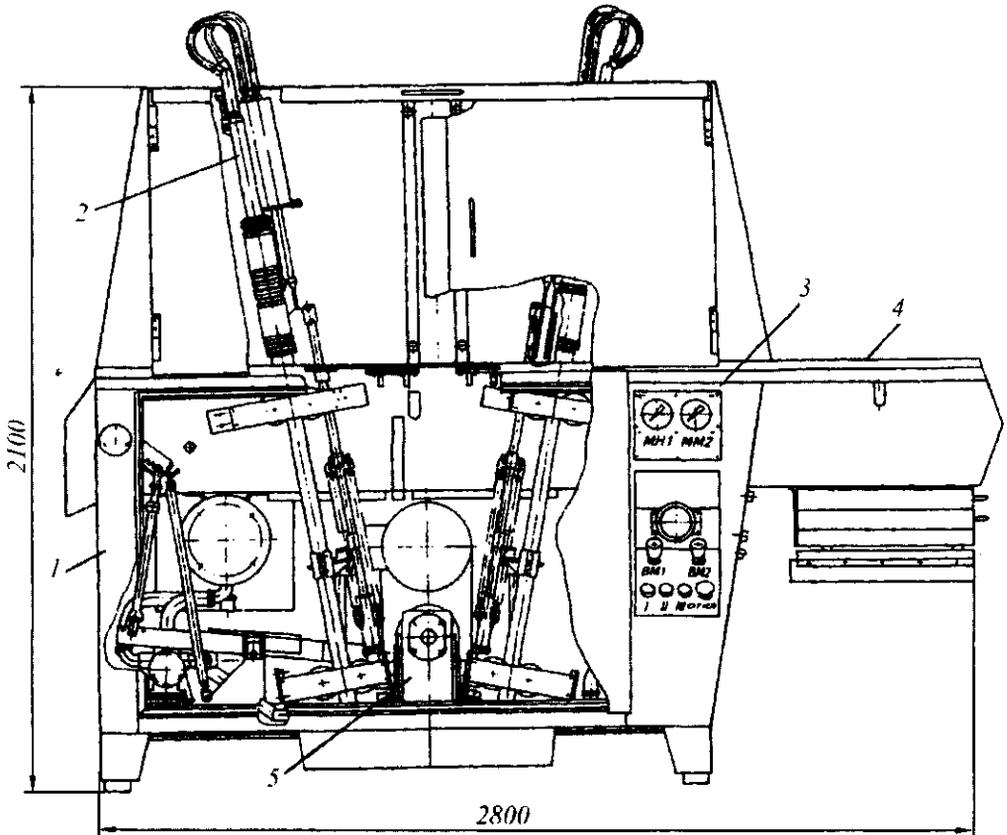


Рис. 25.3 Посолочный автомат ФАП-1

Давление впрыска регулируется в диапазоне от 0 до 0,5 МПа. Излишки рассола направляются через особые фильтры в соответствующий резервуар. Ленточный конвейер движется только в те моменты, когда иглы находятся вне мяса. Все иглы снабжены пружинами сжатия, обеспечивающими шприцевание как бескостного, так и костного сырья. Автомат позволяет плавно регулировать частоту и шаг движения конвейера. При необходимости сырье загружается конвейером ФТБ в емкости масирования.

В табл. 25.2 приведена техническая характеристика посолочного автомата.

Таблица 25.2 Техническая характеристика различных модификаций
посолочного автомата

Показатель	ФАП-1	ФАП-2	ФАП-3
Производительность, кг/ч	6000	2500	500
Число инжекторных игл	62	62	62
Наружный диаметр игл, мм	4	4	4
Высота подъема игл над конвейером, мм	220	220	220
Установленная мощность, кВт	6	6	6
Габаритные размеры, мм	2800×840×2100	1600×680×2100	1400×600×1800
Масса, кг	850	500	220

В производстве колбасных изделий посол состоит из двух стадий: смешивания измельченного мяса с посолочными ингредиентами до равномерного их распределения по всему объему сырья и выдержки мяса в посоле для обеспечения условий проникновения посолочных веществ в ткань сырья. Продолжительность посола зависит от степени измельчения мяса: чем выше степень измельчения, тем меньше сроки его выдержки.

Мешалка РЗ-ФИЖ для посола мяса (рис. 25.4) предназначена для перемешивания и посола измельченного жилованного мяса. Мешалка состоит из станины 2, на которой смонтированы дежа 1 с двумя перемешивающими шнеками 11 и разгрузочным шнеком 10 с патрубком 9, привода 8, гидроцилиндра 7 и пульта управления 12.

Станина представляет собой сварную конструкцию из профильного проката, облицованную листовым материалом. Боковые дверцы станины предназначены для технического обслуживания мешалки.

Дежа изготовлена из нержавеющей стали. Фланцем ее крепят к станине мешалки. Внутри дежи смонтированы в подшипниковых узлах два перемешивающих шнека 11, вращающиеся навстречу друг другу. В донной части дежи установлен разгрузочный шнек 10 соосно с патрубком.

Привод перемешивающих устройств включает в себя электродвигатель, редуктор и цепную передачу. Ведомая звездочка цепной передачи смонтирована на валу одного шнека, на котором установлена шестерня, находящаяся в зацеплении с другой шестерней, расположенной на валу второго шнека. Отдельный привод, включающий электродвигатель, редуктор и цепную передачу, вращает разгрузочный шнек.

Гидроподъемник представляет собой рычажную конструкцию, поворачивающуюся при подъеме вокруг оси 4, закрепленной на станине мешалки, с помощью гидроцилиндра 7. Телесжка с сырьем, установленная в захвате 6 подъемника, в конце подъема переворачивается над дежей благодаря двум вертикальным стойкам 3, в которые упираются ролики захвата 5.

Техническая характеристика мешалки РЗ-ФИЖ для посола мяса

Производительность, кг/ч	3200
Вместимость, л	630
Установленная мощность, кВт	9,7
Габаритные размеры, мм	2300×1380×1250
Масса, кг	1365

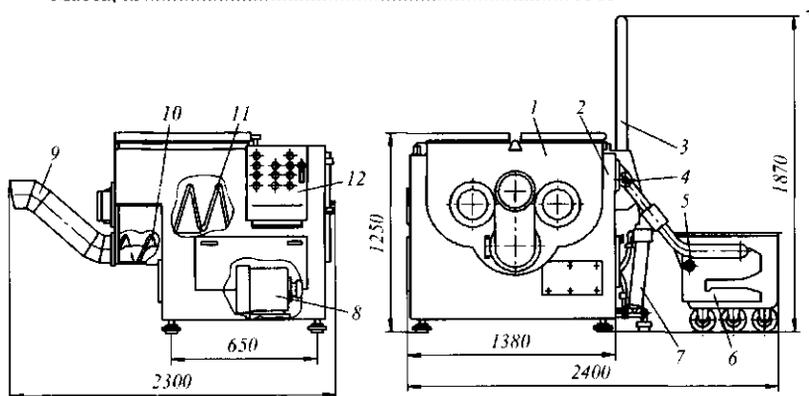


Рис. 25.4 Мешалка РЗ-ФИЖ для посола мяса

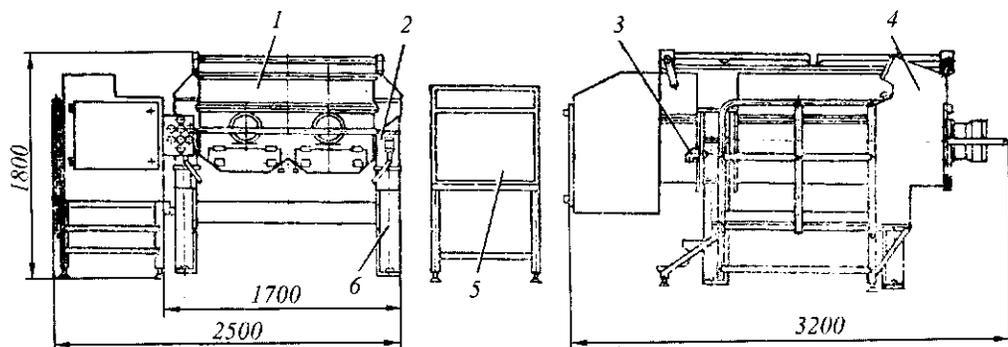


Рис. 25.5 Смеситель Я2-ФФО

Смеситель Я2-ФФО (рис. 25.5) предназначен для перемешивания измельченного мясного сыря с посолочными и другими ингредиентами.

Смеситель оснащен весовым тензометрическим устройством, выдающим информацию о количестве загружаемого сыря.

В состав смесителя входят мешалка 1, опоры 2, площадка 3 для обслуживания, станина 6, пневмо- 4 и электрооборудование 5.

Мешалка представляет собой сварную конструкцию, состоящую из дежи, имеющей два разгрузочных окна с крышками, из двух перемешивающих шнеков, смонтированных в подшипниках опор, двух предохранительных решеток, перекрывающих сверху дежу и площадки для установки приводов шнеков.

Дежа смонтирована на четырех специальных опорах, состоящих из трех узлов (рис. 25.6): верхнего корпуса 1, связанного с дежей и содержащего запрессованный в него опорный центрирующий стержень 2, среднего корпуса 3 с внутренней опорой 4, имеющей кольцевой паз, заполненный стальными шариками, охватывающими центрирующий стержень, и нижнего корпуса 5, внутри которого размещен домкрат 6 со свободно вращающейся опорой для установки тензометрических датчиков 7. Между верхними и средним корпусами расположена тарированная пружина, компенсирующая массу дежи.

Станина представляет собой сварную конструкцию для установки мешалки на опорах и крепления площадки обслуживания, на которой находится шкаф пневмооборудования. Пневмооборудование включает в себя блок подготовки воздуха, пневмоцилиндры как приводы предохранительных решеток и крышек разгрузочных окон дежи мешалки, а также пневмоаппаратуру управления.

Электрооборудование состоит из электрошкафа с аппаратурой управления, выносного пульта управления. В состав электрооборудования входит весовое тензометрическое устройство 6045 УВТ-Ц4-0,2.

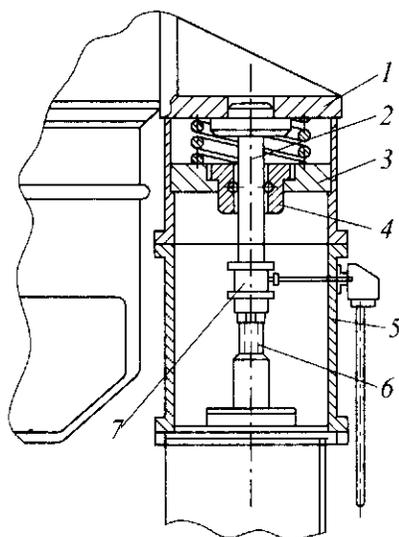


Рис. 25.6 Схема тензометрической опоры дежи смесителя Я2-ФФО

Измельченное сырье от волчка по трубопроводу поступает в дежу смесителя. После загрузки оператор включает режим перемешивания, предварительно установив его продолжительность при помощи реле времени. После окончания перемешивания приводы шнеков автоматически отключаются. Оператор (при наличии тары под разгрузочными окнами смесителя), в зависимости от вместимости тары, включает тот или иной режим разгрузки (через оба разгрузочных окна – двумя шнеками или через одно – правое – одним шнеком). Окончание разгрузки оператор определяет визуально. Режимом разгрузки оператор может управлять с площадки обслуживания с главного пульта или с пола, находясь у разгрузочных окон смесителя, – с малого навесного пульта. После окончания разгрузки смесителя оператор закрывает крышки разгрузочных окон, и смеситель готов к повторному циклу.

Техническая характеристика смесителя Я2-ФФО

Производительность, кг/ч	3500
Вместимость дежи, м ³	2,0
Коэффициент загрузки дежи	0,8
Частота вращения перемешивающих шнеков, с ⁻¹	0,66
Установленная мощность, кВт	15
Расход сжатого воздуха, м ³ /ч	0,017
Номинальное давление сжатого воздуха, МПа	0,4
Габаритные размеры, мм	3200×2600×1800
Масса, кг	2750

Агрегат РЗ-ФХТ (рис. 25.7) используется для измельчения и посола мяса и состоит из подъемника загрузчика 1, станины 9, измельчителя 8, дежи 7, блокировочного устройства 5, перемешивающих валов 4, разгрузочного патрубка 3, разгрузочного шнека 10, пульта управления 11, площадки обслуживания 6 и передвижного стола 12.

Агрегат комплектуют подъемником Я2-ОГБ-1-01, который предназначен для подъема и опрокидывания над приемным бункером напольной тележки 2 типа Я2-ФЦ1В с сырьем. Подъемник имеет электромеханический привод, цепной тяговый орган, его жестко крепят к станине агрегата.

Станина 9 представляет собой сварную конструкцию из листового и профильного проката, на которой смонтированы узлы и механизмы агрегата. В станине имеются окна, обеспечивающие удобный доступ к механизмам агрегата. Окна закрывают быстросъемными крышками.

Измельчитель 8 состоит из узлов и механизмов, заимствованных от волчка К6-ФВЗП-200; питающего механизма, включающего в себя литой корпус, два шнека, подающих сырье в рабочую полость, рабочий шнек и цилиндр; режущего механизма, куда входят крестовидные четырехзубые ножи, ножевые решетки и гильза со спиральными внутренними ребрами, а также привод, включающий два электродвигателя, два редуктора и клиноременную передачу.

Дежа 7 состоит из сварного корпуса, выполненного из нержавеющей стали, двух перемешивающих валов с Z-образными лопастями и разгрузочного шнека. Перемешивающие валы установлены в подшипниковые опоры и соединены зубчатой парой. Разгрузочный шнек закреплен одним концом в подшипниковой опоре, а другим – в подшипнике скольжения съемной крестовины, установленной в разгрузочном окне. Для удобства санитарной обработки разгрузочный патрубок имеет поперечный разъем.

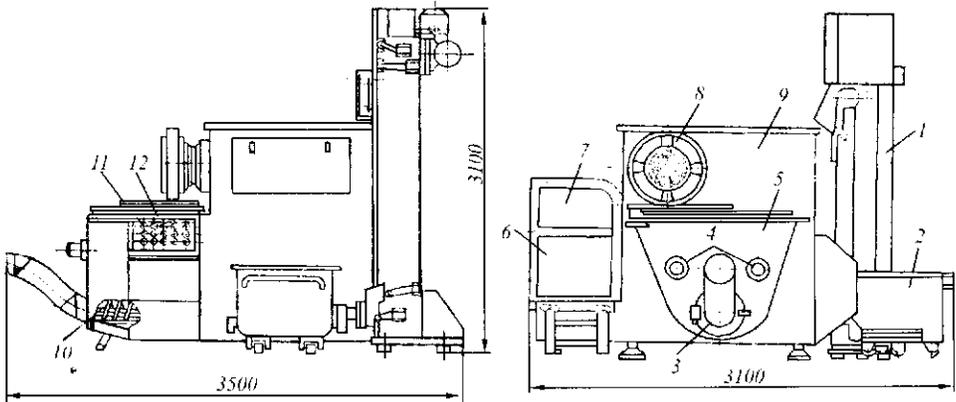


Рис. 25.7 Агрегат P3-ФХТ

Блокировочное устройство 5 представляет собой две трубчатые полурамки, установленные по периметру дежи. При нажатии на рамку срабатывают конечные выключатели, обеспечивающие экстренную остановку приводов мешалки.

Передвижной стол 12 предназначен для выполнения работ по замене режущих инструментов и их санитарной обработки. Стол перемещается по круглым направляющим вдоль оси измельчителя: при работе агрегата стол отодвинут к передней стенке дежи, при санитарной обработке перемещается под горловину измельчителя.

Техническая характеристика агрегата P3-ФХТ

Производительность, кг/ч	2000
Вместимость, л:	
загрузочного бункера измельчителя	250
дежи мешалки	630
Частота вращения, с ⁻¹ :	
измельчителя	3,82
перемешивающих валов	0,66; 0,80
разгрузочного шнека	1,66
Диаметр ножевых решеток, мм	200
Высота от пола, мм:	
до загрузочного бункера	2000
до разгрузочного патрубка	950
Установленная мощность электродвигателей	
(с подъемником), кВт	29,7
Габаритные размеры (с подъемником), мм	3580×3100×3112
Масса (с подъемником), кг	2800

Инженерные расчеты. Производительность агрегатов для посола мяса *П* (кг/с) рассчитывают по эмпирической формуле

$$P = (m\rho) / [(0,001k\rho + 1)\xi^{-1}\tau_u],$$

где *m* – масса единовременной загрузки мяса, кг; ρ – плотность мяса, кг/м³; *k* – коэффициент сопротивления при переходе соли из рассола в ткань; ξ – степень заполнения

емкости; τ_n – продолжительность цикла обработки, с ($\tau_n = \tau_3 + \tau_n + \tau_b$, здесь τ_3 , τ_b – продолжительность загрузки и выгрузки мяса, с; τ_n – продолжительность посола, с).

Смесители для посола измельченного мяса, а также для приготовления фарша по структуре рабочего цикла являются машинами периодического действия. Производительность смесителей Π (кг/с) определяют по формуле

$$\Pi = 3600m / T = V\rho\phi / (\tau_3 + \tau_0 + \tau_a),$$

где m – масса загружаемого сырья, кг; T – продолжительность полного цикла работы смесителя, с; V – геометрический объем дежи, м^3 ; ρ – плотность перемешиваемого продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$; (для фарша $\rho = 900 \text{ кг}/\text{м}^3$, для шрота $\rho = 850 \text{ кг}/\text{м}^3$); ϕ – коэффициенты использования объема дежи при загрузке ($\phi = 0,5 \dots 0,7$); τ_3 – продолжительность загрузки смесителя, с; τ_0 – продолжительность перемешивания, с; τ_a – продолжительность выгрузки сырья из дежи, с.

Геометрический объем дежи V_d (м^3) двухшнекового (двухвального) смесителя можно определить, рассматривая объем дежи, образованный объемами двух полуцилиндров $V_{ц1}$ и $V_{ц2}$ и параллелепипеда $V_{нар}$

$$\begin{aligned} V_d &= (V_{ц1} + V_{ц2}) / 2 + V_{нар} = \pi D^2 L / 4 + ahL = L(\pi D^2 / 4 + ah) = \\ &= LD(\pi D / 4 + 2h). \end{aligned}$$

Мощность электродвигателя смесителя $N_{дв}$ (кВт) равна:

$$N_{дв} = q\Pi / \eta_{пр},$$

где q – удельный расход энергии для перемешивания 1 т фарша ($q = 2,5 \dots 2,7 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{кг}$); Π – производительность смесителя, кг/ч; η – КПД перемешивающего органа ($\eta = 0,7 \dots 0,8$); $\eta_{пр}$ – КПД привода смесителя.



Сегодня в реализации производственного процесса может оказаться впереди не та страна, которая первой сделает новое научное открытие, но та, которая сможет лучше организовать его быстрейшее использование на практике.
КЕЛДЫН МСТИСЛАВ ВСЕВОЛОДОВИЧ (1911–1978),
ученый в области математики и механики,
академик АН СССР

25.5 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОСОЛА РЫБЫ

В зависимости от вида добавляемых при посоле вкусовых веществ различают: обычный посол, посол с сахаром, пряностями, маринавание; в зависимости от способа обеспечения контакта рыбы с солью – сухой, тузлучный и смешанный посолы; в зависимости от температуры – теплый посол, посол с охлаждением и холодный посол; в зависимости от продолжительности соприкосновения рыбы с тузлуком – законченный и прерванный посолы; в зависимости от вида применяемой емкости – чановый и бочковый посолы.

При сухом посоле рыбу перемешивают с солью, при этом кристаллы соли, находящиеся на поверхности рыбы, растворяются в воде и с момента образования первых капель солевого раствора начинается процесс проникновения соли в ткани рыбы и извлечение из них воды, в которой происходит дальнейшее растворение соли.

При *мокром тузлучном посоле* рыбу погружают в заранее приготовленный рассол определенной концентрации. Солевой раствор вводят в мышечную ткань рыбы в виде струи под давлением.

При *смешанном посоле* рыба подвергается воздействию сухой соли и солевого раствора. Рыбу перемешивают с сухой солью в специальной емкости, в которую предварительно наливают небольшое количество солевого раствора.

При *чановом посоле* за счет большой вместимости чанов (до 15 т) обеспечивается загрузка значительного количества рыбы и эффективно используется производственная площадь.

При *бочковом посоле* в бочках устраняется слеживание рыбы, легко достигаются одинаковые условия посола, весь процесс приготовления соленой рыбы протекает без перепаков.

При *стоповом посоле* рыбу укладывают в штабеля и каждый слой обильно пересыпают солью.

Баночный посол применяется как разновидность бочкового посола (для приготовления пресервов).

Контейнерный посол используется при изготовлении полуфабриката для копчения.

Рыбопосолочные агрегаты типа РПА-3 (рис. 25.8) состоят из наклонного конвейера 1, соледозирующего шнека 3 с бункером 2, барабана смесителя 4 и разгрузочного лотка 5 с ковшовым шибером 6.

Основной элемент агрегата – комбинированный барабан 4 с горизонтальной осью вращения, выполненный из двух обечаяк разного диаметра. С торцевых сторон имеются отверстия для загрузки и выгрузки рыбы. Со стороны обечайки меньшего диаметра в барабан загружается рыба с помощью наклонного ленточного транспортера 1 со скребками. Между верхней частью конвейера и барабаном имеется лоток 5, по которому рыба переходит в барабан. С боковой стороны агрегата располагается солевой бункер 2, из которого соль вертикальным шнеком с переменным шагом подается в барабан. Величина подачи соли регулируется специальным шибером.

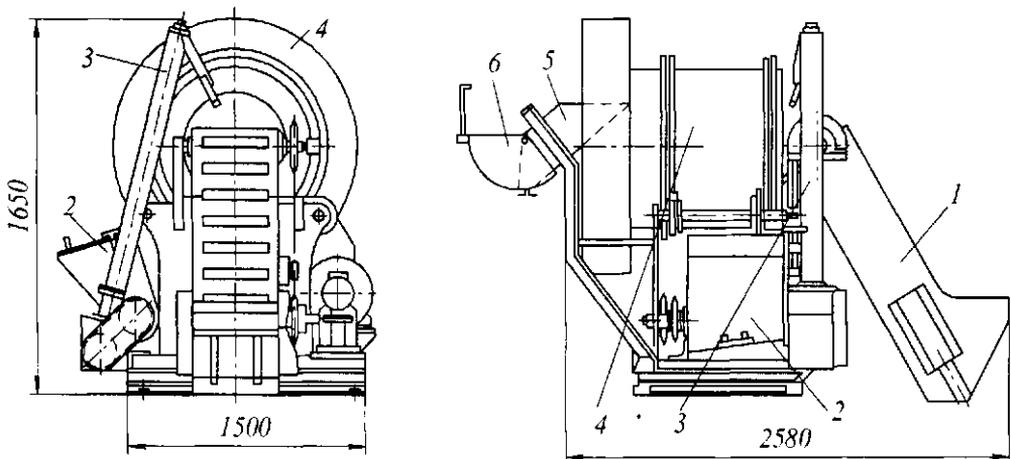


Рис. 25.8 Рыбопосолочный агрегат РПА-3

Барaban приводится во вращение с помощью цепной передачи, огибающей зубчатый конец барабана. Внутри барабана имеется шнековая навивка, с помощью которой рыба перемешивается с солью и смесь перемещается к выходу. Вторая часть барабана большего диаметра снабжена лопастями, которые захватывают порции рыбы, поднимают их и перегружают в лоток, который входит во внутреннюю часть барабана. Под нижнюю часть лотка устанавливается пустая бочка, которая постепенно заполняется рыбой. Лоток имеет ковшовый шибер 6, перекрывающий выход при замене наполненной бочки пустой.

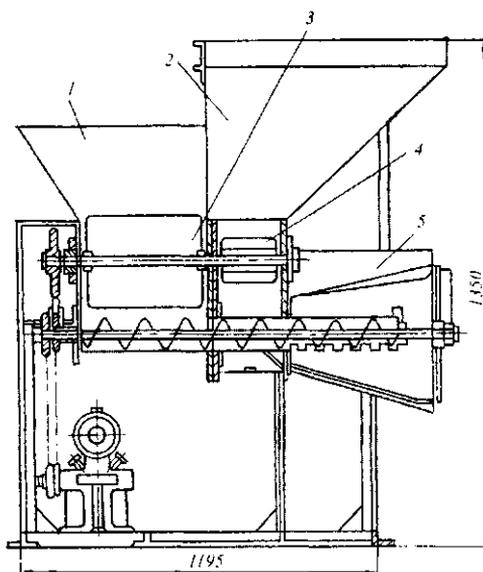


Рис. 25.9 Машина для посола кильки МПК

Машина для посола кильки типа МПК (рис. 25.9) осуществляет дозирование соли и рыбы и их перемешивание. Основными узлами машины являются два бункера для рыбы 1 и для соли 2, дозаторы для рыбы 3 и для соли 4, барабан-смеситель 5 и привод.

В нижней части трапециевидного бункера для соли 2 расположен вращающийся лопастный рыхлитель, подающий соль в горизонтальный шнек, который перемещает ее в барабан-смеситель. В нижней части бункера для кильки имеется питатель с резиновыми лопастями, передающими кильку по патрубку в барабан-смеситель. Питатель для кильки и рыхлитель для соли вращаются на одном валу.

Барабан-смеситель 5 конической формы вращается на одном валу со шнеком. В зависимости от необходимой степени конечной солености рыбы с помощью сменных звездочек можно изменять частоту вращения солеподающего шнека и, следовательно, количество соли, подаваемой на единицу массы рыбы. Рыба перемешивается с солью во вращающемся барабане с ребрами и выгружается в ящик.

Техническая характеристика оборудования для посола рыбы представлена в табл. 25.4.

Таблица 25.4 Техническая характеристика оборудования для посола рыбы

Характеристики	Рыбосолевой агрегат			
	РПА-5	РПА-3	РПА-2Б	МПК
Производительность, кг/ч	1500	3500...4500	4500	3000
Вместимость бункера, м ³ :				
для рыбы	—	—	—	0,15
для соли	30...40	80...90	80...90	0,10
Частота вращения смесительного барабана, мин ⁻¹	7...8	10 ± 1	10 ± 1	175...525
Скорость ленты конвейера, м/с	0,1...0,15	0,2...0,3	0,4	—
Производительность солевого шнека, кг/мин	2,5...5	6...18	6...16	—
Установленная мощность, кВт	3,2	3,8	2,0	0,95
Габаритные размеры, мм	2000×1050× ×1300	2580×1500× ×1650	2600×1400× ×2125	1195×887× ×1350
Масса, кг	660	1000	1020	228

Инженерные расчеты. Массовый баланс посола рыбы составляется для определения расхода сырья и консервирующих материалов при производстве соленых рыбных продуктов.

Баланс сухого посола (рыбу солят кристаллической поваренной солью) составляют путем взвешивания рыбы и соли перед загрузкой в посолочный агрегат и после выгрузки из него. Количество соли m (кг), проникшей в ткани рыбы, определяют по формуле

$$m = m_1 - [(m_2 - m_3) + m_4],$$

где m_1 – масса соли, взятой для посола рыбы, кг; m_2 – масса жировой соли, кг; m_3 – масса примесей в жировой соли (песок, чешуя и т.п.), кг; m_4 – масса соли в тузлуке, кг.

Потребную массу соли m_4 можно определить по формуле

$$m_4 = am_5,$$

где a – коэффициент, характеризующий концентрацию тузлука; m_5 – масса тузлука, кг.

Уменьшение массы рыбы ΔM в процессе посола определяют по формуле

$$\Delta M = M_1 - M_2,$$

где M_1 – масса свежей рыбы, загруженной в чан, кг; M_2 – масса соленой рыбы, выгруженной из чана, кг.

Массу соленой рыбы, выгружаемой из чана можно определить по формуле

$$M_2 = M_1 + m_1 - m_2 - m_5.$$

Оценку качества соленой рыбопродукции проводят в соответствии с действующей нормативно-технической документацией. Выход рыбы g , % продукции вычисляют по следующей формуле

$$g = \frac{M_1 - (M_1 - M_2)}{M_1}.$$



О сколько нам открытий чудных
Готовят просвещения дух
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг,
И случай, бог изобретатель.
ПУШКИН АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ (1799–1837).
русский поэт

25.6 ТЕХНИКА БУДУЩЕГО: НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Универсальный гнет для многоразового использования при солении овощей и фруктов (Пат. № 2051788 РФ, А23 В7/12) относится к конструкции упоривающих устройств для емкостей и бачков, используется для соления и мочения овощей и фруктов в бытовых условиях.

На рис. 25.10 представлен универсальный гнет (вид сверху): a – общий вид; b – рабочее положение.

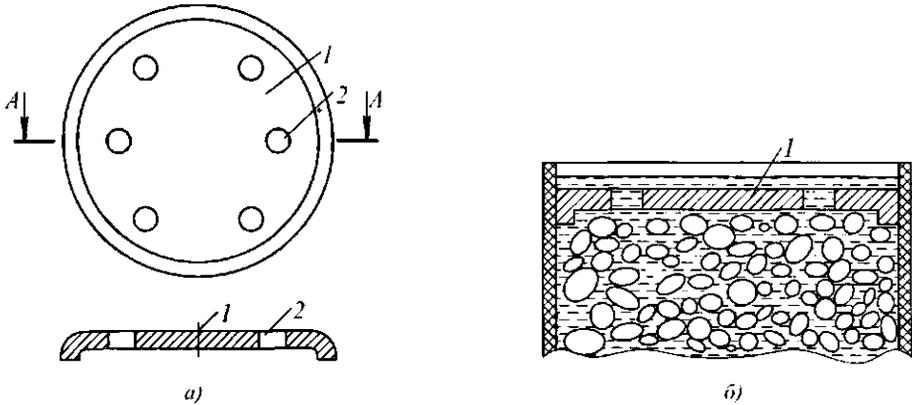


Рис. 25.10 Универсальный гнет

Универсальный гнет содержит нажимной диск *1* с циркуляционными отверстиями *2*. Нажимной диск *1* изготавливается из материалов, не подверженных коррозии продуктами консервации, которыми могут быть нержавеющая сталь, армированное стекло и просто стекло, керамика и другие материалы; может состоять из одного или *15* нескольких слоев, в том числе и с бактерицидными свойствами, и иметь ребра жесткости и другие усиления.

Циркуляционные отверстия *2* нажимного диска *1* служат для прохода рассола во время погружения нажимного диска в рассол, создания и регулирования давления на консервируемый продукт, облегчения расконсервирования продукта.

В емкость (бачок) с продуктами, подготовленными к консервации, вводят вручную наклонно меньшим диаметром универсальный гнет *1*, при этом производится предварительное давление на консервируемый продукт. Под воздействием давления находящийся в консервируемом продукте рассол проходит через циркуляционные отверстия *2*, помогая создавать нужное по технологии давление на консервируемый продукт. Фиксирование нажимного диска *1* и давления на продукт в погруженном состоянии производится верхним краем универсального гнета при опускании в горизонтальное положение. При этом между стенкой емкости бачка и краем диска универсального гнета взаимодействуют усилия, которые позволяют зафиксировать его положение и давление на консервируемый продукт.

Подготовленная таким образом емкость (бачок) с продуктами консервации готова к хранению. Расконсервация продуктов производится в обратном порядке, а процесс консервации при необходимости повторяется неоднократно.

Универсальный гнет для многоразового использования при солении овощей и фруктов *отличается* тем, что диск имеет форму эллипса с разницей размеров диаметров до 1 см. Гнет *отличается* тем, что диск выполнен с отбортованной кромкой; *отличается* тем, что диск выполнен из нержавеющей стали, или стекла, или керамики, или полимеров, или эпоксидной смолы, или с покрытием его эмалью, или резиной, или резиной с бактерицидными свойствами, или полиэтиленом.

Устройство для посола и перемешивания мяса (Пат. № 1540767 РФ) относится к устройствам для посола и перемешивания мяса.

На рис. 25.11 изображено устройство, которое содержит смесительную камеру *1* цилиндрической формы, устанавливаемую на амортизирующей подвеске и снабженную дебалансным вибратором *2*. В камере *1* расположены с возможностью вращения две

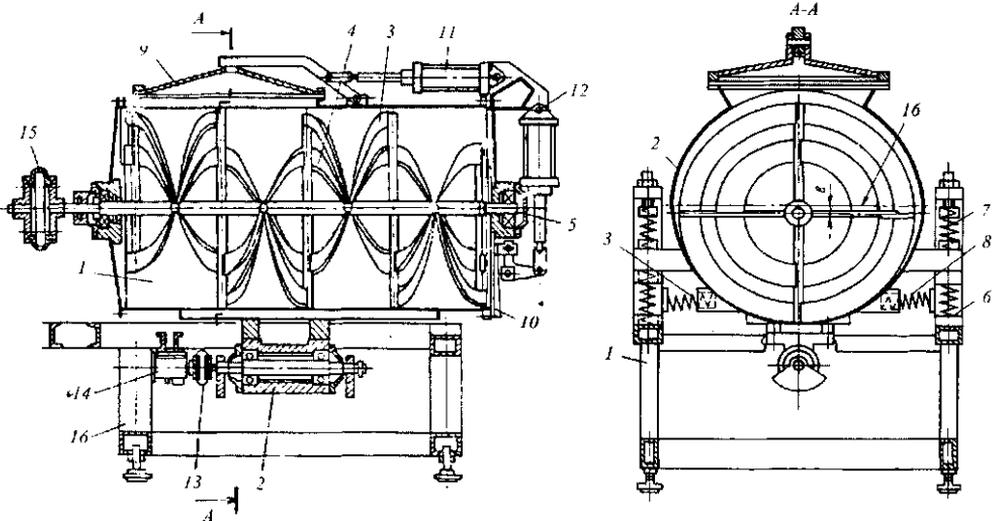


Рис. 25.11 Устройство для посола и перемешивания мяса

спирали 3 и 4, установленные на валу 5 таким образом, что наружная спираль 3 соприкасается с дном камеры 1. Спирали 3 и 4 имеют противоположное направление витков. Амортизирующая подвеска включает опорные 6, прижимные 7 и боковые 8 амортизаторы. Последние установлены горизонтально на поверхности камеры 1 между ее осью и осью вибратора 2.

Камера 1 связана с вакуумной системой (не показана) и снабжена загрузочным 9 и разгрузочным 10 люками, крышки которых связаны с пневмоцилиндрами 11 и 12 соответственно. Дебалансный вибратор 2 посредством гибкой муфты 13 соединен с приводом 14, а вал 5 соединен с приводом перемешивающего приспособления (не показан) посредством гибкой муфты 15. Устройство имеет станину 16.

Смесительная камера 1 загружается сырьем (мясным фаршем, солью и прочим) через загрузочный люк 9, который закрывают крышкой посредством пневмоцилиндра 11. Включают привод перемешивающего приспособления и привод 14 вибратора 2. При этом происходит интенсивное перемешивание и посол мяса при одновременной вибрационной обработке. Повышению интенсивности перемешивания способствует противоположное направление витков спиралей 3 и 4.

Установка спиралей 3 и 4 на валу 5 осуществлена таким образом, что наружная спираль 3 соприкасается с дном камеры 1, способствует повышению качества перемешивания, так как при этом исключается задержка слоя фарша у дна камеры и микрозаклинивание витков спирали 3. Амортизирующая подвеска, включающая опорные 6, прижимные 7 и боковые 8 амортизаторы, позволяет получить круговые колебания камеры 1, что улучшает качество вибрационной обработки мяса. При этом боковые амортизаторы 8 установлены горизонтально на поверхности камеры 1 между ее осью и осью вибратора 2, что предотвращает появление продольных колебаний, которые могут привести к нарушению динамического равновесия, и способствует увеличению горизонтальной составляющей круговых колебаний камеры 1. Обработанное мясо выгружают через люк 10 при перемешивании, без выключения привода.

Устройство для посола и перемешивания мяса *отличается* тем, что, с целью повышения качества обработки мяса и упрощения конструкции, смесительная камера выполнена цилиндрической, спирали имеют противоположное направление витков и установлены на одном валу одна внутри другой таким образом, что наружная спираль соприкасается с дном камеры, амортизирующая подвеска снабжена прижимными и боковыми амортизаторами, причем последние установлены горизонтально на поверхности камеры между ее осью и осью вибратора.

Машина для разделки ястыков икры лососевых рыб и посола икры (Пат. № 2036586 РФ) используется в рыбоперерабатывающей промышленности для разделки ястыков икры лососевых рыб.

На рис. 25.12 представлена предлагаемая машина. Над барабаном, по окружности, расположены рабочие органы: лоток 5, приемник 6, дисковые гребенки 7, расплыватель 8, фиксатор 9, каток 10, плужок 11, тузлукопровод 12. Под барабаном предусмотрены отбойник 14, щетка 16, заключенные в раковине 33, привод 2, состоящий из клиноременной, зубчатой передач и электродвигателя. Под барабаном в станине, размещается посольный агрегат, в корпусе посольной ванны 20 агрегата последовательно располагаются барабанные мешалки 21, валики которых опираются на втулки, развальцованные в отбуртованных бортах ванны. На концах валиков посажены шкивы круглоремной передачи, которая приводится от общего электродвигателя машины. Перед последней мешалкой посажен шибер 22. Машина осуществляет разделку ястыков и посол икры. Машина обслуживается одним оператором. Уложенный вручную на лоток 5 ястык проталкивается по нему с помощью вращающихся зубчатых дисков приемника 6 к перфорации барабана 3, в зону действия разряженного воздуха. Закрепленные подсосом и игольчатыми дисками присмника на вращающемся барабане ястыки перемещаются к дисковым гребням. Зубчатые диски гребенки, вращаясь, произ-

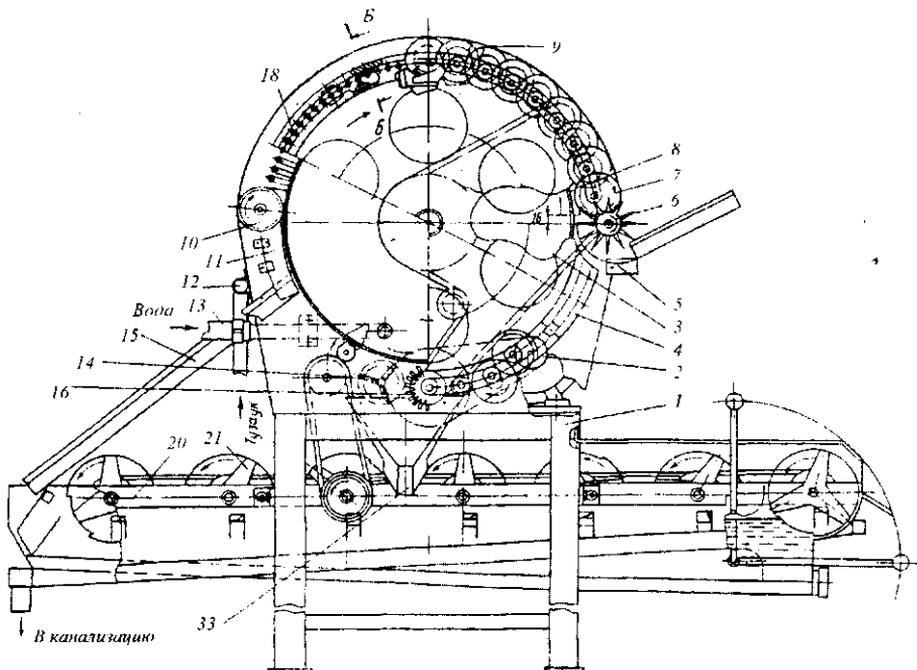


Рис. 25.12 Машина для разделки ястыков икры лососевых рыб и посола икры

входят продольные надрезы тела ястыка, последовательно направленные от середины к краям. Находясь между двумя щитками распластывателя, под действием разреженного воздуха, через щели, образованные щитками и поверхностью барабана, пленочная оболочка ястыков, подсасываясь, распластывает их. Распластованные на барабане ястыки, перемещаясь к штанговым гребням 18, подвергаются послойному расчесыванию ястыка за счет постепенного углубления зубьев гребней в его толщину. Гребни приводятся во вращательно-поступательное движение. Для удержания ястыков на барабане соседние гребни передвигаются во взаимно противоположном направлении. С помощью клинообразного плужка 11 при дополнительном креплении пленочной оболочки ястыка катком 10 окончательно отделяются неотбитые зубьями гребней зерна икры и смываются струей тузлука из тузлукопровода 12 в посольный агрегат по лотку 15. Пленочная оболочка ястыка, отделенная от зерна, переместившись с барабаном в нижнее положение, смывается струей воды из водопроводной трубки 13 через перфорацию с полости барабана. Отбойник 14 препятствует проникновению неотделенных пленок с поверхности барабана к его исходному положению. Вращающаяся щетка 16 обеспечивает окончательную очистку поверхности барабана от оставшихся пленок, лопанца и сукровицы. Маковина 33, в которой заключены отбойник и щетка, снабжена в нижней части леткой, через которую отводятся вместе с водой в канализацию отходы. Поступившая с лотка 15 в ванну посольного агрегата пульпа, перемешиваясь барабанными мешалками 21, перемещается к разгрузочной летке агрегата.

За счет углублений в обечайке вращающихся барабанных мешалок икра порциями с верхних слоев пульпы окунается в нижние, где крепость тузлука выше, чем в верхнем слое. Ослабленный тузлук с верхних слоев пульпы вместе с оставшимися примесями стекает через щели обечайки мешалок в регулировочные окна, имеющиеся в бортах ванны. Часть ослабленного тузлука вытекает из щели, предусмотренной в торце корпуса ванны под разгрузочной леткой. Вытекающий из окон и щели ванны ослабленный тузлук по лоткам, прикрепленным к ванне, стекает в канализацию. В начале процесса, в целях преждевременной выгрузки икры, шупльпа перегородивается шибером 22, который открывается по истечении заданного времени посола. Просолившаяся икра вычерпывается с помощью ниши вращающейся мешалки через разгрузочную летку в приемную емкость или на транспортер. Благодаря тому, что икра вычерпывается небольшими порциями, она успевает освободиться от тузлука, поэтому ее можно укупоривать без предварительной стечки. Поскольку весь цикл, с момента поступления на машину ястыка до выгрузки соленой икры, происходит в потоке и кратковременно, то обсеменяемость икры незначительна, что позволяет отказаться от введения в нее антисептиков.

Машина для разделки ястыков икры лососевых рыб и посола икры отличается тем, что она снабжена укрепленными в месте расположения зубчатых дисков распластывателем и фиксатором для предотвращения отрыва ястыков от обечайки и смонтированным перед щеткой приводимым во вращение отбойником.

* * *

В этой главе наиболее важными являются следующие моменты:

1. Определение понятия посола как диффузионно-фильтрационного процесса, при котором в толщу продукта проникают посолочные ингредиенты, позволяющие выяснить характер диффузии соли и рассмотреть по-новому вопрос создания посолочного оборудования.

2. Использование закона Фика при изучении процесса посола в сочетании с температурным градиентом, вызывающим термодиффузию, дает возможность обеспечить оптимальное распределение посолочных веществ в системе рассол – продукт.

3. Инженерные расчеты количества соли, необходимой для сухого, смешанного и мокрого посолов, могут быть положены в основу моделирования процесса посола и определения его оптимальных режимов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой процесс посола мяса и рыбы?
2. Как происходит диффузия соли в мышечную ткань при посоле?
3. Каким законом описывается процесс односторонней диффузии веществ при посоле?
4. Как рассчитать длительность посола в условиях интенсивного перемешивания?
5. Какие признаки положены в основу классификации оборудования для посола шкур, мяса и рыбы?
6. Какими способами солят мясо и чем они отличаются друг от друга?
7. Что входит в комплекс оборудования для посола мяса?
8. Какова сравнительная характеристика посолочных комплексов и агрегатов?
9. Каково устройство и каков принцип действия посолочного автомата ФАП и его модификаций?
10. Из каких стадий состоит посол в колбасном производстве?
11. Какой аппарат предназначен для перемешивания и посола измельченного жилованного мяса?
12. Каков принцип и каково устройство работы смесителя для посола мяса?
13. Как рассчитать производительность смесителя для посола измельченного мяса?
14. Какие способы посола рыбы в зависимости от вида добавляемых веществ вам известны?
15. Чем отличаются рыбопосолочный агрегат от машин для посола кильки?
16. На что затрачивается энергия электродвигателя в машине для посола кильки марки МПК?
17. Какие технологические операции осуществляются в оборудовании для посола рыбы?
18. Каким образом регулируется количество соли в оборудовании для посола рыбы?
19. Что представляет собой массовый баланс чанового посола рыбы?
20. Каким образом происходит смешивание рыбы солью в рыбопосолочных агрегатах типа РПА?

УПРАЖНЕНИЯ

Предложите в виде эскизов Ваши решения инженерных задач, связанных с развитием конструкций:

- оборудования для соления плодоовощной продукции;
- агрегатов для посола мяса;
- оборудования для посола рыбы.

Эти решения должны предполагать совершенствование, модернизацию оборудования с целью достижения одного или нескольких следующих результатов:

- повышение производительности;
- повышение качества продукции;
- улучшение условий труда рабочего с точки зрения эргономики, техники безопасности и охраны труда;

- экономии времени на санитарное обслуживание оборудования;
- экономии времени на техническое обслуживание оборудования;
- экономии энергоресурсов;
- экономии конструкционных материалов;
- повышение технологичности конструкции с точки зрения изготовления и ремонта;
- улучшение дизайна оборудования;
- снижение себестоимости продукции другими, кроме перечисленных выше, путями.

Вместе с этими, преимущественно машиноведческими, аспектами рассмотрите возможность развития конструкций машин и аппаратов с точки зрения повышения качества самих технологических процессов, которые реализуются этим оборудованием. Речь идет об увеличении точности, устойчивости, надежности, управляемости и стабильности технологических процессов, а также о снижении их чувствительности к возмущающим факторам окружающей среды.

По результатам Вашей работы сделайте заключение о том, в какой мере Ваши предложения повышают готовность машин и аппаратов к эффективной автоматизации данных технологических процессов.



... две вещи наполняют мой дух вечно новым
и постоянно возрастающим изумлением и
благоговением... звездное небо надо мной
и нравственный закон во мне.
КАНТ ИММАНУИЛ (1724–1804), немецкий философ

Глава 26

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОЗРЕВАНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Созревание мяса – совокупность аутолитических превращений биохимических веществ, результатом которых являются положительные изменения свойств сырья: формируется нежная консистенция, сочность, специфические аромат и вкус. Такие изменения наступают после разрешения мышечного окоченения под действием гидrolитических ферментов и других физико-химических факторов.

Созревание молока заключается в его выдержке при температуре 8...12 °С в течение 10...14 ч после очистки на молокоочистителях или фильтрацией. В результате развития микрофлоры во время созревания изменяются физико-химические свойства молока, увеличивается содержание полипептидов, снижается окислительно-восстановительный потенциал, возрастает кислотность молока на 1...2 °Т, часть солей кальция переходит в растворимое состояние, увеличиваются размеры казеиновых мицелл под действием свободных ионов кальция.

Созревание сливок – выдерживание в течение определенного времени сливок, охлажденных до температуры ниже точки отвердевания молочного жира. Режимы созревания сливок подбирают таким образом, чтобы получить 30...35 % жира в отвердевшем состоянии. В зависимости от массовой доли влаги в масле сливки охлаждают до 4...12 °С и выдерживают 5...12 ч.

Созревание сыра – комплекс биохимических, микробиологических и физико-химических процессов в сырной массе, в результате которых все составные части (молочный сахар, белки, жир, минеральные вещества) претерпевают определенные изменения с образованием различных веществ, формирующих органолептические показатели (вкус, запах, консистенцию) и рисунок. Все изменения происходят под влиянием, главным образом, микробных и частично молокосвертывающих ферментов.

Созревание пива – процесс сбраживания дрожжами содержащегося в сусле сахара в этанол и углекислоту, где в процессе метаболизма дрожжей возникают побочные продукты, которые наряду с составными частями хмеля в значительной мере определяют вкус и аромат пива. Процессы, протекающие при брожении и созревании, рассматриваются как единое целое.



Тот, кто ничего не знает, ни в чем и не сомневается.
КОПЕРНИК РЭНДЛ (ум. ок. 1634 г.),
английский филолог

26.1 НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СОЗРЕВАНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Во время брожения и созревания дрожжи выделяют в пиво целый ряд продуктов метаболизма, которые претерпевают количественные и качественные изменения, частично реагируя друг с другом.

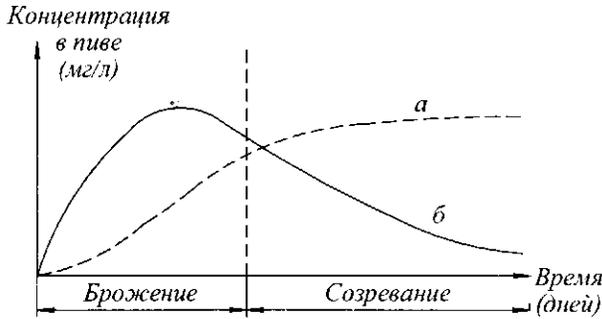


Рис. 26.1 Изменение концентрации побочных продуктов в ходе брожения и созревания: *а* — вещества, формирующие букет готового пива; *б* — вещества, формирующие букет молодого пива

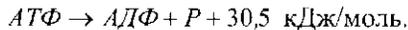
Побочные продукты брожения имеют решающее значение для качества готового пива, поэтому их образование и расщепление нужно рассматривать вместе с метаболизмом дрожжей.

С этой точки зрения различают (рис. 26.1.):

вещества, формирующие букет молодого пива (диацетил, альдегиды и сернистые соединения). Они придают пиву нечистый, зеленый незрелый вкус и запах и при повышенной концентрации отрицательно влияют на качество пива. Эти вещества в ходе брожения и созревания могут быть удалены из пива биохимическим путем, в чем и состоит цель созревания пива;

вещества, формирующие букет готового пива (высшие спирты, эфиры). Они в значительной мере определяют аромат пива; их наличие в определенной концентрации является предпосылкой для получения качественного пива. Эти вещества, в отличие от первой группы, не могут быть удалены из пива технологическим путем.

Соединение, которое постоянно осуществляет передачу энергии (АТФ — аденозинтрифосфат), присутствует во всех живых организмах и состоит из пуринового основания, сахара с пятью атомами углерода и трех остатков фосфорной кислоты. Связь между внешним и средним атомом фосфора особенно выгодна энергетически. При ее разрыве образуется аденозиндифосфат (АДФ), фосфат и происходит выделение энергии в количестве 30,5 кДж на каждый моль АТФ.



Искусственно внесенные в мясное сырье препараты протеаз обеспечивают эффект преобразования белковых структур, однако процессы созревания мяса под их влиянием протекают в 3...5 раз интенсивнее и заканчиваются в более короткий срок. Хотя ферментные препараты отличаются специфичностью воздействия на такие белки мяса, как миозин, коллаген и эластин, конечные результаты этих процессов имеют много общего. При этом интенсивность и глубина превращений белковых структур зависит от дозировки препаратов, физико-химических условий и продолжительности обработки. Действие ферментов в конечном итоге вызывает существенные изменения белков мяса в системе экстрактивных веществ, что соответственно придает сырью нужную консистенцию, вкус и аромат.

Развитие ферментативных процессов при созревании мяса приводит к накоплению в нем веществ, влияющих на вкус и аромат готовых мясных продуктов. Этими соединениями являются продукты распада пептидов (глутаминовая кислота, трео-

нин, серосодержащие аминокислоты и др.), нуклеотидов (инозинмонофосфорная кислота, инозин, гипоксантин, рибоза), углеводов (глюкоза, фруктоза, молочная, пировиноградная кислоты), липидов (низкомолекулярные жирные кислоты), а также креатин и другие азотистые экстрактивные вещества. Среди летучих компонентов, определяющих аромат продуктов из созревшего мяса, обнаружены жирные кислоты, карбонильные соединения, спирты, эфиры. Существенную роль в формировании запаха играют серосодержащие соединения, предшественниками которых являются цистеин, цистин и метионин. На вкус и аромат мясопродуктов значительно влияют сахараоаминные реакции или реакции неферментативного потемнения при тепловой обработке мяса, в которых участвуют редуцирующие сахара, аминокислоты или белки, а также альдегиды, возникающие в результате превращения жирных кислот.

Сроки созревания мяса в первую очередь зависят от вида животного и температурного режима хранения. Продолжительность созревания при 0...2 °С составляет для говядины 10...14 сут, мяса кур и гусей 5...6 сут. Увеличение температуры позволяет сократить продолжительность созревания и описывается уравнением

$$\lg \tau = 0,051(23,5 - t),$$

где τ – продолжительность созревания, сут; t – температура, °С.

Повышения скорости биохимических процессов в мясе можно достигнуть электростимулированием туш, в результате чего ускоряются реакции гликолиза. Низкое значение pH и достаточно высокая температура мяса способствуют интенсивному течению ферментативных реакций, вызывающих его размягчение.

Протеолитические ферменты синтезируются практически всеми живыми существами. В промышленных целях источником получения протеиназ являются животные ткани, растения и микроорганизмы.

В последнее время в технологической практике используются следующие способы обработки мяса протеолитическими ферментами: введение раствора ферментного препарата через кровеносную систему путем инъекций в организм животного при жизни; обработка поверхности мышцы путем разбрызгивания раствора ферментов или нанесения порошкообразных размягчителей; погружение мяса в растворы ферментов; внутримышечное шприцевание.

В результате выдерживания в течение определенного времени (10...14 сут) при низких положительных температурах мясо созревает и характеризуется высокими пищевыми достоинствами. Пища, приготовленная из созревшего мяса, способствует повышению аппетита и сокращению периода выделения желудочного сока, лучше переваривается и усваивается. В силу активизирования пищеварительных ферментов переваривание созревшего мяса происходит с меньшими затратами энергии.

Во время созревания молока, сливок и сыра последовательно протекают биохимические процессы: сбраживание молочного сахара, гидролиз белков и расщепление молочного жира. Полученные продукты, в свою очередь, претерпевают изменения, образуя новые соединения, которые могут использоваться другими ферментными системами. Явления, лежащие в основе этих изменений, объясняются природой субстрата, многообразием факторов и разнообразием превращений составных частей.

В начальный период созревания сыров в течение 15...20 сут температура в помещении составляет 10...12 °С, на следующем этапе созревания в течение 30 сут температуру повышают до 15...20 °С, а к концу созревания температуру снижают до 12...14 °С.



Без фантазии и ум Коперника и Ньютона не дал бы нам мировоззрения, сделавшегося достоянием всего образованного мира. Ничто великое в мире не обходится без содействия фантазии.
*ПИРОГОВ НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ (1810–1881),
русский хирург и анатом*

26.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Классификация оборудования для созревания пищевых сред (рис. 26.2) состоит из оборудования для созревания пива, аппаратов для массирования и созревания мяса, а также из аппаратов для созревания молока, сливок и сыров.



Рис. 26.2 Классификация оборудования для созревания пищевых сред

Оборудование для созревания пива представлено лагерными и цилиндроконическими танками, в которых осуществляется сбраживание дрожжами содержащегося в сусле сахара в этанол и углекислоту. При этом процессы, протекающие при сбраживании, условно делятся на процессы главного брожения и процессы созревания, плавно переходящие друг в друга.

Оборудование для созревания мяса можно разделить на три основные группы: машины для массирования мяса, унифицированные напольные тележки и механизированные стеллажи.

Классификация оборудования для созревания мяса состоит из отдельных видов технологического оборудования по признаку использования в процессе созревания

мяса. Данная классификация способствует лучшему представлению о связи конструкций машин и аппаратов с биотехнологическим процессом созревания мяса.

Работа оборудования для созревания мяса выражается техническими и технологическими параметрами, составляющими его техническую характеристику. К ним относят: количество перерабатываемого сырья в единицу времени, параметры сырья и вырабатываемой продукции, габаритные размеры и масса оборудования, условия эксплуатации и др.

Классификация аппаратов для созревания молока, сливок и сыров представлена с учетом биотехнологического признака, который включает процессы сбраживания молочного сахара, гидролиз белков и расщепление молочного жира.

Вначале следуют сливкосозревательные аппараты и творожные ванны, предназначенные для созревания сливок в производстве сливочного масла и творога, и представляющие собой различные емкости с закругленными по продольной оси углами днища.

Финишной группой оборудования этого класса являются машины для изолирования и созревания сыров, включающие упаковочные машины и автоматы, парафинеры, а также контейнеры для созревания и хранения.



Запомнить умеет тот,
кто умеет быть внимательным.
ДЖОНСОН САМЮЭЛ (1709–1784),
английский писатель

26.3 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОЗРЕВАНИЯ ПИВА

Созревание пива происходит на многих пивоваренных предприятиях по классическому способу в бродильном и лагерном отделениях. На предприятиях, оснащенных современным оборудованием, брожение и созревание проводится в цилиндрико-конических танках (ЦКТ).

В фазе созревания происходят два процесса, которые следует рассматривать отдельно – это насыщение пива диоксидом углерода под избыточным давлением и осветление пива, т.е. отделение его от всех образующих муть веществ.

На рис. 26.3 показаны элементы ЦКТ, который соединяется с несколькими трубопроводами: с трубопроводом подачи сусла; с линией снятия дрожжей; с трубопроводом откачки пива; с трубопроводом подачи и возврата. Эти соединения защищены от доступа воздуха и попадания посторонней микрофлоры.

Размеры ЦКТ зависят от мощности варочного отделения. За основу принимается, что один танк должен вмещать максимум половину производимого в сутки сусла. Большинство танков имеет диаметр от 3,5 до 4,5 м. Угол наклона конуса внутри может быть от 60° до 90°. В верхней части аппарата размещен купол с арматурой 2, а также трубы с кабелем и дренажная труба 3, проложенные под изоляцией. Над ними находится площадка 1 для обслуживания. В верхней части цилиндра находится гнездо для термометра 4. Верхняя часть цилиндра представляет собой малую зону охлаждения 5 для созревания, а зоны охлаждения 6 и 8, размещенные в изоляции 7 предназначены для брожения. В нижней части цилиндра смонтированы соединения 9 и 10 для подвода жидкого и отвода испарившегося аммиака. Конусная зона 11 охлаждения заканчивается конусным патрубком 12 с люком обслуживания и пробным кра-

ном 13. Подающая на купол танка сусло и отводящая с купола CO_2 и воздух труба 14 проложена под изоляцией. Здесь же размещены шпунт-аппарат 15 и измеритель уровня 16 с датчиком опорожнения.

При использовании двух цилиндрических танков созревание (расщепление диацетила) следует проводить в ЦКТБ, чтобы получить однородное по качеству пиво. В лагерном ЦКТ следует проводить только выдержку при низких температурах (для достижения коллоидной стойкости, осветления и округления вкуса пива). Режимы брожения и созревания, применяемые для пива низового брожения, можно разделить на три группы:

холодное брожение – холодное созревание (дрожжи вносят в сусло с температурой $6...7\text{ }^\circ\text{C}$, а затем позволяют температуре подняться до $8...9\text{ }^\circ\text{C}$ в течение двух недель);

холодное брожение – теплое созревание (главное брожение проводят при температуре $8...9\text{ }^\circ\text{C}$, а при достижении степени сбраживания 50 % охлаждение отключают и температура сама повышается до $12...13\text{ }^\circ\text{C}$);

теплое брожение – холодное созревание (брожение сокращается до 4 дней, количество побочных продуктов брожения увеличивается, пиво приобретает цветочно-дрожжевые тона).

Инженерные расчеты. В период созревания из 1 м^3 молодого пива при его охлаждении необходимо отобрать в среднем теплоту $Q = 10470\text{ кДж/м}^3$.

Коэффициент теплоотдачи от стенки охлаждающего змеевика к хладагенту α_1 ($\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$) определяется зависимостью

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4},$$

а коэффициент теплоотдачи от сбраживаемого сусла к стенке змеевика α_2 ($\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$) определяется эмпирической зависимостью

$$\alpha_2 = 0,74c^4 \sqrt{t_c - t_{cm}},$$

где t_c и t_{cm} – соответственно температура сбраживаемого сусла и стенки змеевика, $^\circ\text{C}$; c – коэффициент, зависящий от температуры сбраживаемого сусла t_c и стенки змеевика t_{cm} .

Высота конуса h_k (м) в нижней части цилиндрического танка равна

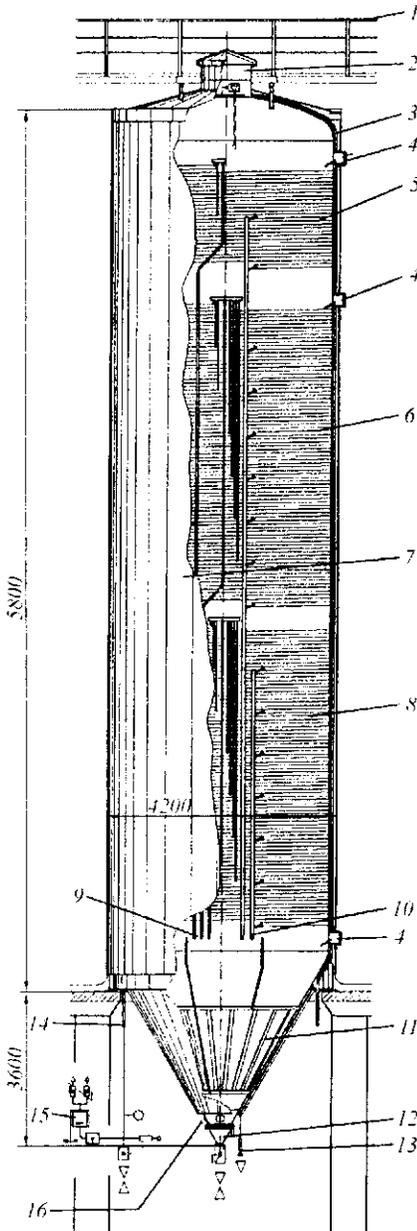


Рис. 26.3 Цилиндрикоконический танк

$$h_k = R / \operatorname{tg} \beta,$$

где R – радиус аппарата, м; β – половина угла при вершине нижнего конуса, град.
Длина образующей конуса l_k (м) аппарата определяется как

$$l_k = R / \sin \beta.$$

Площадь поверхности теплопередачи нижнего конуса F_k (м²)

$$F_k = \pi R l_k.$$

Вместимость конуса нижней части аппарата V_k (м³)

$$V_k = \pi R^2 h_k / 3.$$

Общий внутренний объем аппарата $V_{\text{общ}}$ (м³)

$$V_{\text{общ}} = V_n / \varphi,$$

где V_n – полезная вместимость аппарата, м³; φ – коэффициент заполнения.

Вместимость цилиндрической части $V_{\text{ц}}$ (м³)

$$V_{\text{ц}} = V_{\text{общ}} - V_k.$$

Высота цилиндрической части аппарата $l_{\text{ц}}$ (м)

$$l_{\text{ц}} = V_{\text{ц}} / \pi R^2.$$

Боковая площадь поверхности теплопередачи цилиндрической части $F_{\text{ц}}$ (м²)

$$F_{\text{ц}} = 2\pi R l_{\text{ц}}.$$

Полная площадь поверхности теплопередачи аппарата $F_{\text{общ}}$ (м²)

$$F_{\text{общ}} = F_k + F_{\text{ц}}.$$

Общая высота аппарата без опорных стоек $H_{\text{общ}}$ (м)

$$H_{\text{общ}} = l_{\text{ц}} + h_k.$$



К сожалению, в жизни, как в науке, всякая почти цель достигается окольными путями, и прямая дорога к ней делается ясною для ума лишь тогда, когда цель уже достигнута.

СЕЧЕНОВ ИВАН МИХАЙЛОВИЧ (1829–1905),
русский естествоиспытатель, физиолог

26.4 АППАРАТЫ ДЛЯ МАССИРОВАНИЯ И СОЗРЕВАНИЯ МЯСА

Для интенсификации процессов посола и созревания кускового мясного сырья после шприцевания применяют механическое воздействие, которое способствует объемному распределению посолочных веществ. Одним из возможных способов механического воздействия является массирование посоленного кускового сырья, которое достигается путем взаимного перемещения кусков мяса относительно друг друга и стенок движущейся емкости.

Машина Я2-ФММ (рис. 26.4) предназначена для массирования кускового мясного сырья под вакуумом с использованием в качестве рабочей емкости унифицированной тележки Я1-ФЦ1В. Машина Я2-ФММ включает в себя станину 2, привод 4, вакуум-крышку 5, ограждение 6, вакуум-сборник 1, электрооборудование 3.

Станина 2 является основным несущим элементом, определяющим взаимное расположение частей изделия, представляет собой сварную конструкцию коробчатой формы. На верхней плите станины крепят корпус установки двигателя. Внутри станины размещают привод 4, вакуум-насос, вакуум-проводы и аппаратуру пульта. В основании станины предусмотрены отверстия для крепления регулируемых опор. Для обслуживания механизмов, размещенных внутри станины, предусмотрены люки со съемной крышкой и крышкой, установленной на шарнирах.

Привод предназначен для движения основного рабочего органа – вакуум-крышки 5 с закрепленной на ней тележкой Я2-ФЦ1В. Привод состоит из электродвигателя и червячного редуктора, соединенных между собой клиноременной передачей. На тихоходном валу редуктора размещена шестерня в зацеплении с шестерней, которая установлена на рабочем валу.

Тележка с сырьем закрепляется вакуум-крышкой, которая состоит из каркаса, установленного консольно на рабочем валу привода, и снабжена механизмом подъема и поджатия тележки к резиновому уплотнению. На крышке имеется специальный вакуум-клапан, через который вакуумируют сырье.

Для обеспечения безопасности обслуживания и эксплуатации машины предусмотрено ограждение, шарнирно установленное на опорах и снабженное блокирующим устройством.

Вакуум-сборник обеспечивает защиту вакуум-насоса от попадания в него рассола и оципков сырья. Вакуум-сборник представляет собой гильзу, в которой расположен поршень для периодической очистки сборника. Крышка вакуум-сборника снабжена смотровым стеклом.

Работа машины состоит в следующем. Подготовленное для созревания сырье укладывают в тележки Я2-ФЦ1В, каждую из которых вручную устанавливают на

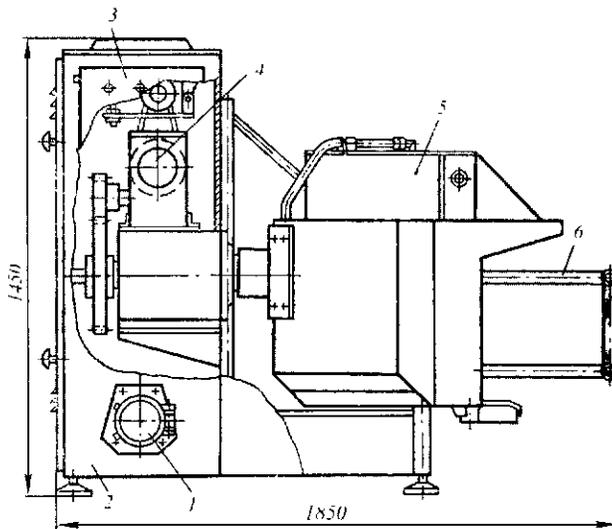


Рис. 26.4 Машина Я2-ФММ для массирования мяса

опоры в вакуум-крышке машины и вращением рукоятки подъемного механизма поднимают в крайнее верхнее положение до краев прижима тележки к конусной крышке через резиновую прокладку.

Затем включают вакуум-насос и отсасывают воздух из тележки. По достижении давления в тележке не более 0,07 МПа включают привод на вращение ее. Тележка с сырьем, совершая вращательное движение с частотой вращения $0,17 \text{ с}^{-1}$, обеспечивает скользящие движения кусков мяса друг относительно друга в вакуумируемой среде. Продолжительность массирования 30...60 мин (в зависимости от размеров куска).

По истечении времени массирования отключают привод вакуум-крышки вращением рукоятки, тележку опускают в исходное положение и откатывают от машины.

Техническая характеристика машины Я2-ФММ

Производительность, кг/ч	150...530
Продолжительность массирования, мин	30...60
Частота вращения рабочего вала, с^{-1}	0,17
Давление в вакуумной системе, МПа	0,07
Установленная мощность электродвигателей, кВт	2,2
Габаритные размеры, мм	1850×1850×1450
Масса, кг	768

На мясоперерабатывающих предприятиях для выдержки мяса в посоле в камерах созревания используют различные тележки, ковши и другие емкости вместимостью 200...250 л.

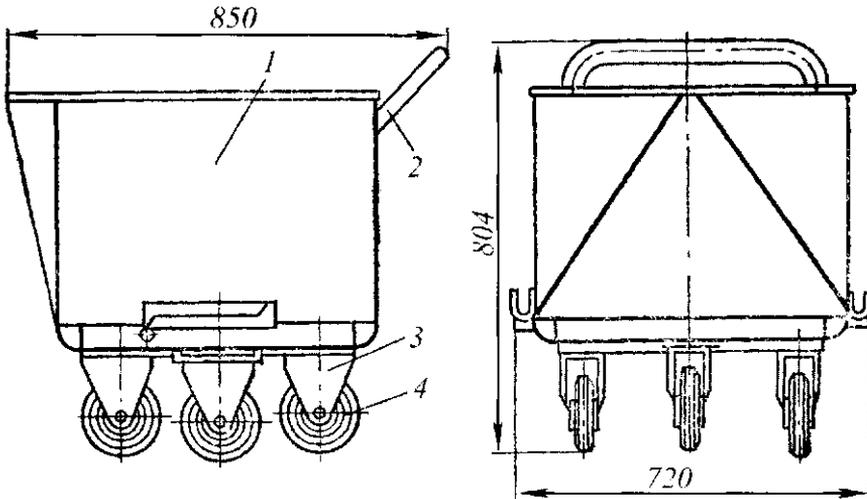


Рис. 26.5 Унифицированные тележки Я2-ФЦ1В

Унифицированная напольная тележка Я2-ФЦ1В (рис. 26.5) состоит из корпуса 1, ручки 2, стойки 3 и колеса 4. Использование унифицированных тележек Я2-ФЦ1В вместимостью 200 л в колбасном производстве позволило ликвидировать переvalочные операции в технологическом цикле, значительно уменьшить потери сырья и

создать условия для механизации труда при транспортировании, загрузке и выгрузке сырья. Однако, при применении таких тележек для выдержки мяса в посоле довольно низка эффективность использования камеры созревания мяса.

Техническая характеристика напольной тележки Я2-ФЦ1В

Грузоподъемность, кг.....	200
Вместимость, м ³	0,2
Диаметр роликов, мм.....	160
Габаритные размеры, мм.....	850×720×695
Масса, кг.....	46,1

Для увеличения коэффициента использования рабочего объема камеры созревания используются *механизированные стеллажи* для выдержки мяса в посоле.

Механизированный стеллаж РЗ-ФВН (рис. 26.6) предназначен для штабелирования механизированным способом тележек Я2-ФЦ1В с сырьем в камере созревания мяса. В состав стеллажа входят следующие основные сборочные единицы: кран-штабелер 1, центральная секция 2, боковая секция 3, ферма 4.

Кран-штабелер (опорный КШО-0,25-8-4) предназначен для захвата, фиксации, перемещения и установки тележки с сырьем на настил центральных или боковых секций стеллажа. Краном-штабелером управляет оператор с помощью дистанционного пульта.

Центральная секция стеллажа представляет собой сварную конструкцию из профильного проката с двумя двусторонними ярусами волнистого стального настила, на котором размещается 12 тележек. Радиус каждой волны настила соответствует радиусу колеса тележки, что позволяет фиксировать последнюю в определенном месте секции.

Боковая секция стеллажа имеет одностороннее расположение двухъярусного настила для шести тележек. В верхней части имеется основание из швеллера для монтажа направляющих, по которым должен перемещаться кран-штабелер. В комплект стеллажа входят 12 секций, соединенных по шесть по обеим сторонам стеллажа.

Четыре торцевых фермы из профильного проката предназначены для выхода крана-штабелера из зоны секций стеллажа во время приема и выдачи тележек с сырьем, а также для осмотра и ремонта.

Две фермы предназначены для закрепления боковых секций стеллажа в верхней части, обеспечения жесткости конструкции стеллажа и исключения возможных смещений направляющих крана-штабелера.

Работа стеллажа состоит в следующем. Тележку, наполненную измельченным посоленным мясом, транспортируют к стеллажу и устанавливают в зоне торцевых ферм с любой стороны стеллажа. Виллами крана-штабелера тележка подхватывается под дно и фиксируется. Затем вилы с тележкой разворачиваются и транспортируются краном-штабелером по проходу между рядами стеллажа. По достижению определенного места оператор с помощью дистанционного пульта останавливает кран-штабелер, ориентирует вилы (поворотом, подъемом, опусканием и т.д.) относительно зоны установки тележки, вводит вилы в зону установки и опускает тележку на настил. Затем вилы опускают еще чуть ниже и выводят из-под тележки. Тележки устанавливают в три яруса: нижний – по полу и два – на настилах. Затем кран-

штабелер возвращается в зону торцевой фермы. От тележек стеллаж разгружается в обратной последовательности.

Техническая характеристика стеллажа РЗ-ФВН

Число тележек	144
Масса сырья, находящегося на выдержке в посоле, кг ...	28 800
Вид подъемно-транспортного устройства.....	кран-штабелер опорный КШО-0,25-8-4
Габаритные размеры, мм	15 410×5900×3540
Масса, кг	12 800

Электродвигатели и конструкции крана-штабелера и стеллажа должны быть надежно заземлены с помощью заземляющего болта с указанием знака заземления.

При санитарной обработке стеллажа необходимо избегать попаданий воды или моющих средств на электрооборудование. Перед санитарной обработкой стеллажа электропитание крана-штабелера необходимо отключить.

До начала работы необходимо проверить санитарное состояние стеллажа, отсутствие посторонних предметов на настилах для тележек, направляющих для катков крана-штабелера, в проходах между секциями и в рабочей зоне торцевых ферм, наличие заземления, состояние поверхности пола в рабочей зоне торцевых ферм, обеспеченность тележками с сырьем.

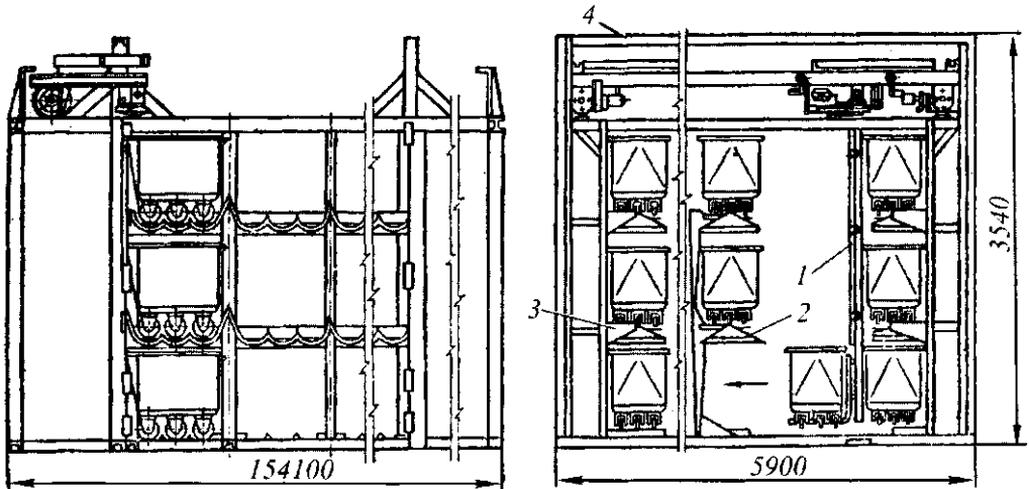


Рис. 26.6 Механизированный стеллаж РЗ-ФВН

В процессе работы необходимо следить за надежной фиксацией тележки на вилах крана-штабелера, санитарным состоянием мест для тележек, проходов между секциями и рабочих зон торцевых ферм, за качественной расфиксацией тележки и свободным выходом опорных вилок из-под днища тележки, за отсутствием поломок конструкций секции, настила для тележек и направляющих для катков крана-штабелера.

Камеры для созревания мяса бывают трех типов – щитовые, панельные и блочные. Камеры щитового типа собирают на отдельных щитах (стеновых, напольных и потолочных). Камеры панельного типа имеют стеновые плоские панели, уг-

ловые и Т-образные элементы для перегородок унифицированной конструкции. Камеры блочного типа состоят из готовых блоков: стеновых, П-образного типа, с дверью и моноблочной холодильной машиной.

Сборные среднетемпературные камеры КХС (рис. 26.7) состоят из угловых, боковых, потолочных, напольных и дверных щитов, щита-перегородки, испарителей, холодильного агрегата и электрощита управления. Щиты соединяют болтами, которые ввинчиваются в специальные гайки, размещенные в рамках щитов. Стыки щитов герметизированы резиновыми прокладками, закрепленными в торцах щитов.

Щиты представляют собой деревянную раму, пропитанную антисептиком и облицованную стальными листами с наружной стороны и алюминиевыми листами с внутренней. Внутри щитов размещена закладная теплоизоляция (пенопласт).

Техническая характеристика камеры КХС-2-6

Температура воздуха в камере, °С	0...8
Охлаждаемый объем, м ³	6
Площадь поверхности, м ² :	
полок	2,3
испарителя	2×8,5
Максимальная загрузка продуктов, кг	600
Максимальный расход электроэнергии, кВт·ч	0,66
Холодильный агент	BCЭ-1250
Габаритные размеры, мм	1920×1920×2168
Масса, кг	700

Камеры имеют полки 5 и крючки 1 для размещения созреваемого мяса. На полу камеры размещены съемные решетки 6, на которых установлены резиновые пробки 7. Дверь 10 камеры герметизирована резиновыми прокладками 4 и снабжена затвором 11, болтовое соединение снабжено крышкой 12. Камера освещается светильни-

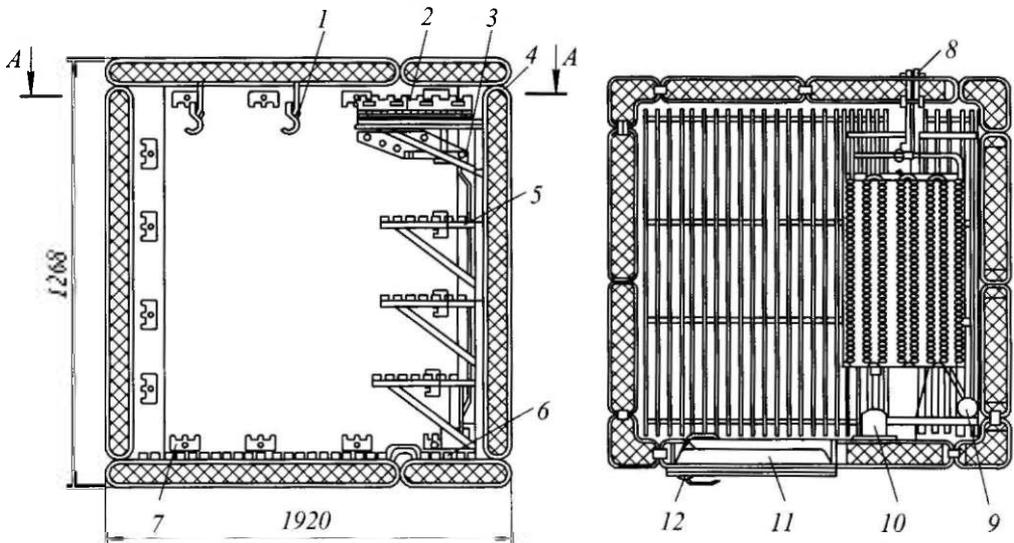


Рис. 26.7 Камера для созревания КХС-2-6

ком и лампой накаливания 9. В камере установлены испарители 2 с терморегулирующими вентиляторами. Под испарителями находится секционный поддон 3 для сбора талой воды, который имеет трубку для слива ее в бачок 8. Камеру обслуживает вынесенный холодильный агрегат.

Инженерные расчеты. При проектировании в расчетах аппаратов для созревания мяса определяют производительность, количество хладоносителя, потребляемую мощность перемешивающих и транспортных механизмов.

Производительность аппарата для созревания мяса Π (т/смену) определяют по формуле

$$\Pi = 0,001(V\tau_{см\rho}) / \tau_c^2,$$

где V – вместимость созревателя, м^3 ; $\tau_{см}$, τ_c – продолжительность смены и созревания, ч; ρ – плотность кускового мяса в созревателе, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Количество теплоты Q_c (Дж), отводимое с хладоносителем при созревании мяса, определяют как

$$Q_c = kS(t_n - t_x)\tau,$$

где k – коэффициент теплопередачи, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$; S – поверхность теплообменника, м^2 ; t_n , t_x – соответственно средние температуры продукта и хладоносителя, $^{\circ}\text{C}$; τ – продолжительность охлаждения, с.

Расход хладоносителя G_x ($\text{кг}/\text{с}$) находят из уравнения теплового баланса

$$G_x = Q_c / [c_x\tau(t_x - t_n)],$$

где c_x – теплоемкость хладоносителя (вода, рассол), $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; t_x , t_n – конечная и начальная температуры хладоносителя, $^{\circ}\text{C}$.

Общий расход теплоты Φ (Вт), поступающей в охлаждаемый объем камеры созревания, можно определить по уравнению

$$\Phi = \Phi_{огр} + \Phi_{инф} + \Phi_{прод} + \Phi_{экс} + \Phi_{вен},$$

где $\Phi_{огр}$ – расход теплоты, приходящей через изолированные ограждения камеры, Вт; $\Phi_{инф}$ – расход теплоты, поступающей за счет инфильтрации окружающего воздуха при открывании камеры, Вт; $\Phi_{прод}$ – расход теплоты, выделяемой продуктами при хранении, Вт; $\Phi_{экс}$ – эксплуатационные теплопритоки, Вт; $\Phi_{вен}$ – расход теплоты, образующейся при работе вентилятора испарителя, Вт.

Потери теплоты $\Phi_{огр}$ (Вт) через изолированные ограждения камеры созревания определяют по формуле

$$\Phi_{огр} = kF(T_{о.в.} - T_{вн}),$$

где k – коэффициент теплопередачи ограждения, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$; F – площадь поверхности ограждения, м^2 ; $T_{о.в.}$ – температура окружающего воздуха, К; $T_{вн} = (T_1 + T_2)/2$ – условная средняя температура в камере, К.

Расход теплоты $\Phi_{инф}$, поступающей в камеру во время открывания дверей при ее нормальной эксплуатации, вычисляют по формуле

$$\Phi_{инф} = Vn(i_{о.в.} - i_{вн}),$$

где V – внутренний объем камеры, м^3 ; n – кратность воздухообмена в сутки; $i_{0,8}$ – удельная энтальпия окружающего воздуха, Дж/кг ; $i_{\text{вн}}$ – удельная энтальпия воздуха в камере, Дж/кг .

Кратность воздухообмена в камере в зависимости от ее внутреннего объема и температуры воздуха в ней приведена ниже.

Внутренний объем камеры, м^3	2,5	3	4	6	7,5	10	15	20	25
Кратность воздухообмена в сутки при температуре воздуха в камере:									
ниже 0°C	62	47	40	35	28	24	19	16,5	14,5
выше 0°C	70	63	63	47	38	32	26	22	19,5

Отвод теплоты $\Phi_{\text{прод}}$ при охлаждении продуктов можно рассчитать по формуле

$$\Phi_{\text{прод}} = Mc(T_n - T_k),$$

где M – масса продуктов, поступающих в камеру в течение суток, кг ; c – удельная теплоемкость продуктов, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$; T_n – начальная температура продуктов, K ; T_k – температура охлажденных продуктов, K .



Надо понять, что груд ученого – достояние всего человечества, а наука является областью наибольшего бескорыстия.
ГОРЬКИЙ МАКСИМ (1868–1936).
русский писатель

26.5 СЛИВКОСОЗРЕВАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ И ТВОРОЖНЫЕ ВАННЫ

Созревание сливок осуществляется в специальном оборудовании: сливкосозревательных ваннах и сливкосозревательных резервуарах.

Ванна сливкосозревательная (рис. 26.8) представляет собой емкость 7 с мешалкой и приводным механизмом и установлена на ножках 1. Пространство между внутренней ванной и наружным корпусом заполняется водой, которая подогревается паром, поступающим из трубчатого перфорированного барботера 3, расположенного в нижней части корпуса. Постоянный уровень воды в рубашке поддерживается при помощи переливной трубы 2. Для предохранения продукта от загрязнения ванна закрывается крышкой 12 из алюминия или нержавеющей стали. В нижней части ванны установлены шиберный кран 8 и сливная труба 13 с вентилем.

Мешалка 6 сливкосозревательной ванны состоит из нержавеющей труб, закрепленных концами в коллекторах. К обеим сторонам мешалки подсоединяются к подшипникам 5 гофрированные резиноканевые рукава, служащие для подсоединения к подводящей и отводящей линиям подачи хладагента.

Механизм привода мешалки состоит из электродвигателя 9, установленного на плите 10, клиноременной передачи, червячного редуктора 11 и кривошипно-шатунного механизма. Внизу расположен патрубок 13 для отвода конденсата. Благодаря наличию в корпусе коромысла 4 продолговатого отверстия, соединительный палец может передвигаться в пазу и тем самым можно (до начала работы) устанавливать необходимый угол качания мешалки.

Техническая характеристика сливоксозревательных ванн

Показатель	ВСГМ-800	ВСГМ-2000
Вместимость, м ³	0,8	2,0
Частота качания мешалки, мин ⁻¹	12...18	12...18
Угол качания, град	60...100	60...100
Мощность электродвигателя, кВт	0,6	0,55
Частота вращения электродвигателя, мин ⁻¹	1500	1500
Поверхность охлаждения мешалки, м ²	1,13	2
Передаточное отношение:		
* клиноремснной передачи	3,2	3,2
редуктора	40	40
Потребление холода за цикл на 1 т продукта, кВт·ч ...	1,76	2,32
Габаритные размеры, мм	2210×1680×1150	3660×1680×1150
Масса, кг	382	598

Резервуар сливоксозревательный (рис. 26.9) представляет собой трехстенный цилиндрический сосуд на опорах 5 с коническими (ОТН-1000 и ОТН-2000) и наклонными плоскими (ОТН-6300) нижними днищами, в которые вмонтирован трехходовой кран 1.

Резервуар снабжен устройствами подогрева и охлаждения стенок внутреннего сосуда, вертикальной лопастной мешалкой 4 со скребком, моющей головкой 9, приборами регулирования автоматического режима созревания сливок (термометр 2 и датчик температуры 8). На крышке резервуара размещены двигатель 11, червячный редуктор 12, патрубок 13, светильник 10, люк с крышкой 7, а также лестница 6.

Пространство между средней стенкой и облицовкой заполнено теплоизолирующим материалом.

Внутренний резервуар с наружной стороны орошается холодной или теплой водой для охлаждения или подогрева сливок. Орошение осуществляется при помощи кольцевой трубы 3, расположенной в верхней части резервуара между средней и внутренней обечайками.

Нарушение режимов физического созревания сливок может привести к двум явлениям: сливки не дозрели или сливки перезрели. Оба случая нежелательны при выработке масла.

Переработка незрелых сливок вызывает:

- сокращение продолжительности сбивания с одновременным увеличением отхода жира в пахту;
- получение излишке мягкого зерна;
- затруднение диспергирования влаги при обработке масла.

Если сливки перезрели, то процесс сбивания также имеет отклонения:

- увеличивается продолжительность сбивания;
- зерно имеет избыточную твердость;
- увеличивается время обработки зерна, что часто приводит к получению масла засаленной консистенции.

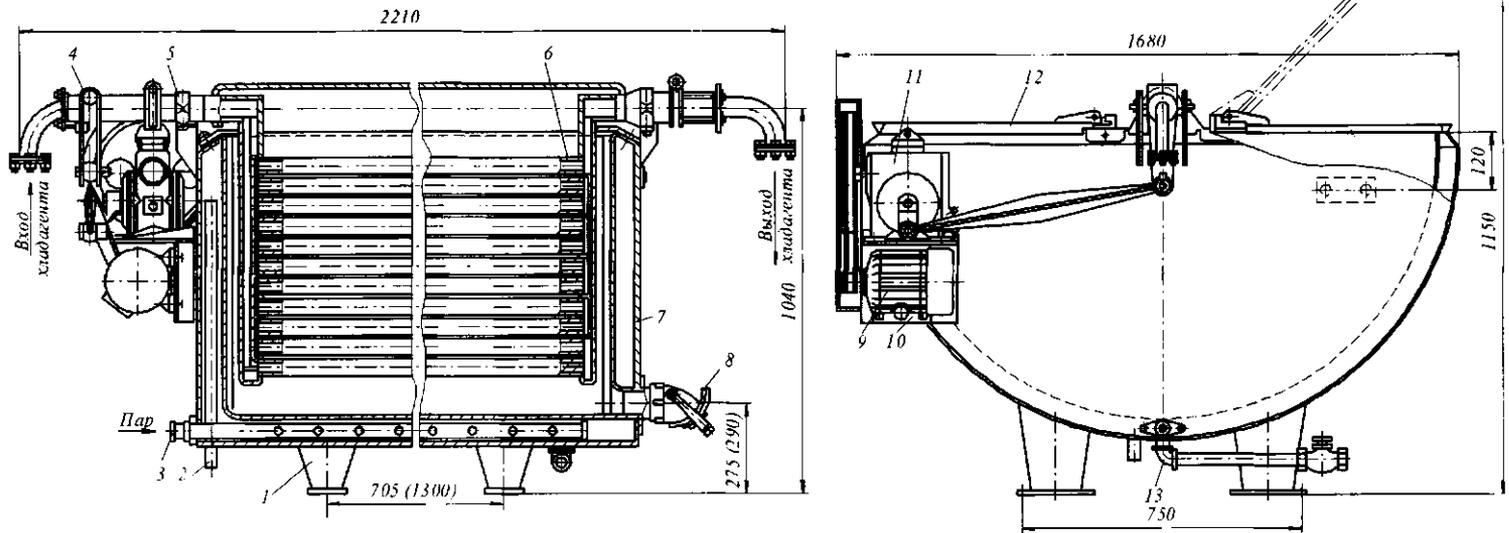


Рис. 26.8 Сливкосозревательная ванна ВСГМ-800

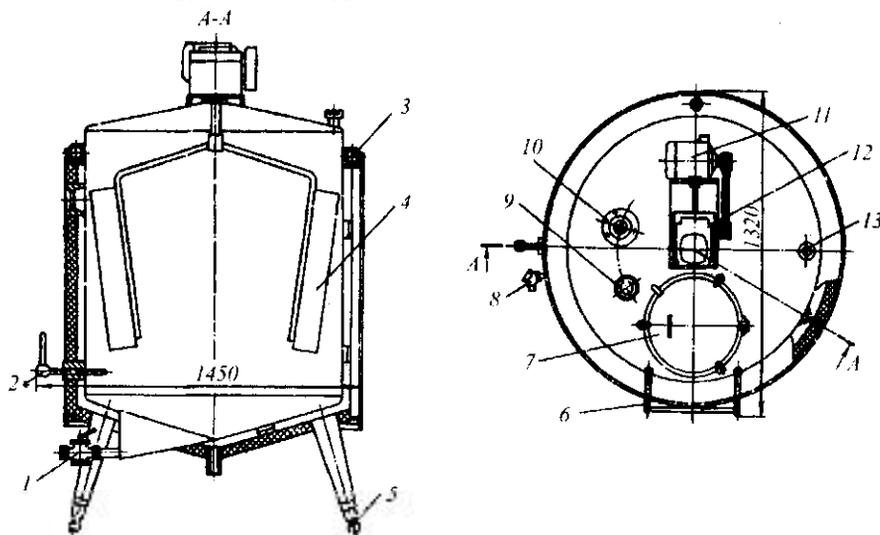


Рис. 26.9 Резервуар ОН-1000

Техническая характеристика сливокостозревательных резервуаров

Показатель	ОН-1000	ОН-3000	ОН-6300
Вместимость, л	1000	3000	6300
Частота вращения мешалки, мин ⁻¹	15	15	20
Мощность электродвигателя, кВт.....	0,8	1,1	1,5
Температура, °С:			
сливок	1...23	1...23	1...23
хладоносителя (воды)	4...5	0,5...2	4
теплоносителя (воды)	24...29	24...29	24...29
Расход, м ³ /ч:			
хладоносителя	0,6	0,8	6
теплоносителя	1,2	1	3
Габаритные размеры, мм	1450×1320×2380	1900×1900×3000	2200×2200×3600
Масса, кг	597	1560	2200

Сливкостозревательный резервуар Г2-ОТБ-500 (рис. 26.10) представляет собой рабочую ванну 2, заключенную в корпус 3 с облицовкой 4, между ними создается теплообменная рубашка. Рабочая ванна выполнена из нержавеющей стали. Дно ее имеет уклон в сторону сливного крана 8. Сверху на ней расположена крышка 1 с окном для подачи продукта. К днищу корпуса приварена площадка, на которой монтируются привод 11 и мешалка 10. Переливная труба позволяет поддерживать постоянный уровень воды в теплообменной рубашке. •

В корпус рабочей ванны врезаны датчики температуры 5, 6 и 7, которые подают сигнал на пульт управления. Системы автоматического поддержания температуры продукта заключаются в регулировании подачи количества хладагента или теплоагента в теплообменную рубашку через парораспределительную головку 9 и включения мешалки в заданное время.

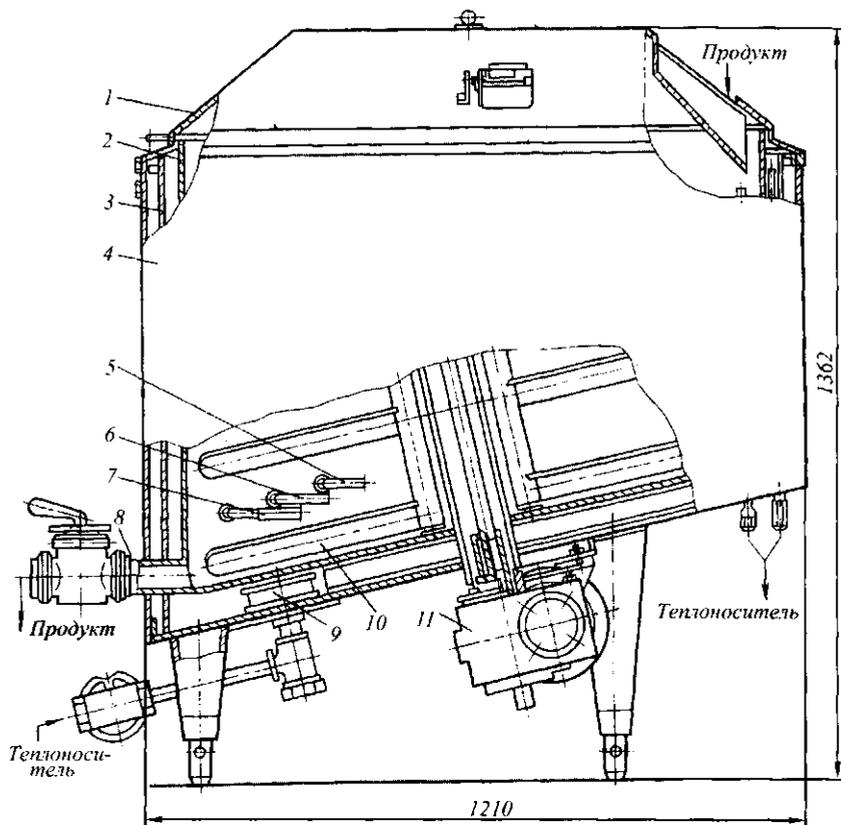


Рис. 26.10 Сливкосозревательный резервуар Г2-ОТБ-500

Техническая характеристика сливкосозревательного резервуара Г2-ОТБ-500

Вместимость резервуара, л	500
Частота вращения мешалки, с ⁻¹	0,38
Диаметр сливного патрубка, мм	50
Мощность электродвигателя, кВт	0,6
Габаритные размеры, мм	1410×1210×1362
Масса, кг	355

Инженерные расчеты. Вместимость V (м³) ванн для созревания сливок с качающейся трубчатой мешалкой рассчитывается по формуле

$$V = \left[\left(\pi d_e^2 \right) / 4 \right] L - V_m,$$

где d_e – внутренний диаметр ванны, м; L – внутренняя длина ванны, м; V_m – объем, занимаемый мешалкой, м³.

$$V_m = l_m \left[\left(\pi d_m^2 \right) / 4 \right] + l_k \left[\left(\pi d_k^2 \right) / 4 \right],$$

где l_m , l_k – длины труб мешалки и коллектора, м; d_m , d_k – диаметры трубы и коллектора мешалки, м; n – число труб в мешалке.

Вместимость ванн V (м^3) для созревания сливок, нормализации высокожирных сливок, заквасочников рассчитывается по формуле

$$V = \left[(\pi d_s^2) / 4 \right] H - V_m,$$

где H – высота ванны, м.

Производительность Π_o (кг/смену) находят по формуле

$$\Pi_o = (V\rho\tau_{cm}) / \tau_\theta,$$

где ρ – плотность продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$; τ_{cm} , τ_θ – соответственно продолжительность смены и цикла обработки, ч.

Количество теплоты Q (Дж), расходуемой на нагрев и охлаждение сливок в ваннах, рассчитывают из уравнения теплового баланса

$$Q = m_n c_n (t_1 - t_2) = m_m c_m (t_3 - t_4),$$

где m_n , m_m – массы продукта и теплоносителя, кг; c_n , c_m – теплоемкость продукта и теплоносителя, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; t_1 , t_2 – конечная и начальная температура продукта, $^\circ\text{C}$; t_3 , t_4 – конечная и начальная температура теплоносителя, $^\circ\text{C}$.

Массовую долю жира нормализованного молока $\mathcal{J}_{\text{нм}}$ (%) в производстве сыра рассчитывают по формуле

$$\mathcal{J}_{\text{нм}} = \mathcal{J}_c I_b B_{\text{нм}} / B_c I_{\text{ж}},$$

где \mathcal{J}_c , B_c – массовая доля, соответственно, жира и белка в сыре, %; $B_{\text{нм}}$ – массовая доля белка в нормализованном молоке, %; I_b , $I_{\text{ж}}$ – степень использования, соответственно, белка и жира в производстве сыра.

Если заменим

$$\mathcal{J}_c / B_c = K_1 \mathcal{J}_c / C_c; \quad I_b / I_{\text{ж}} = K_2; \quad B_{\text{нм}} = K_3 B_m$$

и обозначим K_1 , K_2 , $K_3 = K$, то получим, что

$$\mathcal{J}_{\text{нм}} = K \mathcal{J}_c / C_c,$$

где C_c – массовая доля сухих веществ в сыре, %.

Между массовой долей жира в сыре \mathcal{J}_c и сухим веществом сыра $\mathcal{J}_{\text{св}}$ существует зависимость

$$\mathcal{J}_c = \mathcal{J}_{\text{св}} C_c / 100.$$

Подставив \mathcal{J}_c в $\mathcal{J}_{\text{нм}}$, получим формулу для определения массовой доли жира в нормализованном молоке $\mathcal{J}_{\text{нм}}$ при производстве сыра

$$\mathcal{J}_{\text{нм}} = K B_m \mathcal{J}_{\text{св}} / 100,$$

где K – коэффициент, определяемый опытным путем (для сыров с массовой долей жира в сухом веществе сыра 50 % $K = 2,15$; 45 % $K = 2,02$; 40 % $K = 1,9$); $\mathcal{J}_{\text{св}}$ – нормативная массовая доля жира в сухом веществе сыра, %.



Умственная посредственность всегда отличается пассивным консерватизмом и противопоставляет натиску новых идей тупое сопротивление инерции.

ПИСАРЕВ ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ (1840 - 1868),
русский публицист и литературный критик

26.6 МАШИНЫ ДЛЯ ИЗОЛИРОВАНИЯ И СОЗРЕВАНИЯ СЫРОВ

Комплект оборудования М6-ОЛА (рис. 26.11) предназначен для герметичного изолирования сыров в термосвариваемую полиэтиленцеллофановую пленку и со-

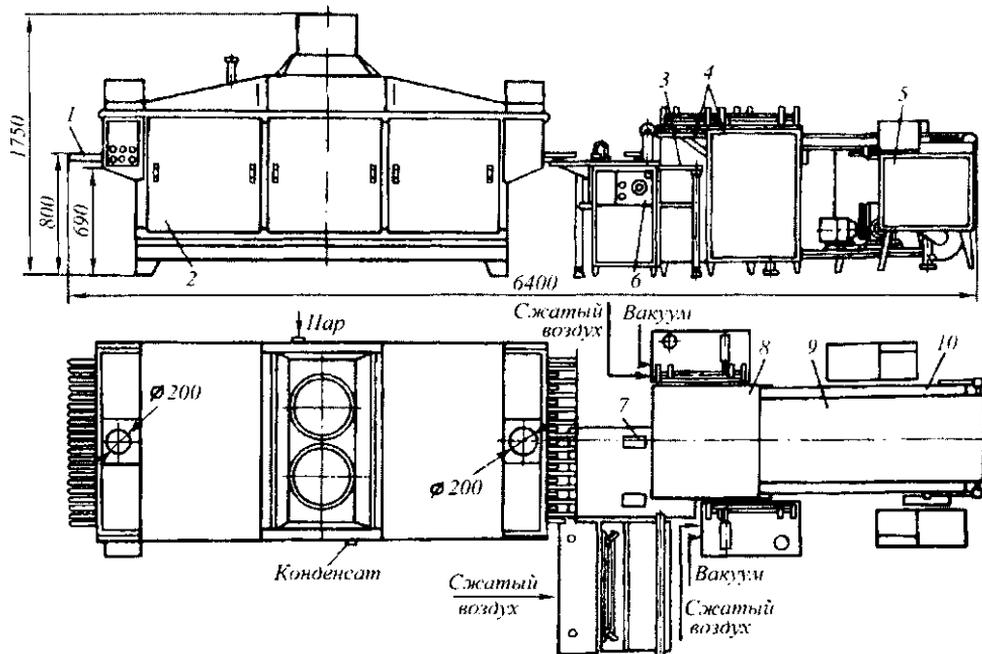


Рис. 26.11 Комплект оборудования М6-ОЛА

Техническая характеристика комплекта оборудования М6-ОЛА

Производительность, кг/ч	800...1000
Вид упаковываемого сыра	голландский, российский
Размеры головок сыра, мм:	
голландского	(280...300)×(140...150)×(100...120)
русского	(320...340)×(150...170)×(100...120)
Изоляционный материал	дублированная пленка полиэтиленцеллофан
Толщина пленки, мм	40...70
Размеры пакетов для сыра, мм:	
голландского	480×280
русского	570×300
Общая установленная мощность, кВт	7,1
Расход пара давлением 0,2 МПа, кг/ч	60...75
Расход сжатого воздуха давлением 0,6 МПа, м ³ /ч	3,5
Габаритные размеры, мм	6400×2250×1750
Масса, кг	2100

стоит из подающего конвейера 1, машины М6-ОЛА/1 для обсушки сыров 2, приемного стола 3, вакуумной машины 4, пульта управления 5, машины для сварки пакетов 6, стойки призмного стола 7, стола-конвейера 8, ленты конвейера 9 и машины М6-ОЛА/2 с конвейером 10.

Конвейер М6-ОЛА/2 (рис. 26.12) состоит из станины с каркасом 1, рабочей ленты 4, натяжных станций и барабанов 3, привода 5 и столика 2 для размещения пакетов с сырами во время вакуумирования.

Техническая характеристика конвейера М6-ОЛА/2

Скорость транспортирования, м/мин	1,45
Длина рабочей поверхности ленты, мм	1600
Ширина ленты, мм.....	600
Мощность двигателя привода, кВт	0,8
Частота вращения вала двигателя, мин ⁻¹	1000
Габаритные размеры, мм.....	2345×840×975
Масса, кг.....	300

Вакуумная машина ВУМ-5 (рис. 26.13) предназначена для изолирования пищевых продуктов в пакетах под вакуумом и состоит из корпуса 1, внутри которого расположен силовой привод, состоящий из двух пневмоцилиндров 3 и 5, пневматической аппаратуры и приборов управления. Пневмоцилиндры силового привода связаны тягами с прижимными 4 и сварочными 2 губками. Снаружи корпус машины закрыт съемными стенками 6. На боковой поверхности машины расположены два штуцера для подключения машины к воздушной и вакуумной магистрали и колодка для подключения к машине электропитания. Здесь же расположены контактный вакуумметр и кнопка управления.

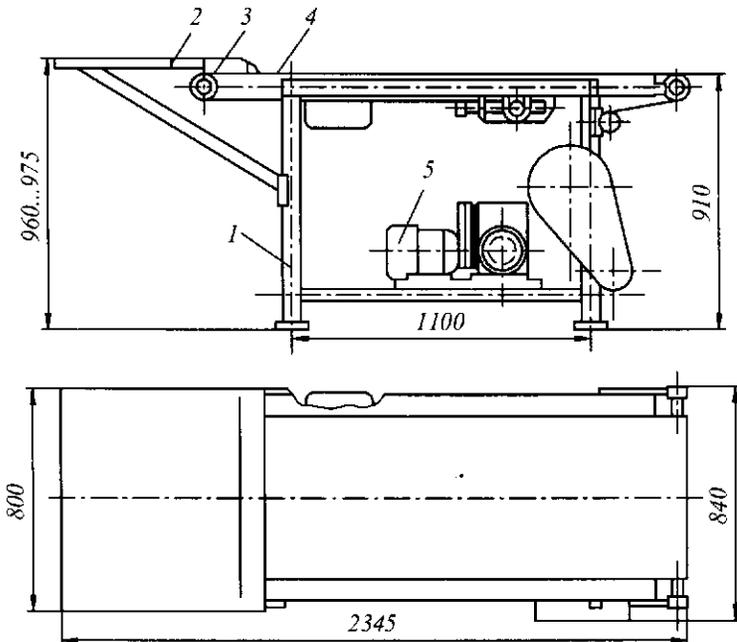


Рис. 26.12 Конвейер марки М6-ОЛА/2

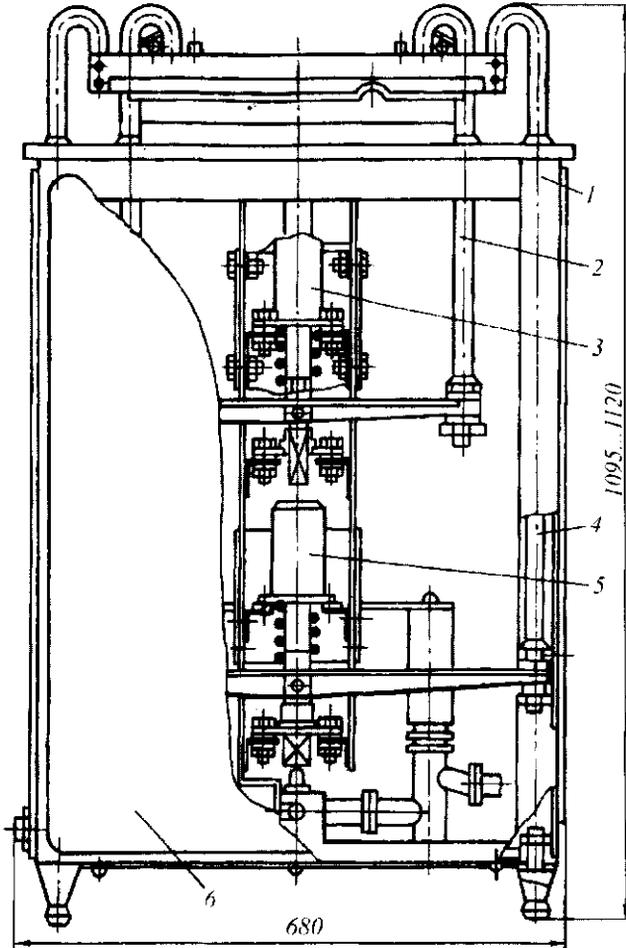


Рис. 26.13. Вакуумная машина ВУМ-5

Для нанесения на поверхность сыров защитных покрытий из полимерно-парафинового сплава применяют различного типа парафинеры. Принцип их действия состоит в погружении головки сыра в сплав, находящийся в специальной ванне. Температура расплава в заданных пределах поддерживается автоматически.

Парафинер карусельного типа РЗ-ОПК-П (рис. 26.14) предназначен для нанесения защитного полимерно-парафинового покрытия на следующие виды твердых сыров: российский малый, степной, костромской, пошехонский, голландский брусковый, углический и др.

Парафинер состоит из следующих основных узлов: несущей рамы 1 с регулирующими по высоте опорами, ванны 2 для расплава с теплоизоляцией, электрических нагревателей, размещенных непосредственно в ванне, пневматического привода 5 со штоком 6, установленным в цилиндрической шестерне 9 с помощью поводка 10, а также шести держателей сыра 3, механизма поворота держателей 4, направляющей держателей 7 с подъемником 8, шкафа 11 с приборами управления.

Техническая характеристика вакуум-упаковочной машины ВУМ-5

Производительность, пакетов в час	60...80
Длина сварного шва, мм.....	500
Подвод теплоты	односторонний
Рабочая нагрузка на шов, МПа.....	0,05...1,00
Мощность, кВт.....	0,9...1,2
Продолжительность, с:	
сварки	1...3
выдержки под давлением после сварки	1...3
Тип нагревательного элемента	нихромовая лента
Размеры нагревательного элемента, мм:	
толщина	0,2...0,6
ширина	3
Остаточное давление в пакете, кПа.....	2
Давление сжатого воздуха, МПа.....	0,6
Расход сжатого воздуха, м ³ /ч.....	1
Габаритные размеры, мм.....	680×370×1120
Масса, кг.....	134

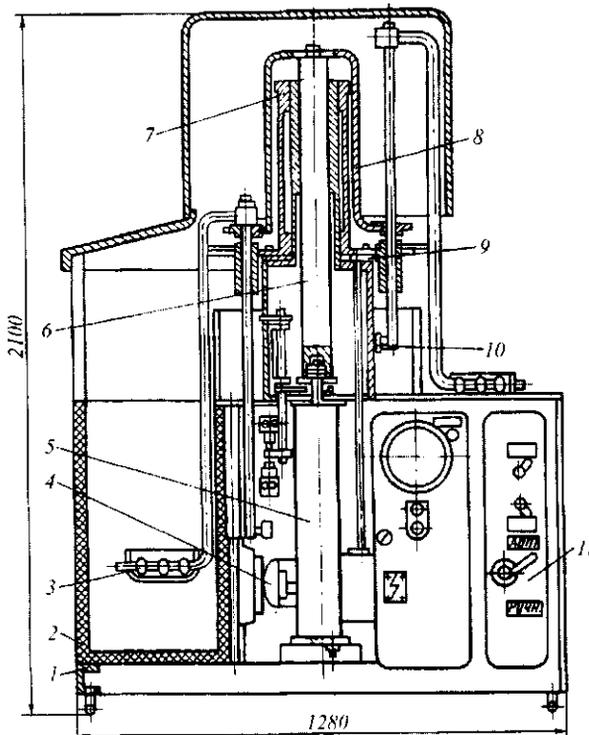


Рис. 26.14 Парафинер карусельного типа РЗ-ОПК-П

Сыр укладывают на поднятый в крайнее положение держатель, карусель поворачивается, и в момент ее выстоя пневмоцилиндр опускает держатель с головкой в расплав. Остальные держатели удерживаются в верхнем положении специальной колодкой. При обратном ходе штока пневмоцилиндра держатель с сыром поднимается из расплава и карусель поворачивается на 60°. За полный поворот карусели расплав остывает, формируется слой защитного покрытия, после чего сыр снимают с держателя и на его место укладывают новую головку.

Техническая характеристика карусельного парафинера РЗ-ОПК-П

Производительность, головок в час	400
Масса загружаемого расплава, кг	170
Рабочая температура расплава, °С	155...165
Вместимость ванны для расплава, дм ³	195
Продолжительность цикла, с	9
Число держателей	6
Тип привода	электропневматический
Рабочее давление воздуха, МПа	0,3...0,5
Расход воздуха, м ³ /ч	24
Общая установленная мощность, кВт	10,5
Габаритные размеры, мм	1280×2100
Масса, кг	650

Сыр для посолки доставляется в соляные бассейны специальными контейнерами, которые погружаются в бассейны с рассолом и выгружаются из них при помощи тельфера.

Контейнер Т-480 (рис. 26.15) предназначен для размещения сыров на период созревания и хранения.

Контейнер состоит из сварной рамной конструкции 2 с основаниями 1 и 3, имеющей направляющие, в которые вдвигаются деревянные полки 4 размером 1000×85×200 мм. В нижней части контейнера имеются специальные приспособления для введения вилок механических захватов транспортных средств, например, электро- или автопогрузчиков.

Конструкция контейнеров позволяет устанавливать их в трехъярусный штабель. Металлические части выполнены из коррозионно-стойких материалов либо имеют антикоррозионное покрытие.

Применение контейнеров и механических транспортных средств позволяет механизировать транспортирование сыров из соляного помещения в камеры созревания и складские помещения без дополнительных перегрузок.

При трехъярусном размещении в камерах на площади в 1 м² размещается до 1350 головок сыра.

Техническая характеристика контейнера Т-480

Число полок	5
Общая масса сыра, размещаемого в контейнере, кг	450
Масса сыра, размещаемого на одной полке, кг	90
Габаритные размеры, мм	1104×898×1230
Масса контейнера с полками, кг	95,5

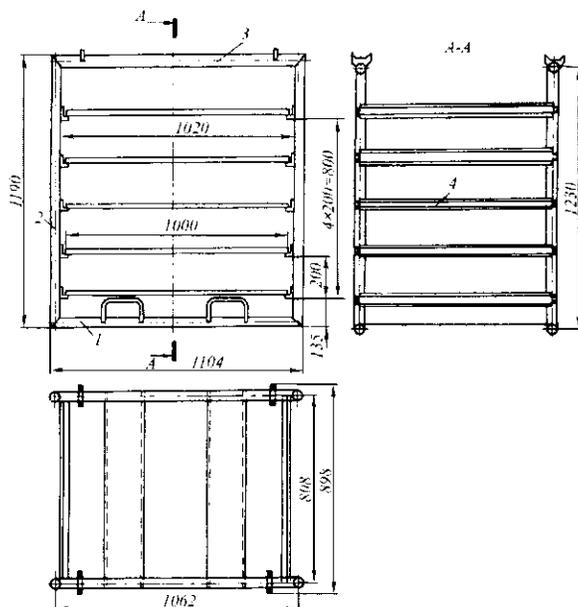


Рис. 26.15. Контейнер Т-480

Контейнер Я1-ОСБ (рис. 26.16) предназначен для размещения головок круглого голландского сыра на период созревания и хранения.

Контейнер состоит из сварной рамной конструкции, выполненной из труб диаметром 42 и 95 мм, на которых закреплены направляющие для семи полок 2. Для обеспечения устойчивости при установке в штабель к каркасу 1 приварены планки, позволяющие предупредить их смещение. Полки с обеих сторон имеют специальные углубления, предотвращающие смещение сыров.

Для переворачивания контейнера с сырами на 180° имеется специальное устройство, которое навешивается на электропогрузчик.

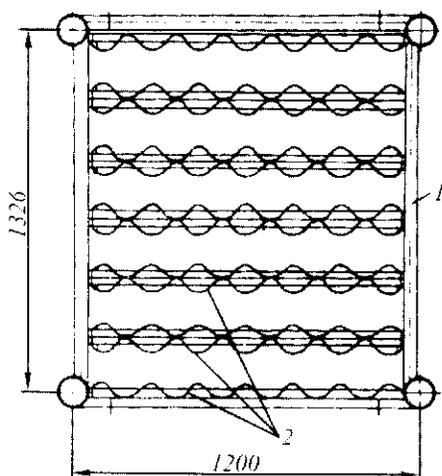


Рис. 26.16 Контейнер Я1-ОСБ

При оснащении камер для созревания сыров контейнерами типа Т-480 значительная часть площади и объема используется нерационально. Необходимо оставлять значительные свободные площади для движения транспортных средств, например электропогрузчиков. Возможно увеличить полезную нагрузку камер созревания применением механических стеллажей-накопителей.

Техническая характеристика контейнера Я1-ОСБ

Число полок	7
Вместимость, головок	180
Грузоподъемность, кг	450
Габаритные размеры, мм	1200×890×1326
Масса, кг	150

Инженерные расчеты. С помощью материального баланса определяют экономические показатели биотехнологических процессов и способов производства. При этом уравнение баланса сырья и вырабатываемых из него продуктов имеет вид

$$m_c = m_z + m_n + m_{ном},$$

где m_c , m_z , m_n – масса соответственно сырья, готового и побочного продуктов, кг; $m_{ном}$ – производственные потери, кг.

После обработки масса получаемых продуктов меньше массы переработанного сырья. Разницу между ними составляют производственные потери. Производственные потери n (%) выражают также в процентах от количества переработанного сырья

$$n = (m_{ном} / m_c) \cdot 100,$$

откуда

$$m_{ном} = m_c (n / 100).$$

Тогда первое уравнение примет вид

$$m_c = m_z + m_n + m_c (n / 100).$$

Второе уравнение материального баланса составляют по массе сухих веществ молока или отдельных составных частей.

Если составные части молока не претерпевают химических изменений в ходе технологических процессов, то количество их в сырье должно быть равно количеству в готовом и побочном продуктах. Баланс составных частей молока при его переработке можно составить так

$$m_c (c_c / 100) = m_z (c_z / 100) + m_n (c_n / 100) + m_{ном.ч},$$

или

$$m_c c_c = m_z c_z + m_n c_n + m_{ном.ч} \cdot 100,$$

где c_c , c_z , c_n – массовая доля составных частей молока, соответственно, в сырье, в готовом и побочном продуктах, %; $m_{ном.ч}$ – потери составных частей молока, кг.

Потери выражают в процентах от составных частей молока, содержащихся в сырье,

$$m_{ном.ч} = m_c [c_c n_c / (100 \cdot 100)],$$

где n_c – потери составных частей молока, %.

После подстановки $m_{ном.ч}$ в уравнение баланса составных частей молока при его переработке второе уравнение материального баланса примет вид

$$m_c(u_c/100) = m_r(u_r/100) + m_n(u_n/100) + m_c[u_c n_q / (100 \cdot 100)]$$

или

$$m_c u_c = m_r u_r + m_n u_n + m_c u_c (n_q / 100).$$



Чтобы с пользой учить других, нужно, прежде всего, учиться самому педагогу, учиться до глубокой старости.
ПАТОН ЕВГЕНИЙ ОСКАРОВИЧ (1870–1953),
ученый в области сварки и мостостроения,
академик АН СССР

26.7 ТЕХНИКА БУДУЩЕГО: НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Устройство для массирования мяса (Пат. № 95114757 РФ, А22 С9/00) может быть использовано при производстве мясных соленых изделий на стадии посола.

На рис. 26.17 изображено устройство для массирования мяса, общий вид; на рис. 26.18 – положения вращения емкости при различных углах поворота: $a - 0^\circ$, $b - 90^\circ$, $в - 180^\circ$, $г - 270^\circ$. Устройство для массирования мяса включает раму 1, емкость 2, закрепленную на горизонтальном валу 3, установленном в опорах вращения 4, герметичную крышку 5 для загрузки и выгрузки сырья, привод и пульт управления 6.

Емкость 2 имеет форму правильного тетраэдра и закреплена гранями 7 и 8 на горизонтальном валу 3, причем ось вращения тетраэдра проходит через его центр тяжести параллельно одной из граней.

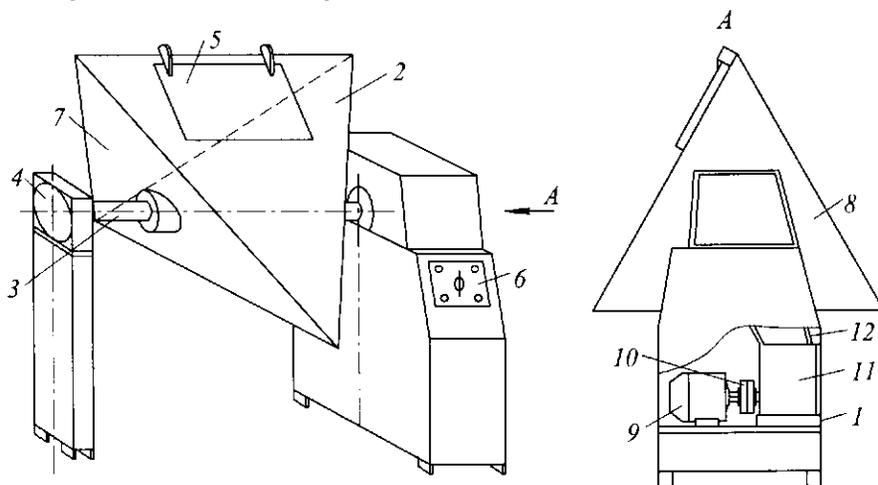


Рис. 26.17 Устройство для массирования мяса

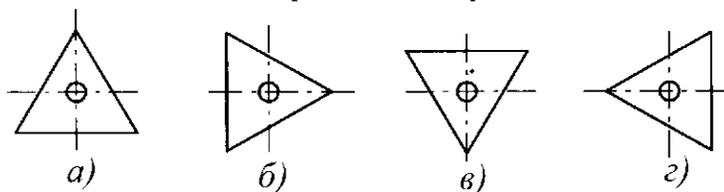


Рис. 26.18 Положение вращения емкости при различных углах поворота

Привод устройства состоит из электродвигателя 9, муфты 10, червячного редуктора 11, клиноременной передачи 12 и расположен внутри одной из стоек рамы 1.

Пульт управления 6 выполнен в виде отдельного блока, состоит из реле времени, кнопок управления, сигнальных ламп и пусковой аппаратуры (не показано) и смонтирован на стойке рамы 1.

Продолжительность массирования мяса задается с помощью реле времени в пределах 0...180 мин. Дополнительно устройство снабжено блоком конечных выключателей, с помощью которых обеспечивается остановка емкости 2 в требуемых положениях, например в положении загрузки или выгрузки сырья.

В начале работы в емкость 2, установленную в положении загрузки (крышкой вверх) и с открытой крышкой 5, загружают предварительно нашпицованное рассолом мясо, добавляют в емкость 2 недостающее количество рассола (до 15 % к исходной массе сырья), закрывают герметично крышкой 5, с помощью реле времени на пульте управления 6 задают необходимый интервал обработки, например 60 мин. Затем нажатием кнопки «Пуск» на пульте управления 6 включают привод устройства. Вращение от электродвигателя 9 через муфту 10, червячный редуктор 11, клиноременную передачу 12 и вал 3 передается емкости 2 с частотой вращения 12 об/мин.

Во время вращения емкости 2 относительно горизонтального вала 3 сырье, например куски мяса массой 0,5...1,0 кг, поднимаются гранями вверх на высоту несколько больше угла естественного откоса и далее падают или перекатываются вниз, соударяясь друг о друга и о стенки емкости 2, достигая нижнего положения, затем вновь поднимаются вверх, и далее процесс повторяется и проводится непрерывно на протяжении всего цикла работы. В процессе обработки сырье одновременно с вертикальным перемещением в объеме емкости 2 за счет вращения емкости 2 относительно горизонтального вала 3 совершает горизонтальное перемещение за счет изменения наклона и расположения граней емкости 2 относительно собственной оси вращения. В результате совместного наложения вертикальных и горизонтальных перемещений сырье совершает сложное пространственное движение по объему емкости 2, в результате которого обеспечивается интенсивность и равномерность обработки сырья со всех сторон.

По окончании процесса обработки сырья, например 60 мин, автоматически программным устройством подается сигнал на остановку емкости 2 и далее с помощью конечного выключателя фиксируется в положении загрузки. Затем открывают крышку 5 и сырье самотеком из емкости 2 выгружается в напольную тележку (не показана), которая предварительно устанавливается под ней.

После выгрузки сырья нажатием соответствующей кнопки на пульте управления 6 емкость 2 возвращается в положение загрузки.

Далее цикл работы устройства повторяется.

Устройство для массирования мяса *отличается* тем, что емкость выполнена в форме тетраэдра, а ось вращения проходит через его центр тяжести.

Устройство для массирования костных отрубков (Пат. № 5055192/13 РФ, А22 С9/00) может быть использовано в мясной промышленности, а именно при производстве мясных соленых продуктов на стадии посола.

На рис. 26.19 изображено устройство для массирования костных отрубков; на рис. 26.20 – положения вращающегося барабана при 5 различных углах поворота; a – 0° , b – 90° , c – 180° ; на рис. 26.21 – траектория движения костных отрубков в ходе массирования. Устройство для массирования костных отрубков включает раму 1,

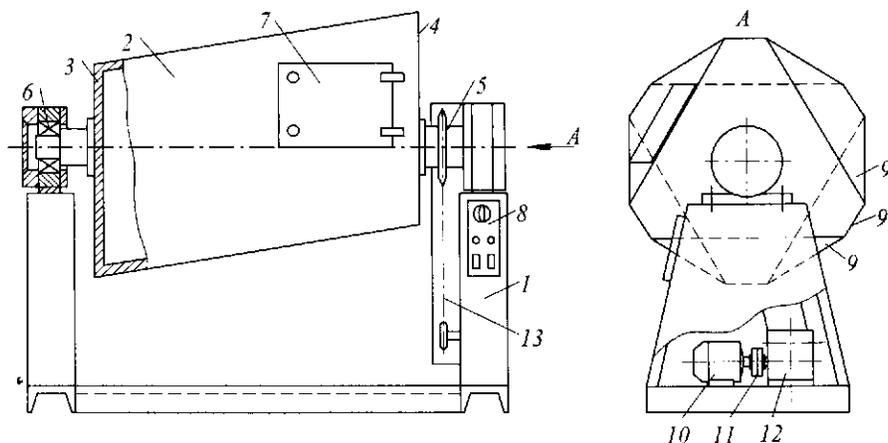


Рис. 26.19 Устройство для массирования костных отрубков

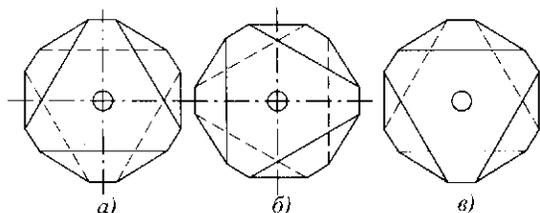


Рис. 26.20 Положения вращающегося барабана

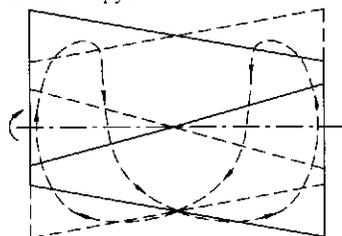


Рис. 26.21 Траектория движения костных отрубков

вращающийся полый барабан 2, имеющий форму призмы, закрепленный торцовыми гранями 3 и 4 на валу 5, установленном в подшипниках 6, крышку 7 для загрузки и выгрузки продукта, привод и пульт управления 8, вращающийся полый барабан 2, имеющий форму призмы, выполнен в виде неравнобокой призмы, у которой боковые грани 9 расположены под углом $15...20^\circ$ к оси вращения вала 5. Торцовые грани 3 и 4 барабана 2, имеющие вид неравносторонних многоугольников, закреплены на валу 5 асимметрично одна относительно другой, причем ось вращения вала 5 совмещена с центрами симметрии этих граней.

Привод устройства состоит из электродвигателя 10, муфты 11, червячного редуктора 12 и цепной передачи 13.

Пульт управления 8 устройства включает реле времени, кнопки управления, сигнальные лампы и пусковую аппаратуру (не показан). Реле времени позволяет задавать продолжительность массирования в пределах $0...180$ мин. Кроме того, устройство снабжено блоком конечных выключателей, с помощью которых обеспечивается остановка вращения барабана 2 в требуемых положениях, например в положении загрузки или выгрузки. Привод и пульт управления устройства смонтированы на раме 1.

В полый барабан 2, установленный в положении крышкой 7 вверх, загружают предварительно насприцованные рассолом костные отруба, например окорока, добавляют недостающее количество рассола (до 15 % к исходной массе), закрывают герметично крышкой 7 и задают с помощью реле времени необходимый интервал продолжительности обработки, например 30 мин. Затем нажатием кнопки «Пуск» на

пульте управления 8 включают привод устройства. Вращение от электродвигателя 10 через муфту 11, червячный редуктор 12, цепную передачу 13 и вал 5 передается барабану 2 с частотой вращения 12 об/мин.

В ходе вращения барабана 2 продукт, например окорока, находящийся внутри, поднимается боковыми гранями 9 вверх на высоту несколько выше угла естественного откоса, затем падает или перекатывается вниз, попадая на одну из нижних боковых граней 9 барабана 2, расположенную относительно горизонтальной оси под углом $15...20^\circ$, и далее, скользя и перекатываясь по ней, перемещается вдоль барабана 2 до упора о торцовую грань 3 или 4 или близкому к этому положению. Затем вновь поднимается боковыми гранями 9 вверх, падает или перекатывается вниз, попадая на наклонную боковую грань 9 и, скользя по ней, вновь перемещается вдоль барабана 2 в направлении, обратном первоначальному, осуществляя таким образом сложное пространственное движение, траектория которого показана на рисунке. В результате такого движения продукту обеспечивается равномерность обработки со всех сторон и одновременно повышается интенсивность процесса массирования.

В устройстве траектория сложного движения продукта достигается: во-первых, благодаря перемещениям в вертикальном направлении за счет вращения барабана 2 относительно горизонтального вала 5; во-вторых, благодаря попеременным перемещениям влево и вправо вдоль барабана 2 за счет наклонно расположенных боковых граней 9 относительно оси вращения вала 5, угол наклона которых составляет $15...20^\circ$. Изменение их наклона на противоположное обеспечивается торцевыми гранями 3 и 4, имеющими форму неравносторонних многоугольников, закрепленных на валу 5 асимметрично один относительно другого, причем ось вращения вала 5 совмещена с центрами симметрии этих граней. За время одного оборота барабана 2 наклон боковых граней 9 меняется на противоположныйратно количеству сторон торцевой грани многоугольника. По окончании времени обработки продукта, например 30 мин, программным устройством подается сигнал на остановку барабана 2, в результате которого производится его фиксация в положении выгрузки, осуществляемая с помощью одного из конечных выключателей блока управления. Далее открывают крышку 7 и продукт самотеком под действием силы тяжести выгружается в заранее установленную под барабан 2 емкость, например наполную тележку (не показана).

После выгрузки продукта нажатием соответствующей кнопки на пульте управления 8 барабан 1 устанавливается в положение загрузки.

Далее цикл работы устройства повторяется.

Устройство для массирования костных отрубков *отличается* тем, что торцевые грани барабана выполнены в виде неравносторонних многоугольников и расположены асимметрично одна относительно другой, причем ось вращения вала совмещена с центрами симметрии этих граней.

Способ смешивания пищевых продуктов и устройство для его осуществления (Пат. № 4895449/13 РФ, А22 С5/00) предназначено для смешивания пищевых продуктов, преимущественно мяса, в процессе посола или массирования.

На рис. 26.22 изображен барабан и соответствующие узлы по изобретению. Устройство для переработки пищевых продуктов содержит вращающийся барабан 1, установленный на опорах 2 и 3, прикрепленных к раме 4. Продольная ось барабана 1 наклонна преимущественно под углом в диапазоне $10...15^\circ$ относительно горизонтали.

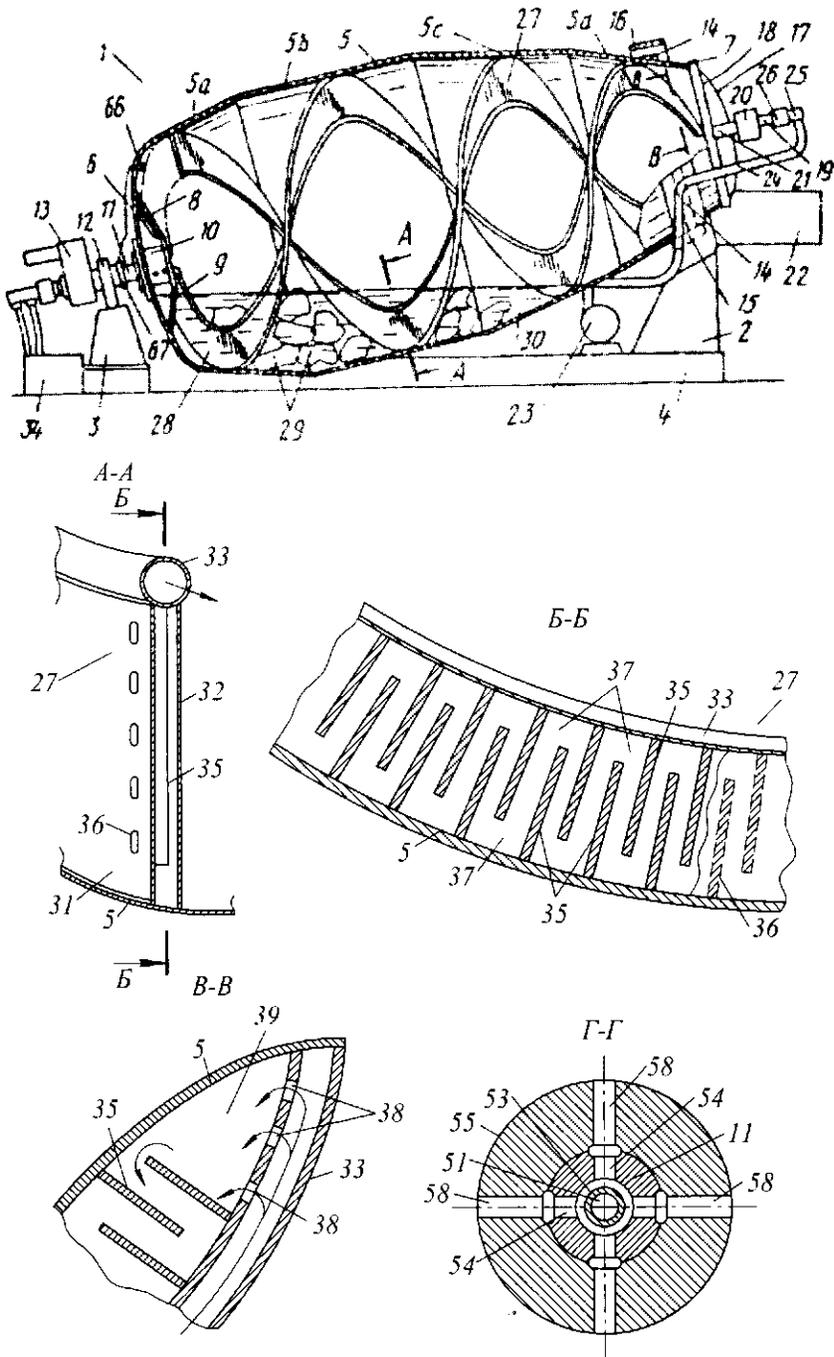


Рис. 26.22 Барабан

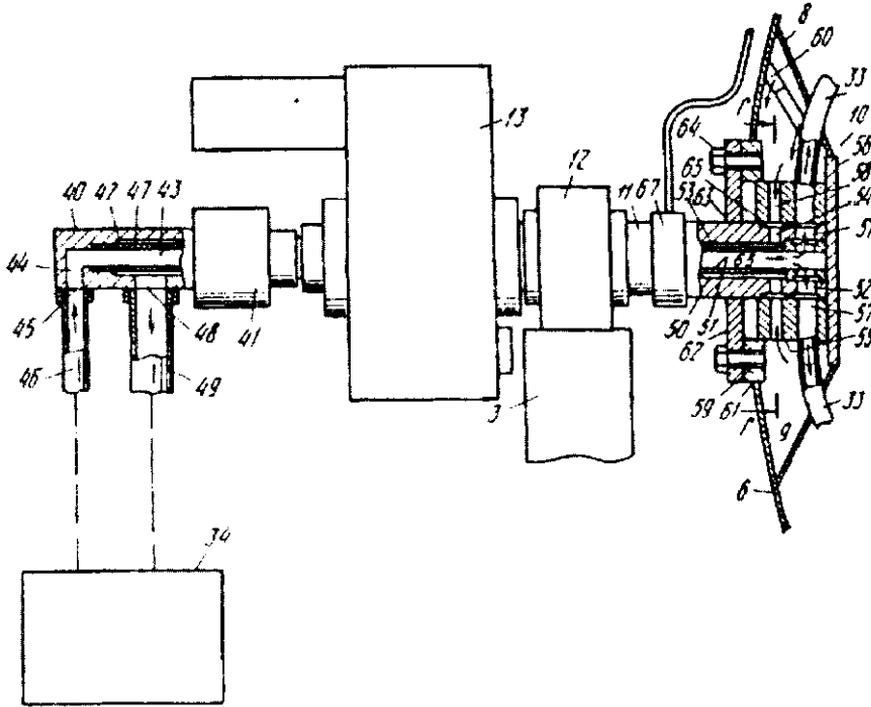


Рис. 26.22 (Продолжение)

Барaban 1 имеет стенку 5 из нержавеющей стали, отделанной обработанными стеклянными шариками. Стенка 5 барабана состоит из четырех сегментов 5a, 5b, 5c и 5d.

Сегмент 5a имеет форму расширяющегося наружу конуса от закрытого торца 6 барабана, переходя в центральный сегмент 5b большего, относительно постоянного, диаметра. Сегменты 5c и 5d постепенно суживаются от сегмента 5 к меньшему диаметру у открытого конца 7 барабана. Закрытый торец 6 барабана 1 имеет прикрепленную 40 к нему изнутри коническую стенку 8. Внутренняя камера 9 образована конической стенкой 8 и закрытым торцом 6. Цилиндрическое отклоняющее кольцо или муфта 10, описанные подробно ниже, расположены в центре конической стенки 8. В отклоняющее кольцо 10 входит вал 11, установленный в подшипниковом узле 12 на опоре 3. Двигатель 13, описанный в патенте США № 4657771, может быть гидростатического типа, он непосредственно вращает вал 11.

На другом конце барабана 1 имеется дорожка 14, проходящая по окружности наружной поверхности сегмента 5d стенки барабана, которой он опирается на ролики 15, установленные в верхней части опоры 2. Экран 16 закрывает дорожку 14. При включении двигателя 13 вал 11 вращается в подшипниковом узле 12, а дорожка 14 бежит по роликам 15, при этом барабан 1 вращается, осуществляя заданную переработку пищевых продуктов.

Открытый конец 7 барабана 1 уплотняется дверцей 17, выполненной в виде круглой плиты. Круглый усиленный фланец 18 вокруг наружной части дверцы 17 примыкает к конической кромке (не показана), выполненной на фланце (не показан), приваренном к открытому торцу 7 барабана.

Труба 19, выступающая из прохода (не показана) в центре дверцы, имеет переднюю секцию 20, к которой крепится рычаг 21. Рычаг 21 проходит над поверхностью дверцы 17 и вокруг фланца 18 до шарнира вокруг подвески на монтажной конструкции (не показана), расположенной сбоку барабана у стенки сегмента 5*d*. Таким образом, дверцу 17 можно открывать, используя рычаг 21, обеспечивая при этом доступ внутрь барабана 1, или дверцу можно закрывать, уплотняя барабан. Бункер 22 расположен непосредственно под дверцей. При необходимости в качестве привода рычага 21 можно использовать поршневой механизм с пневмосистемой, который монтируется на конструкции, на которой установлен рычаг управления дверцей. Конструктивные особенности и принцип действия дверцы 17, включая устройство усиливающего фланца 18 на дверце, армирующего фланца вокруг открытого конца 7 барабана и рычага дверцы, а также его монтажную конструкцию, описаны в патенте США № 4657771.

Вакуумный насос 23, установленный на раме 4 под барабаном 1, используется для создания разрежения внутри барабана с помощью гибкой вакуумной трубки 24. Гибкая вакуумная трубка 24 подсоединена одним концом к всасывающему концу насоса 23, а другим концом через угольник 25 – к вращающейся муфте 26, установленной на конце трубы 19. Наличие муфты 26 позволяет барабану 1 вращаться относительно вакуумной трубки 24. При необходимости клапан (не показан) можно установить в трубе 19 для регулирования прохода через трубу при создании разрежения в барабане, а также для изоляции внутренней части барабана от вакуумного насоса.

На внутренней поверхности барабана 1 имеется пара спиральных лопастей 27 и 28, проходящих внутри барабана по длине от закрытого торца 6 через сегменты 5*a*...5*d* до открытого конца 7 барабана. Когда барабан функционирует, отдельные куски пищевого продукта 29, например куски мяса, загружают в барабан вместе с определенным количеством солящего агента, такого как рассол. При вращении барабана 1 лопасти 27 и 28 перемещаются таким образом, чтобы осуществить необходимое перерабатывающее продукт действие. Лопастей, расположенных одна против другой, имеют скошенную переднюю кромку под определенным углом относительно сегментов 5*a*...5*b* стенки барабана, которая при вращении барабана в первом направлении заставляет куски пищевого продукта внутри барабана стремиться к закрытому концу 6 барабана, а вращение барабана в противоположном направлении заставляет продукты перемещаться в сторону открытого конца 7 барабана. Когда дверца 17 на конце 7 барабана открыта, то вращение барабана в направлении, при котором пищевые продукты перемещаются в сторону открытого конца барабана, приведет к выгрузке продуктов через открытый конец барабана в бункер 22, откуда пищевой продукт можно подать в соответствующее устройство для его удаления.

Основной особенностью изобретения является наличие средства, предназначенного для регулирования температуры внутри барабана 1 во время переработки продукта. Для этого лопасти 27 и 28 имеют двустенную конструкцию с полостью внутренней частью, по которой проходит жидкость, регулирующая температуру. Любой температурный перепад между жидкостью и внутренней частью барабана является результатом теплопередачи через ребра, обеспечивая при этом регулирование температуры во время переработки пищевых продуктов за счет изменения температуры жидкости.

Двойная стенка лопасти 27 показана на рис. 26.22. Лопасть 27 выполнена из двух пластин 31 и 32, приваренных к стенке 5 барабана на расстоянии друг от друга параллельно. Трубчатый элемент 33 прикреплен к верхней части двух пластин 31 и

32, образуя камеру между двумя пластинами. Трубчатый элемент 33 выполняет роль подающей трубы для жидкости, регулирующей температуру, которая поступает из резервуара 34 у приводного конца барабана 1 и проходит к открытому концу 7 барабана, где эта жидкость возвращается через камеру между пластинами 31 и 32 в резервуар 34.

Для того, чтобы в максимальной степени использовать теплообменные свойства лопасти 27 (а также лопасти 28) имеются ряды перегородок 35, приваренных точечной сваркой в местах 36 к пластинам 31 и 32. Перегородки 35 воздействуют на поток регулирующей температуру жидкости, протекающей внутри лопасти, создавая вихревые зоны, равномерно распределяющие жидкость на внутренней поверхности пластин 31 и 32, тем самым обеспечивая более равномерную теплопередачу к наружным поверхностям пластин. На рис. 26.23 видно устройство перегородок 35. Трубчатый элемент 33 расположен в верхней части лопасти 27, а стенка 5 барабана – в нижней ее части. Как легко представить, в местах 37 имеет место вихревое движение жидкости. Лопать 28 имеет аналогичную конструкцию.

На рис. 26.23. (Продолжение) представлено соединение тракта подвода жидкости, регулирующей температуру, выполненного в виде трубчатого элемента, с трактом возвратного течения, образованным перегородками 35, прикрепленными к пластинам 31 и 32. Подающий тракт 33 суживается в сторону стенки 5 у открытого конца 7 барабана. Эта суживающая конфигурация показана на рис. Как показано на рис. в месте перед пересечением патрубка 33 со стенкой 5 барабана 1 имеется несколько отверстий 38, расположенных между внутренней полостью тракта и пространством между пластинами 31 и 32. Перегородки отодвинуты от этой небольшой секции ребер для образования камеры 39, в которой собирается жидкость, выходящая из подающего тракта 33. От этого места жидкость возвращается по ребру в резервуар 34. На рис. 26.23. показано устройство элементов системы регулирования температуры, определяющей подачу жидкости от приводного конца барабана 1 к лопастям 27 и 28. В приводном конце имеется вал 11, на который опирается барабан, также имеется подшипник 12, закрепленный на опоре 3, в котором вращается вал. Для вращения вала имеется двигатель 13. Конец вала 11 соединен с трубопроводом 40 через вращающуюся муфту 41. Эта муфта позволяет валу 11 вращаться соосно трубопроводу, который остается неподвижным. В центральной части трубопровода 40 имеется полость 42, через которую проходит труба 43. Эта подающая труба 43 вставлена в Г-образный канал 44 в задней части трубопровода. Канал 44 заканчивается входным проходом 45, который соединен с впускной трубой 46, отходящей от резервуара 34. Внутренняя поверхность полости 42 и наружная поверхность подающей трубы 43 образует кольцевой канал 47, который предназначен для возвратного потока. Кольцевой канал 47 соединен каналом 48 с выходной трубой 49, которая введена в резервуар 34.

Способ смешивания пищевых продуктов, преимущественно мяса, отличается тем, что подачу осуществляют в барабан, снабженный средством для подвода и отвода теплоносителя и полыми спиральными лопастями для его циркуляции, при этом в процессе смешивания поддерживают заданную температуру путем контактирования с этими лопастями. Устройство для смешивания пищевых продуктов отличается тем, что оно снабжено средством подачи и удаления теплоносителя, включающим средство контроля температуры, служащее для поддержания заданной температуры теплоносителя, спиральные лопасти соединены со средством контроля

температуры и выполнены полыми, по меньшей мере, из двух сообщающихся секций для циркуляции теплоносителя, причем одна из секций служит для непрерывной подачи теплоносителя, а другая – для его возврата.

Устройство *отличается* тем, что секция лопасти, служащая для возврата теплоносителя снабжена перегородками и приспособлением для соединения со средством контроля температуры; *отличается* тем, что оно снабжено датчиками температуры, взаимосвязанными со средством контроля температуры.

* * *

В этой главе наиболее важными являются следующие моменты:

1. В фазе созревания пива, кроме дображивания, присутствуют еще два процесса: насыщение пива диоксидом углерода под избыточным давлением и осветление пива, т.е. отделение его от всех образующих муть веществ.

2. В основе процесса созревания мяса лежат механизмы автолитических превращений биохимических веществ, результатом которых являются положительные изменения потребительских свойств мяса: консистенция, сочность, аромат и вкус.

3. Движущей силой процессов созревания молочных продуктов являются ферменты молока, сычужный фермент, а также ферменты микроорганизмов.

4. В основу машинной технологии сыров положены закономерности комплекса биохимических, микробиологических и физико-химических процессов созревания молока сливок и сыров.

5. Классификация оборудования для созревания пищевых сред и методика инженерных расчетов есть основа для разработки прогрессивных конструкций, обеспечивающих оптимальные технологические параметры процессов обработки растительного и животного сырья.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие закономерности лежат в основе процесса созревания мяса?
2. Почему процессы созревания мяса протекают интенсивнее под влиянием препаратов протеаз?
3. От каких факторов зависят сроки созревания мяса?
4. Какие способы обработки мяса протеолитическими ферментами вам известны?
5. Какова классификация оборудования для созревания мяса?
6. Каков принцип действия и каково устройство машин для массирования мясного сырья?
7. От каких параметров зависит производительность машин для массирования?
8. Какие устройства используют для выдержки мяса в посоле в камерах созревания?
9. Что представляет собой унифицированная тележка Я2-ФИЦ1В?
10. С какой целью используется механический стеллаж РЗ-ФВН в камерах созревания?
11. Какие конструкции камер созревания вам известны?
12. Из каких основных узлов состоят среднетемпературные камеры созревания?
13. Какова температура воздуха в камере созревания мяса?
14. От каких факторов зависит продолжительность охлаждения при созревании мяса?
15. Что представляет собой «кратность воздухообмена»?
16. Какие факторы обуславливают эксплуатационные теплопритоки?
17. С какой частотой вращается рабочий орган машины для массирования мяса Я2-ФММ?
18. Как определяется условная средняя температура в камере созревания мяса?
19. Каким образом происходит созревание сливок и что представляет собой сливкосозревательный резервуар?
20. Каков принцип работы и каково устройство парафинера карусельного типа?

УПРАЖНЕНИЯ

Предложите в виде эскизов Ваши решения инженерных задач, связанных с развитием конструкций оборудования для созревания пива;

- аппаратов для массирования и созревания мяса;
- сливокосозревательных аппаратов и творожных ванн;
- машин для изолирования и созревания сыров.

Эти решения должны предполагать совершенствование, модернизацию оборудования с целью достижения одного или нескольких следующих результатов:

- повышение производительности;
- повышение качества продукции;
- улучшение условий труда рабочего с точки зрения эргономики, техники безопасности и охраны

труда;

- экономию времени на санитарное обслуживание оборудования;
- экономию времени на техническое обслуживание оборудования;
- экономию энергоресурсов;
- экономию конструкционных материалов;
- повышение технологичности конструкции с точки зрения изготовления и ремонта;
- улучшение дизайна оборудования;
- снижение себестоимости продукции другими, кроме перечисленных выше, путями.

Вместе с этими, преимущественно машиноведческими, аспектами рассмотрите возможность развития конструкций машин и аппаратов с точки зрения повышения качества самих технологических процессов, которые реализуются этим оборудованием. Речь идет об увеличении точности, устойчивости, надежности, управляемости и стабильности технологических процессов, а также о снижении их чувствительности к возмущающим факторам окружающей среды.

По результатам Вашей работы сделайте заключение о том, в какой мере Ваши предложения повышают готовность машин и аппаратов к эффективной автоматизации данных технологических процессов.



Встарь богатейшими странами были те,
природа которых была наиболее обильна;
ныне же богатейшие страны – те, в которых
человек наиболее деятелен.
*БОКЛЬ ГЕНРИ ТОМАС (1821–1862),
английский историк*

Глава 27

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОПЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Копчение мяса – обработка мясопродуктов пропитыванием коптильными веществами. Продукт при копчении претерпевает изменения, связанные не только с воздействием коптильных веществ, но и с температурным режимом и продолжительностью обработки. Мясопродукты коптят при разном режиме: 18...20 °С (холодное копчение); 35...50 °С (горячее копчение); 72...120 °С (запекание в дыму). Для получения дыма используют следующие породы древесины (в порядке убывающей технологической ценности): бук, дуб, береза, тополь, ольха, осина.

Копчение рыбы – обработка предварительно подсолоненных рыбопродуктов органическими компонентами, образующимися при неполном сгорании (пиролизе) древесины. Для копчения рыбы обычно используют древесный дым (дымовое копчение) или коптильный препарат (бездымное копчение). В результате продукт приобретает специфический цвет, аромат и вкус, а при холодном копчении (при температуре дымовоздушной смеси до 40 °С) – антиокислительный и бактерицидный эффекты. Сырьем для производства копченой продукции являются частиковые рыбы (сом, рыбец, лещ и др.), сельдевые (килька, сельдь, салака), сиговые (омуль, сиг и др.), осетровые, лососевые, скумбрия, ставрида, морской окунь, палтус, хек, камбала и др.



Проблемы важнее решений. Решения могут
устареть, а проблемы останутся.
*БОР НИЛЬС (1885–1962),
датский физик*

27.1 НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА КОПЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

В процессе обработки горячим дымом вареные колбасы, сосиски, сардельки, полукопченые колбасы и рыбы претерпевают ряд весьма важных биотехнологических изменений. Прогрев фарша до 40...45 °С в центре способствует приобретению им по всей толщине розовато-красноватой окраски, поверхность колбасных батонов приобретает красный с коричневым оттенком цвет. Оболочка изделий приобретает прочность, запах копчености и теряет специфический запах. Копчение холодным дымом используют при изготовлении сырокопченых изделий из мяса с целью придания им особых вкусовых качеств и способности противостоять окислительной и микробиологической порче при длительном хранении. В зависимости от температуры тепловой обработки рыбы различают горячее и холодное копчение. В последнее время все чаще используются новые способы копчения – копчение в электрическом поле высокого напряжения (электрокопчение) и бездымное копчение с использованием коптильных препаратов (дымового масла, коптильной жидкости и др.).

Копчение рассматривается как способ обработки продуктов, при котором органолептические показатели изделий и их стойкость к окислительной и бактериальной

порче в значительной степени зависят от химического состава копильного дыма, количества и соотношения копильных компонентов дыма, содержащихся в продуктах по окончании обработки их дымом или копильными продуктами.

Копильный дым состоит из продуктов термического распада и окисления древесины, содержащихся в нем в виде мельчайших капелек и паров, а также большого количества неконденсируемых газов (водород, углекислый газ, оксид углерода, метан и др.). Копильный дым представляет собой аэрозоль, дисперсной средой в котором являются неконденсируемые газы, а также органические соединения, находящиеся при данной температуре в состоянии паров.

Копильные препараты являются перспективным направлением совершенствования технологии и техники копчения пищевых продуктов. К ним относятся: «Аромат копчения», «Вахтоль», «Амофил», «Геркосеф», «Жидкий дым», «Фумаром», «Чарзол», «Смоуктекс» и др. Все копильные препараты делятся на препараты для поверхностной обработки (используют при производстве рыбы холодного и горячего копчения, а также формованных и структурированных продуктов в оболочках) и на препараты для введения внутрь обрабатываемого изделия (путем инъекции для производства различных формованных изделий, в консервах и пресервах).

В процессе копчения принимают участие как дисперсная фаза, так и дисперсионная среда копильного дыма. Копильные компоненты, сосредоточенные в дисперсной фазе, перемещаются в копильной камере вместе с дисперсионной средой под действием тяги и конвекционных токов, а также под действием гравитационной силы, диффузии и радиометрических сил. Скорость осаждения частиц дыма на продукт зависит от их концентрации и степени дисперсности, температурных условий копчения, характера и скорости движения копильной среды и др. Компоненты паровой фазы осаждаются в результате их конденсации на сухую поверхность (если температура поверхности ниже температуры дыма). На влажную поверхность они отлагаются преимущественно в результате абсорбции, скорость которой пропорциональна концентрации органических соединений в паровой фазе дыма и зависит от влажности поверхности продукта.

После отложения компонентов дыма на поверхность продукта начинается их перенос по направлению к центру продукта. Скорость переноса зависит от химической природы копильных компонентов, причем часть их задерживается на поверхности или в тонком поверхностном слое, вступая в реакции взаимодействия с составными частями продукта. Глубина проникновения копильных компонентов зависит от продолжительности процесса копчения, состава, свойств и состояния продукта, температуры копчения и др.

В общем случае процесс копчения может быть представлен системой дифференциальных уравнений, описывающих одновременно протекающие процессы:
уравнение переноса теплоты

$$\partial t / \partial \tau = a \left(\partial^2 t / \partial R^2 + 1/R (\partial t / \partial R) \right) + \epsilon (r / c_{np}) (\partial U / \partial \tau);$$

уравнение переноса влаги

$$\partial U / \partial \tau = k \left(\partial^2 U / \partial R^2 + 1/R (\partial U / \partial R) \right) + k \delta_T \left(\partial^2 t / \partial R^2 + 1/R (\partial t / \partial R) \right);$$

диффузии компонентов копильного дыма

$$\partial c_i / \partial \tau = a_{m_i} \left(\partial^2 c_i / \partial R^2 + 1/R (\partial c_i / \partial R) \right) - \tau_{m_i} \left(\partial^2 c_i / \partial \tau^2 \right), \quad i = \overline{1, N},$$

где t – температура, К; τ – время, с; a – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$; R – радиус, м; ε – критерий фазового превращения; r – удельная теплота фазового превращения, Дж/кг; $c_{пр}$ – приведенная теплоемкость продукта, Дж/(кг·К); U – влагосодержание, кг/кг; k – коэффициент диффузии влаги (массопроводности), $\text{м}^2/\text{с}$; δ_T – относительный коэффициент термодиффузии, 1/К; c – теплоемкость, Дж/(кг·К); i – компонент копильного дыма; N – количество компонентов копильного дыма; a_{mi} – компонент диффузии i -го компонента копильного дыма, $\text{м}^2/\text{с}$; $\tau_{mi} = a_{mi}/v_{mi}^2$ – период (время релаксации) массообмена (концентрационного напряжения); v_{mi} – скорость распространения (переноса) массы i -го компонента копильного дыма, с.

Аромат копчения в значительной степени определяется копильными компонентами, обладающими пряными оттенками запаха, такими, как фенолы (типа метилгваякола, гваякола, эвгенола, анизола, тимолола, диметоксифенола и др.), соединениями типа метилциклопентенолона, отдельными веществами, входящими во фракции фенолов, но не сочетающимися с диазотированной сульфаниловой кислотой и флуоресцирующими в УФЛ, карбонильными соединениями (например, фурфурол, диацетил, бензойный альдегид). Некоторую роль в образовании аромата копченых продуктов играют также компоненты дыма типа метилглиоксаля, пирокатехина и т.п., вступающие с компонентами продукта, в частности с аминокислотами, в реакции окислительного взаимодействия, декарбоксилирования и персаминирования с образованием новых веществ (альдегидов и кетонов).

Вкус и аромат копченого продукта определяется, кроме того, многочисленными химическими изменениями составных частей самого продукта (ферментативные процессы в сырокопченых изделиях, слабое окисление липидов, изменения под действием тепловой обработки и др.).

Скорость протекания процессов окисления жира, развиваемых по механизму цепных вырожденно-разветвленных реакций, пропорциональна числу возникающих при такого рода реакциях свободных радикалов R^+ и ROO^+ .

Бактерицидное действие копильного дыма является результатом комбинированного воздействия высокой температуры дыма, обезвоживания, антисептического действия копильных компонентов дыма и др. Бактерицидная сила различных компонентов дыма зависит от их химической природы.

Содержание микроорганизмов в копченых продуктах зависит от продолжительности копчения. Отмирание микроорганизмов в толще продукта происходит и после окончания копчения, что связано с медленной диффузией бактерицидных компонентов. Копильные компоненты дыма оказывают неодинаковое действие на различные микроорганизмы, в результате чего в остаточной микрофлоре копченостей чаще всего преобладают кокковые формы и молочно-кислые бактерии.



Обыкновенно не те, которые знают много, а те, которые знают мало, всего увереннее заявляют, что та или другая задача никогда не будет решена наукой.

ДАРВИН ЧАРЛЗ РОБЕРТ (1809–1882),

английский биолог и естествоиспытатель

27.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Оборудование для копчения мяса и рыбы непрерывного и периодического действия можно разделить на три основные группы: автокопилки и копильные уста-

новки, универсальные и автоматизированные термокамеры, термоагрегаты и дымогенераторы (рис. 27.1).

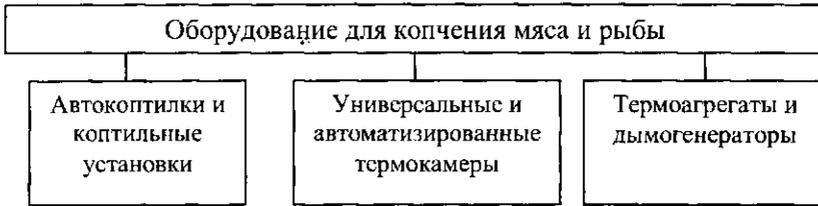
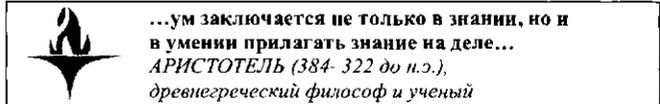


Рис. 27.1 Классификация оборудования для копчения мяса и рыбы

Автокоптилки и коптильные установки могут быть предназначены для холодного, полугорячего и горячего копчения. Универсальные установки для копчения позволяют при изменении режима производить все виды копчения. По конструкции коптильные установки могут быть вертикального или башенного типа, горизонтального – туннельного и камерного, комбинированного – горизонтально-вертикального и роторного типа.

Универсальные и автоматизированные термокамеры предназначены для последовательной обработки одного вида продукции, а также для обработки нескольких видов продукции.

Термоагрегаты и дымогенераторы могут быть расположены в камере, где происходит копчение, или вынесены за ее пределы. В зависимости от способа получения и подвода тепла различаются дымогенераторы с самоподогревом, с электроподогревом, с газовым подогревом, с генерацией дыма в потоке горячего воздуха или перегретого пара, фрикционные.



27.3 АВТОКОПТИЛКИ И КОПТИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Стационарная коптильная камера представляет одноэтажное или многоэтажное кирпичное сооружение. В нижней части расположена топка, где сжигают топливо для получения дыма или обогрева камеры. Она оборудована подвесными путями для подачи продукта на рамах или стойках для их навешивания. На каждом этаже камеры имеются решетки на случай падения изделий. В центре топки укладывают мелко нарубленные дрова и засыпают их опилками, которые зажигают со стороны, обращенной к поддуву. Плотность дыма зависит от количества воздуха, поступающего в топку. Считают нормальным, если воздух поступает в таком количестве, что скорость его движения в коптильной камере не менее 0,12 и не более 0,25 м/с. Относительную влажность в камере поддерживают в пределах 60...65 %.

Стационарная коптильная камера проста в обслуживании, ее удобно загружать, подавая продукт на рамах. Однако копчение в такой камере может быть неравномерным. Это связано с тем, что состав и свойства дыма неодинаковы по высоте.

Автокоптилка малая АМ-360 (рис. 27.2) состоит из многоэтажной вертикальной кирпичной или железобетонной шахты размерами 2,52×3,2 м. Полезная нагрузка

ка автокопилки 12 420 кг. В верхней части располагается привод, который осуществляется от электродвигателя 2 через червячный редуктор 1 и цепную передачу 3. Посредством цепной передачи вращение передается на червячные редукторы 4. На вал червячного колеса этих редукторов насажены приводные звездочки 5, на которые навешиваются две бесконечные пластинчато-шарнирные цепи 10, движущиеся в вертикальном направлении. Цепи соединены между собой траверсами 9 люлечного типа, подвешенными на шарнирах так, что они все время сохраняют горизонтальное положение и предназначены для навешивания копченостей. Скорость движения цепи 0,016 м/с, а шаг между траверсами 900 мм.

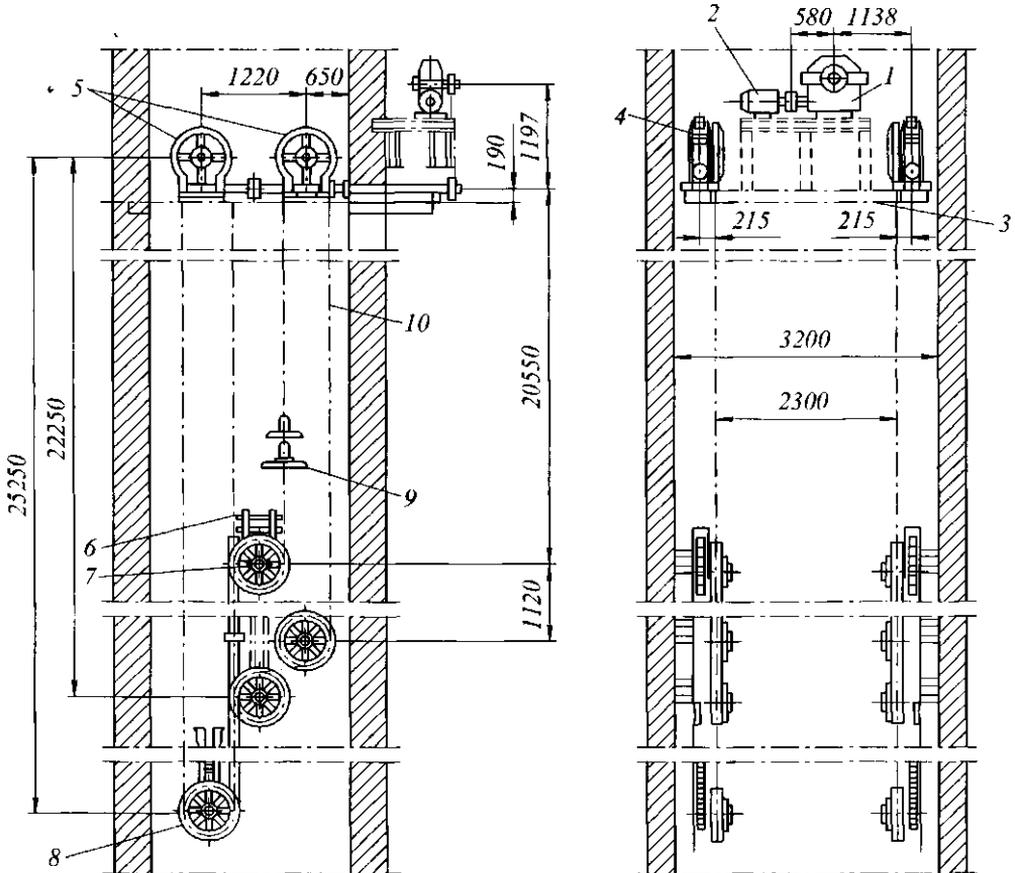


Рис. 27.2 Автокопилка малая АМ-360

Цепи автокопилки натягиваются двумя натяжными станциями 6 грузового типа. Они состоят из оси, вращающейся в двух подшипниках скольжения, смонтированных в ползунах, и двух звездочек 7 и 8, из которых одна фиксируется шпонкой, а другая насажена по скользящей посадке. В целях предотвращения аварии транспортного механизма автокопилки предусмотрено специальное автоматическое устройство, которое включает электродвигатель привода с одновременной световой и звуковой сигнализацией при застопоривании одной из ветвей конвейера.

В нижней части здания шахты расположена топка. От нее дымовоздушная смесь свободно поднимается по всей шахте, равномерно воздействуя на продукт,

вывешенный на траверсе. В верхней части автокоптилки располагается дымовая камера, потолок которой снабжен шиберами для регулирования потока дымовоздушной смеси.

Автокоптилка загружается и выгружается при движущейся цепи после предварительного прогрева шахты. Загрузочные и разгрузочные двери устраиваются в соответствии с расположением технологических отделений. Масса автокоптилки составляет 6300 кг.

Коптильная установка типа AFOS Ltd (Англия) (рис. 27.3) предназначена для копчения мясopодуlтов, птицы и рыбы. Основными элементами установки являются коптильная камера с циркуляционным 5 и вытяжным вентиляторами, теплообменники (основной 4 и дополнительный 10), дымоходы 2 и 6, воздухопроводы, приборы контроля и управления 3. Установка может быть с одной, двумя и четырьмя одностворчатными дверьми. Коптильная камера содержит входную 8 и выходную 11 дымораспределительные решетки. В зависимости от вида продукт на рамах подвешивают или нанизывают на шомполы и устанавливают на тележках 9. Число тележек соответствует числу дверей в камере. Все основные элементы установки изготовлены из нержавеющей стали.

Заданная температура циркулирующей в установке дымовоздушной смеси поддерживается с помощью основного теплообменника в верхней части установки, а при необходимости и дополнительного теплообменника, расположенного в средней части коптильной камеры. Теплообменники могут нагреваться паром, электронагревателями, а также горячей водой температурой 75 °С (только для холодного копчения). Расход пара при давлении 0,02 МПа в зависимости от модели установки составляет 32,4... 288 кг/ч. Объем подаваемой в коптильную камеру дымовоздушной смеси, а также ее влажность регулируются открытием и закрытием шиберов 7 и 12, расположенных в воздухопроводах. Температура, влажность и расход дымовоздушной смеси контролируются автоматически. Потребляемая мощность таких установок составляет от 29 до 187 кВт. Число дымогенераторов 1 в установке (от одного до двух) зависит от ее производительности. Для поддержания температуры топлива

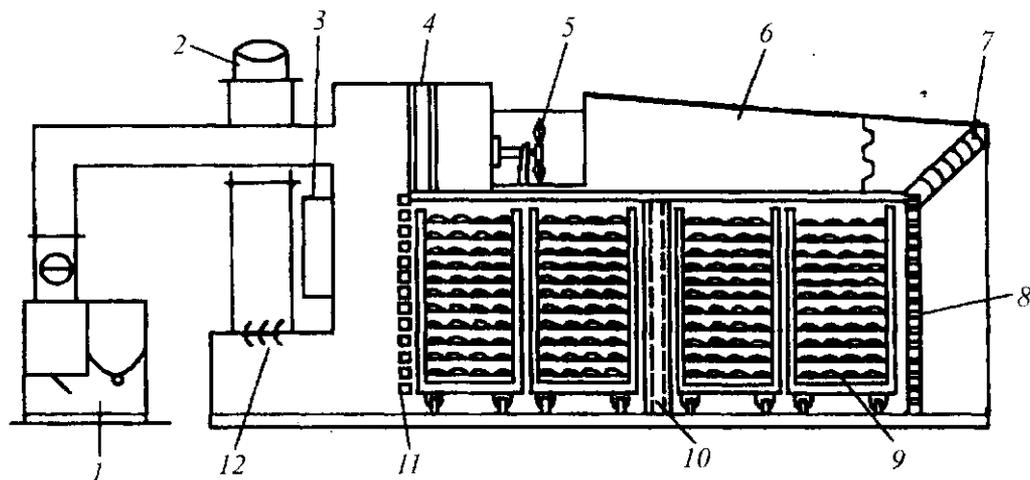


Рис. 27.3 Коптильная установка AFOS Ltd

ниже температуры самовозгорания, а также охлаждения дыма перед подачей его в копильную камеру дымогенератор дополнительно оборудован охладителем, который охлаждается циркулирующей холодной водой и расположен над колосниковой решеткой.

Инженерные расчеты. Производительность копильных установок в расчете на их площадь P_s [кг/(м²·ч)] и на их объем P_v [кг/(м³·ч)] можно определять по следующим формулам:

$$P_s = m / (S \cdot \tau),$$

где m – масса загружаемого сырья, кг; S – площадь, занимаемая установкой, м²; τ – продолжительность оборота, ч;

$$P_v = m / [(V_1 + V_2 + V_3) \tau],$$

где V_1 – объем печи, м³; V_2 – объем дымогенератора, м³; V_3 – объем других устройств, обслуживающих установку (вентиляторы, преобразователи электрического тока, тележки, привод и др.), м³.

Продолжительность оборота копильной установки находят по формуле

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3,$$

где τ_1 – продолжительность загрузки, ч; τ_2 – продолжительность процесса, ч; τ_3 – продолжительность разгрузки, ч.

Расход топлива A (дрова, опилки, стружки и др.), заложенного в копильную камеру, определяется как

$$A = A_1 - A_2,$$

где A_1 – масса топлива, заложенного в копильную камеру, кг; A_2 – масса топлива, не сгоревшего в процессе копчения, кг.

Для определения удельного количества теплоты при копчении Q (кДж/кг) в расчете на единицу выпускаемой продукции пользуются зависимостью

$$Q = (A_1 q_1 - A_2 q_2) / m,$$

где q_1 – низшая теплотворная способность топлива, заложенного в установку, кДж/кг; q_2 – низшая теплотворная способность топлива, выгруженного из установки, кДж/кг.



...Именно творчество – это наивысшее проявление человеческого духа, самый драгоценный источник радости и счастья.
ЭНГЕЛЬГАРДТ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ
(1894–1984), биохимик, академик АН СССР

27.4 УНИВЕРСАЛЬНЫЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕРМОКАМЕРЫ

Термокамеры – тепловые аппараты периодического действия, в которых обрабатываемые изделия находятся в неподвижном состоянии и последовательно подвергаются подсушке, обжарке и варке. Термокамеры подразделяются на варочные, обжарочные, копильные, климатические, охлаждающие и универсальные. Универ-

сальные термокамеры позволяют совмещать большинство тепловых процессов в диапазоне температур до 100 °С.

Термокамеры конструируют по следующим основным принципам: экономичное расходование энергии, повышение пропускной способности за счет более плотного размещения продукции, максимальная точность направления воздушных потоков, точное регулирование температуры и влажности, абсолютная надежность и удобство, выброс газообразных отходов в атмосферу, не превышающий допустимый нормами уровень.

Автоматизированная термокамера Я5-ФТГ (рис. 27.4) предназначена для тепловой обработки вареных и полукопченых колбас, сосисок и сарделек. Термокамера Я5-ФТГ имеет три модификации: односекционная – Я5-ФТГ-01, двухсекционная Я5-ФТГ-02 и трехсекционная Я5-ФТГ-03, техническая характеристика которых приведена в табл. 27.1.

Термокамера Я5-ФТГ-03 состоит из трех секций, трубопроводов, воздухопроводов 4 и 8, щитов управления, обеспечивающих единый технологический цикл тепловой обработки колбасных изделий.

Термокамера представляет собой сборную конструкцию, состоящую из торцевых панелей 20 с установленными в них дверями, наружных 3 и внутренних 7 боковых панелей, на которых расположены калориферы 15, напорных воздухопроводов 16 и распределителей воздуха 18. Панели представляют собой сварную раму 1, заполненную теплоизоляционным материалом 2. С внутренней стороны их облицовывают листовым алюминием, с наружной – листовой сталью.

На потолочной панели 9 смонтированы вентиляторные установки, состоящие из вентилятора 10, электродвигателя 12, подшипникового узла 11, воздуховода подсоса воздуха, дыма и воздуховода для выброса воздуха в атмосферу.

На потолочной панели в камере установлены воздухопроводы отсоса рабочей среды на рециркуляцию и воздухопроводы выброса части влажной рабочей среды. Для регулирования количества воздуха и дыма, а также влажной рабочей среды, которую необходимо удалить, установлены заслонки. Управление ими – дистанционное пневматическое. Их положение контролируется при помощи ламп, установленных на верхней дверке фасада шкафа управления.

С помощью коллекторов 19 пар подается на калориферы и на варку, конденсат отводится от калориферов коллектором 17. Температуру внутри камеры снижают, поливая стенки калорифера водой из коллектора орошения 13 и водяного коллектора 14.

Гребенка представляет собой систему трубопроводов, на которых установлены регулирующие и измерительные приборы. Она размещена в специальном шкафу. Гребенка рассчитана на работу одной секции термокамеры. Здесь подается пар на калорифер (давление 400...600 кПа), на варку (давление 200 кПа) и вода для снижения температуры в камере после обжарки. Давление воды на входе в гребенку должно быть не менее 200 кПа. Пар, поступая на гребенку, делится на два потока. Первый поток идет на калорифер, второй – на подачу пара в камеру при режиме «Варка». В верхней части установлен трубопровод подачи воды в термокамеру, имеющий запорный соединительный соленоидный вентиль и манометры.

Колбасные изделия загружают в термокамеры на подвесных или напольных рамах. Рамы с колбасными изделиями перемещают по подвесному пути 5, закрепленному на потолочной панели при помощи подвесок 6. Рабочая среда при подсушке и обжарке выходит из напорной части вентилятора и по воздухопроводу подается на ка-

лориферы, где нагревается до $100...105\text{ }^{\circ}\text{C}$ и поступает на распределители воздуха. Проходя через раму с колбасными изделиями, рабочая среда отсасывается через воздуховоды вентилятором для рециркуляции. Часть отработавшей рабочей среды отсасывается вентилятором вытяжной системы помещения.

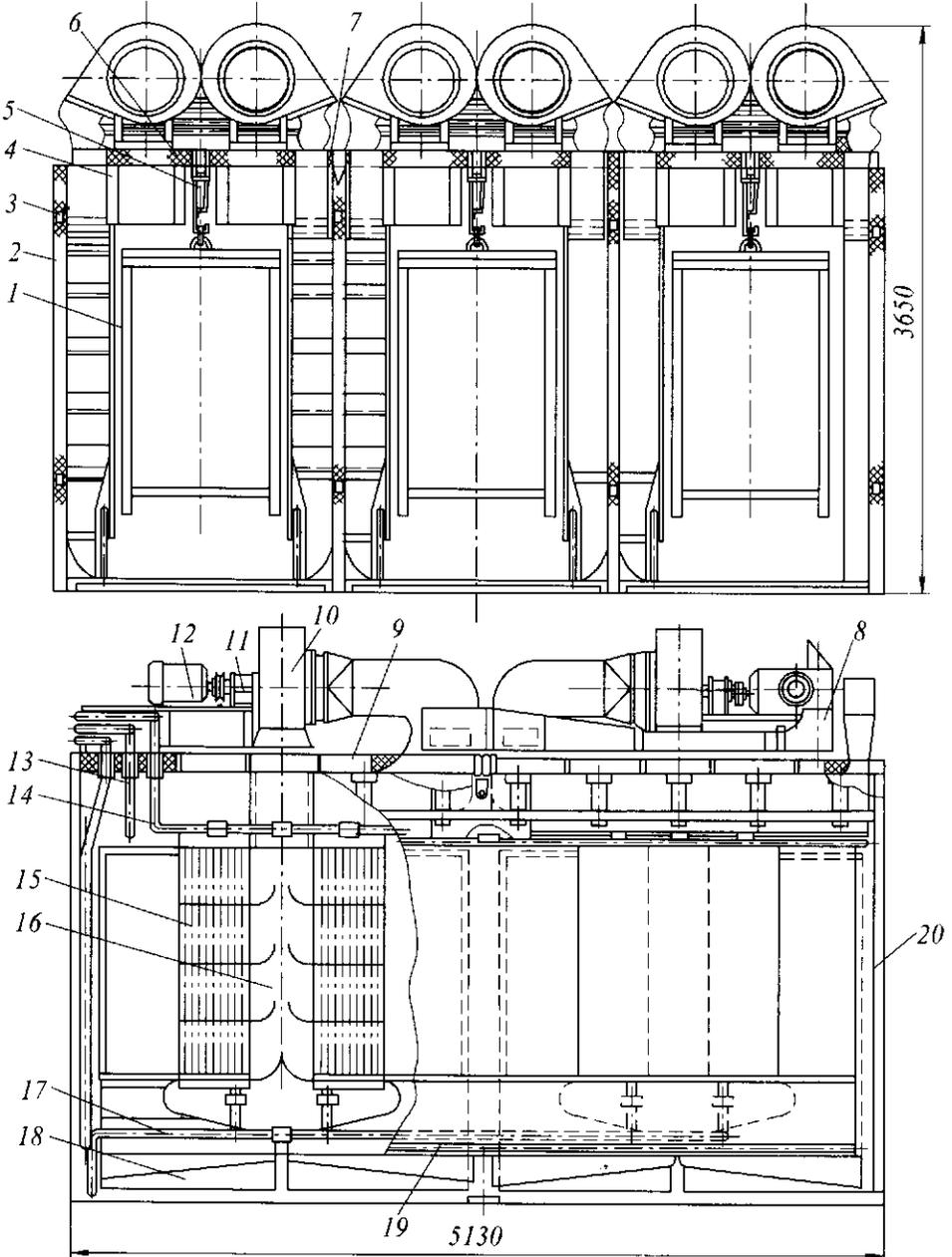


Рис. 27.4 Автоматизированная термокамера Я5-ФТГ-03

Таблица 27.1 Техническая характеристика термокамер Я5-ФТГ

Показатель	Я5-ФТГ-03	Я5-ФТГ-02	Я5-ФТГ-01
Производительность, кг/ч:			
сосисок	1150	560	280
сарделек	1150	670	335
колбасных изделий с диаметром батона, мм:			
65	1280	850	425
80	1420	940	470
95	1420	940	470
100	1420	940	470
120	1180	780	390
полукопченых колбас	320	210	105
Общая продолжительность термообработки, мин:			
сосисок	75	75	75
сарделек	80	80	80
колбасных изделий с диаметром батона, мм:			
65	125	125	125
80	140	140	140
95	155	155	155
100	155	155	155
120	190	190	190
полукопченых колбас жидкостью «Вактоль» дымом	130...135 330...505	130...135 330...505	130...135 330...505
Число загружаемых рам, шт	12	18	4
Размеры рамы, мм:			
подвесной		1200...1000...1600	
напольной		1200...1000...2000	
Расход пара, кг/ч	450	300	150
Давление, кПа:			
пара	400...600	400...600	400...600
сжатого воздуха	400...600	400...600	400...600
Расход воды, л/ч	500	340	170
Установленная мощность, кВт	66	44	22
Потребляемая электроэнергия (кВт·ч) при обработке:			
сосисок	26	18	9
колбас	18	12	6
Габаритные размеры, мм	5130×5200×3650	5130×3500×3650	5130×1800×3650
Масса, кг	21000	14500	8000

В период подсушки для разогрева термокамеры до нужного теплового режима работают все вентиляторы секции. При достижении необходимой температуры в камере два вентилятора отключаются и в дальнейшем они работают попеременно. По окончании режима «Обжарка» вентиляторная система секции термокамеры отключается и включается подача воды на охлаждение термокамеры до 80...85 °С, по достижении которой включается подача пара на варку.

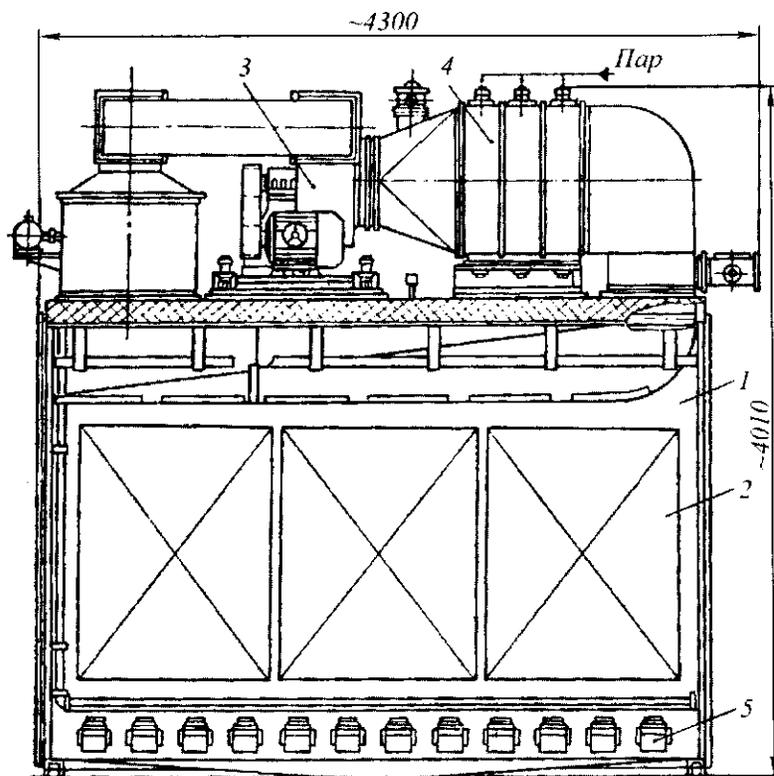


Рис. 27.5 Термокамера К7-ФТВ

Аналогичным образом работают и другие термокамеры. Технические характеристики термокамер и термошкафов приведены в табл. 27.2.

Таблица 27.2 Техническая характеристика универсальных термокамер

Показатель	КОН-5	УТОКИ	Я5-ФТМ	Д5-ФТГ	221ФТ150	ШК-2
Производительность, кг/ч	200...450	110...450	180	320...1420		—
Занимаемая площадь, м ²	3,0	4,5	6,06	26,7	1,3	3,0
Установленная мощность, кВт	20	36,0	5,0	48,0	24,0	23
Масса, кг	650	1275	3030	1900	525	1650

Термокамеры К7-ФТВ (рис. 27.5) представляют собой тупиковую камеру 1, в которой на монорельсе размещаются три клетки 2 с обрабатываемым продуктом. Режимы обработки осуществляются последовательно после загрузки камеры. На камере размещен вентиляционно-нагревательный агрегат с центробежным вентилятором 3 и паровым калорифером 4. В процессе копчения дым вводится в вентиляционную систему 5 в нижнюю часть камеры.

Техническая характеристика термокамеры К7-ФТВ

Мощность электропривода, кВт.....	8,82
Расход пара, кг/ч.....	190
Габаритные размеры, мм.....	4300×1740×4010
Масса, кг.....	4500

Автоматизированная термокамера РЗ-ФАТ-12 (рис. 27.6) состоит из трех, работающих независимо, туннелей 1, которые вмещают по три клетки 2. Туннели имеют двустворчатые двери с двух сторон. Клетки закатываются в туннель по моно-рельсу, вдоль боковых стенок расположены паровые калориферы 4, закрытые кожухом, который образует регулируемую щель направляющую поток в нижнюю часть туннеля. Туннель имеет ложный потолок с двумя размещенными в нем вентиляторами 3, крыльчатки которых насажены непосредственно на вал двигателей, а двигатели вынесены на крышу камеры. На крыше также размещен распределительный короб с тремя клапанами 5 для подачи в туннель воздуха, дыма и вывода использованной дымовоздушной смеси. Все клапаны имеют дистанционное управление. Скорость движения потока внутри туннеля 1...2 м/с.

Подсушка, копчение и проварка производятся циклично и последовательно. Имеется система контроля регулирования температуры, влажности среды и давления пара. Туннель может работать в автоматическом режиме по заданному времени и температуре.

Техническая характеристика автоматизированной термокамеры РЗ-ФАТ-12

Мощность электродвигателей, кВт.....	4,5
Расход пара, кг/ч.....	450
Габаритные размеры, мм.....	5100×5300×3610
Масса, кг.....	18000

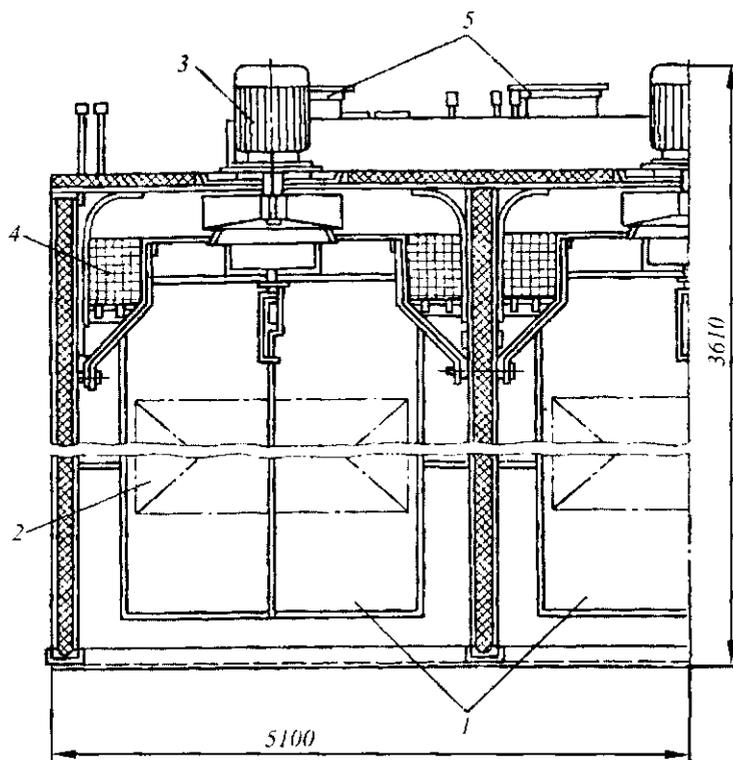


Рис. 27.6 Автоматизированная термокамера РЗ-ФАТ-12

Инженерные расчеты. Число универсальных термокамер z_0 (шт), необходимых для выполнения задания по производительности и ассортименту, можно рассчитать двумя способами:

а) по длительности цикла обработки:

$$z_0 = 1/nT(P_1\tau_1x_1 + P_2\tau_2x_2 + \dots + P_5\tau_5x_5),$$

где n – число рам, одновременно загружаемых в камеру, шт.; T – длительность рабочей смены, ч; P_1, P_2, \dots, P_5 – соответствующие производительности по вареным сортам колбас, сосискам, сарделькам, полукопченым и варено-копченым колбасам, т в смену; $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_5$ – соответствующие длительности цикла обработки изделий, ч; x_1, x_2, \dots, x_5 – соответствующее число рам, необходимых для навешивания 1 т изделий.

Соответствующие длительности можно принять по техническим условиям или определить по формуле

$$\tau_i = \tau'_i + \tau''_i + \tau'''_i,$$

где $\tau'_i, \tau''_i, \tau'''_i$ – длительность, соответственно, обжарки (включая подсушку), варки, охлаждения или копчения (для полукопченных и варено-копченных колбас), ч;

б) по соответствующему количеству подобного пооперационного оборудования:

$$z_0 = P_1\eta_1(z'_1 + z''_1 + z'''_1) + P_2\eta_2(z'_2 + z''_2 + z'''_2) + \dots + P_5\eta_5(z'_5 + z''_5 + z'''_5),$$

где $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_5$ – соответствующие поправочные коэффициенты, учитывающие сокращение длительности обработки в универсальных камерах против пооперационных, за исключением промежуточных перегрузочных операций, причем, по данным фирм, $\eta = 0,65 \dots 0,8$; z'_1, z'_2, \dots, z'_5 – соответствующее число пооперационных термокамер, необходимых для выполнения 1 т сменной производительности; $z''_1, z''_2, \dots, z''_5$ – то же по варочным камерам; $z'''_1, z'''_2, \dots, z'''_5$ – то же по камерам охлаждения.



Немногие умы гибнут от износа, по большей части они ржавеют от неупотребления.
БОУВИ КРИСТИАН НЕСТЕЛ (1820–1904),
американский издатель и писатель

27.5 ТЕРМОАГРЕГАТЫ

Термоагрегаты для обработки колбасных изделий (рис. 27.7) представляют собой теплоизолированный туннель 1, условно разделенный на три зоны (подсушка, обжарка и варка). Тепловую обработку колбасных изделий проводят в термоагрегате при непрерывном движении их в потоках пародымовоздушной среды. Колбасные изделия навешены на рамы, которые перемещаются по подвесному пути внутри термоагрегата с помощью цепного конвейера. Привод конвейера осуществляется от электродвигателя и редуктора с вариатором скоростей. Сверху термоагрегата над каждой из трех зон смонтированы вентиляторно-калориферные установки для подачи горячего воздуха в зоны обработки. Горячий воздух направляется с помощью распределительных коробов, расположенных над и под рамами. Дым поступает в термоагрегат от дымогенератора. Для загрузки и выгрузки рам термоагрегат на входе и выходе снабжен двустворчатыми дверями 2 и 3. Для контроля за перемещением рам и ходом процесса на боковой стенке туннеля расположены смотровые окна.

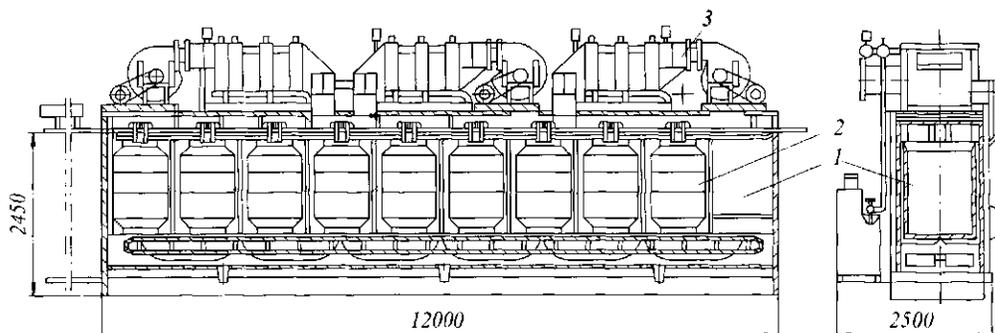


Рис. 27.7 Термоагрегат для обработки колбасных изделий

Термоагрегаты применяются на крупных мясоперерабатывающих заводах и поэтому не имеют широкого распространения в мясной промышленности. Из отечественных термоагрегатов используют рамные термоагрегаты ТАР-9 и ТАР-10.

Таблица 27.3 Техническая характеристика термоагрегатов

Показатель	ТАР-9	ТАР-10
Производительность по выработке, кг/ч:		
колбасы	—	720
сосисок	500	—
Температура греущей среды в зоне, °С:		
подсушки	50...85	80...100
обжарки	75...95	90...100
варки	80...90	95...102
Относительная влажность среды в зоне, %:		
подсушки	15...20	15...20
обжарки	12...20	12
варки	29...50	25...30
Продолжительность термообработки в зоне, мин:		
подсушки	16,5...133	7...64
обжарки	14...144	12...106
варки	16,5...133	14...118
Давление греющего пара, МПа	0,3	0,3
Установленная мощность электродвигателей, кВт	9,4	13,6
Число рам, шт	9	10
Скорость цепи конвейера, м/мин	0,029...0,233	0,047...0,4
Продолжительность прохождения рамы через термоагрегат, мин	380...47,2	288...32,9
Габаритные размеры, мм	11 000×2500×4150	15 190×2415×4327
Масса, кг	12 783	16 100

Дымогенератор Д9-ФД2Г (рис. 27.8) предназначен для выработки промышленного дыма, снимаемого для холодного и горячего копчения всех видов мясных продуктов. Дымогенератор представляет собой двухсекционный аппарат прямоугольной формы, выполненный в виде двух камер сгорания опилок и очистки дыма.

Камера сгорания – это цилиндр, внутри которого на опорном кольце 5 смонтирована колосниковая решетка 6. На нее укладывают два трубчатых электронагревателя 7 для розжига опилок.

Колосниковые решетки очищаются от золы гребенкой 4, вращающейся вокруг своей оси. Под камерой сгорания установлен ящик для сбора золы 2. Зола выгружается в ящик механически с помощью лопатки 3. Над камерой сгорания смонтирован

бункер 11 для загрузки опилок. Во избежание зависания опилок на стенках бункера и для их рыхления смонтирован ворошитель 12, приводимый в движение от электродвигателя 14 и редуктора 13, расположенных на крышке бункера. Количество опилок, подаваемых на колосниковую решетку, регулируется дозатором 9 с помощью маховика 21. При вращении мешалки 8 опилки распределяются равномерно. Для гашения пламени в случае воспламенения опилок в верхней части камеры сгорания над колосниковой решеткой смонтирован ороситель 10.

Камера очистки дыма имеет прямоугольную форму. В ней на опорной раме установлена корзина 17 с полуфарфоровыми кольцами, выполняющими роль фильтров для очистки дыма от канцерогенных и смолистых веществ, дегтя и золы. Для дополнительной очистки дыма перед камерой очистки создается водяная завеса с помощью трубы с отверстиями 18. Для вытяжки дыма над камерой очистки смонтирован вентилятор 16, приводимый в движение от электродвигателя 15.

На наружной поверхности дымогенератора имеются дверца 1, патрубок для выхода дыма 24, водопровод 26, исполнительный механизм 19 и коробка ввода 20. За работой дымогенератора наблюдают через смотровое окно, расположенное на дверце.

На водопроводной системе смонтированы электромагнитный клапан 23 для подачи воды в систему и вентиль 27 для подачи пара. Исполнительный механизм служит для пропорциональной подачи воздуха в топочное пространство, что обеспечивает равномерное горение. На выходном патрубке установлен электроконтактный термометр 25, в камере сгорания – термореле 22 для контроля и регулирования температуры дыма.

В основании дымогенератора смонтирован патрубок с краном для слива воды. Во избежание попадания воды в камеру сгорания во время промывки колец в наружную поверхность дымогенератора вварен переливной патрубок с вентилем 28.

Дым получают в результате сгорания опилок в топке и очистки его при прохождении через фильтры.

По этому принципу работают дымогенераторы типа Н10-ИДГ-2, Н20-ИКА-02, СГ-2, Н20-ИХА.03 и др.

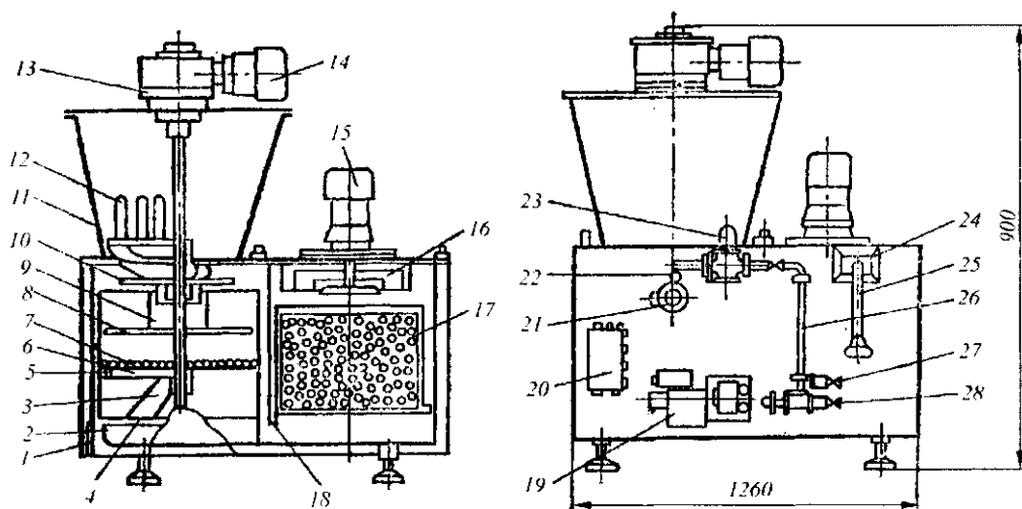


Рис. 27.8 Дымогенератор Д9-ФДГ

Техническая характеристика дымогенератора Д9-ФДГ

Производительность, м ³ /ч	515
Промежуток времени до начала загорания опилок с момента включения электронагревателей, мин	4...6
Температура дыма на выходе из дымогенератора, °С	30...60
Расход древесных опилок в зависимости от температурного режима, кг/ч	13...23
Частота вращения, с ⁻¹ :	
ворошителя	0,1
вентилятора	1500
Расход воды, м ³ /ч	0,01
Вместимость бункера, м ³	0,14
Установленная мощность, кВт	3,31
Габаритные размеры, мм	1260×850×1570
Масса, кг	650

Однотоннельный термоагрегат ТАР-10 (рис. 27.9) снабжен конвейером для перемещения рам, расположенным в верхней части камеры и состоящим из цепи с откидными пальцами сбоку, которые при подаче рамы в агрегат под нажимом скобы ролика откидываются и пропускают ее, а при движении цепи толкают скобу троллей вместе с подвешенной на ней рамой.

Термоагрегат марки ТАР-10 обслуживается дымогенератором марки «Елро» и состоит из сварного корпуса 1, заполненного плитами с изоляцией. Над корпусом смонтированы три тепловых блока с вентиляторами 2. Продукция, подлежащая обработке, подается к агрегату на рамах 3 и по рельсу подвешного пути 4 при помощи специального цепного конвейера 5 перемещается через камеру. Рабочие смеси побуждают к движению вентиляторами 2, которые перемещают их по коробам 6 и калориферам 7.

Пар подается ко всем калориферам. На нагнетательных магистралях вентилятора предусмотрены патрубки с заслонками, регулирующими выброс отработавшей

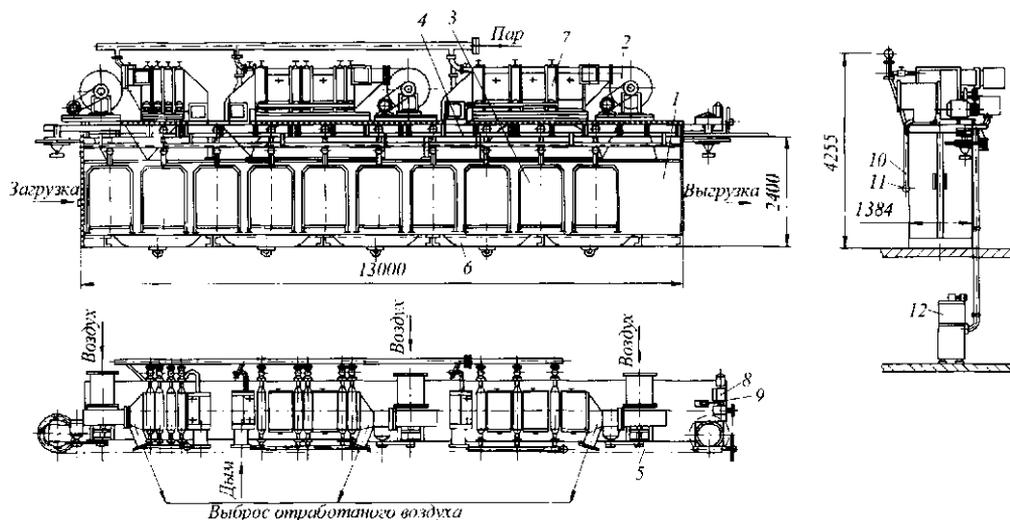


Рис. 27.9 Термоагрегат ТАР-10

смеси. Для подсоса свежего воздуха во всасывающей магистрали каждого вентилятора предусмотрен патрубок с регулирующей заслонкой.

Цепной конвейер 5 снабжен приводом 8, в составе которого предусмотрен регулятор 9 марки ПМС. Для подвода пара непосредственно в секции камеры предусмотрена отдельная труба 10 с запорным вентилем 11. Последний при нормальной работе агрегата служит регулятором подачи пара в рабочие зоны, а в случае воспламенения смолистых веществ его открывают полностью. Дым поступает из дымогенератора 12.

В этих термоагрегатах можно подвергать тепловой обработке сосиски и вареные колбасы, а также проводить горячее копчение полукопченых колбас.

Техническая характеристика термоагрегата ТАР-10

Производительность, кг/ч	720
Число рам в камере, шт.	10
Масса продукции на раме, кг.....	150
Скорость цепи, м/мин	0,047...0,4
Продолжительность прохождения рамы через агрегат, мин	288...32,9
Режимы:	
в зоне подсушки:	
температура, °С	80...100
число рам, шт.	2
длительность, мин	64...7,3
в зоне обжарки:	
температура, °С	90...100
число рам, шт.	4
длительность, мин	106...12,2
в зоне варки:	
температура, °С	95...105
число рам, шт.	4
длительность, мин	118...13,4
Температура внутри батона в конце варки, °С.....	70...72
Давление греющего пара, МПа.....	0,3
Удельный расход:	
пара, кг/кг	0,4
электроэнергии, кВт·ч/т	19,0
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	13,6
Мощность электродвигателей, кВт:	
к вентиляторам зоны обжарки и подсушки	2,8
к вентилятору зоны варки	7,0
двигателя к конвейеру.....	1,0
Габаритные размеры, м	15,2×2,42×4,38
Масса, т:	
без рам	16,1
с комплектом рам в 20 шт.....	19,7

Инженерные расчеты. Количество топлива β (кг/кг), необходимое для получения теплоты, достаточного для сухой перегонки 1 кг генерируемого топлива в копильный дым, определяется по формуле

$$\beta = q / (Q - I)\eta,$$

где q – удельный расход теплоты на сухую перегонку, кДж/кг; Q – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг; I – теплота, уносимая продуктами полного сгорания 1 кг топлива, кДж/кг; η – коэффициент полезного использования теплоты сгорания ($\eta = 0,75$).

Для древесины Q лежит в пределах 2,5...3,5 тыс. кДж/кг и ее вычисляют по формуле

$$Q = 81C + 300H - 26O_2 - 6(W + 9H),$$

где C, H, O_2, W – соответственно содержание в топливе углерода, водорода, кислорода и воды, %.

Числовое значение I (кДж/кг) определяют по формуле

$$I = (\alpha L_0 + 1)[0,24t_1 + 0,001(595 + 0,47t_1)d],$$

где L_0 – теоретически необходимая масса свежего воздуха для полного сгорания топлива, кг сухого воздуха/кг топлива; α – коэффициент избытка воздуха; d – влагосодержание продуктов полного сгорания 1 кг топлива, г/кг сухого воздуха;

$$L_0 = 0,115C + 0,345H - 0,0430 \text{ кг сухого воздуха/кг топлива};$$

$$d = d_0 + 10(9H + W) / (\alpha L_0 + 1) \text{ г/кг сухого воздуха}.$$

Потребная масса свежего воздуха на сгорание L'_0 (кг сухого воздуха/кг генерируемого топлива) топлива равна

$$L'_0 = \alpha\beta L_0.$$

Масса смеси L_o (кг/кг генерируемого топлива), получаемой от сухой перегонки 1 кг генерируемого топлива и покидающей рабочую зону дымогенератора, определяется по формуле

$$L_o = W_o + L'_0(1 + 0,001d) + \beta,$$

где W_o – масса дымовых веществ, получаемых от сухой перегонки 1 кг топлива, кг/кг генерируемого топлива.

Масса водяных паров в смеси W_n (кг/кг генерируемого топлива), покидающей зону дымогенерации,

$$W_n = W_s + 0,001d(L'_0 + \beta).$$

Массу остальной части – воздушно-дымовой смеси (кроме водяного пара) L' , покидающую рабочую зону дымогенератора, условно называют сухой,

$$L' = L_o - W_n,$$

а ее влагосодержание d_1 (кг/кг сухого воздуха)

$$d_1 = W_n / L' = (W_n / L_0) - W_n = 1 / [(L_0 / W) - 1].$$

Удельная энтальпия этой смеси i_1 (кДж/кг сухого воздуха) будет равна

$$i_1 = 0,24t_1 + (595 + 0,47t_1)d_1.$$

Воздушно-дымовую смесь, выходящую из дымогенератора, немедленно охлаждают, смешивая с холодным воздухом до t_c , с которой ее направляют в технологический аппарат. Числовое значение t_c выбирают в зависимости от назначения процесса и его режима. Количество свежего воздуха L_0'' кг на 1 кг сухого воздуха, покидающего рабочую зону, вычисляют по формуле

$$L_0'' = (d_1 - d_c) / (d_c - d_0),$$

где d_c – влагосодержание воздушно-дымовой смеси, покидающей дымогенератор, получаемое по I-d-диаграмме в зависимости от t_c .

Масса воздушно-дымовой смеси $L_{об}$ (кг сухого воздуха/кг генерируемого топлива), покидающей дымогенератор,

$$L_{об} = (L_0' + 1)L'.$$



Украсть у кого мысли бывает часто преступнее,
чем украсть у кого деньги.
ВОЛЬТЕР МАРИ ФРАНСУА (1694–1778).
французский писатель, философ, просветитель

27.6 ТЕХНИКА БУДУЩЕГО: НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Электрокопильная установка (А.с. № 1655433, А23 В4/044) предназначена для упрощения конструкции, снижения энергозатрат и повышения эффективности процесса копчения.

На рис. 27.10 представлена принципиальная электрическая схема электрокопильной установки.

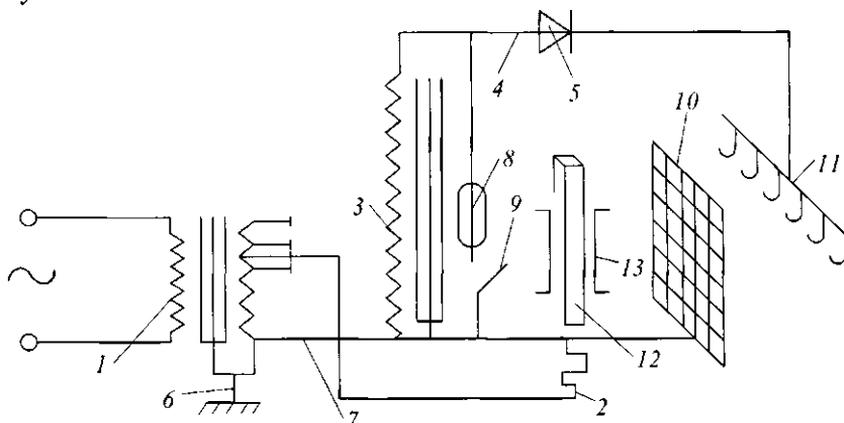


Рис. 27.10 Электрокопильная установка

Электрокопильная установка содержит систему электропитания, дымогенератор и электростатический поляризатор. Система электропитания включает понижающий трансформатор 1, дымогенератор выполнен в виде плоского резисторного нагревателя 2, поляризатор – в виде индукционной катушки 3, к высоковольтному выводу 4 которой присоединен выпрямитель 5, обеспечивающий выпрямление тока при напряжении 15 кВ по однополупериодной схеме, резисторный нагреватель и катушка 3 подключены ко вторичной обмотке понижающего трансформатора 1. Мощность понижающего трансформатора 1 составляет примерно 100 Вт.

Один из полюсов цепи, в которую входит вторичная обмотка трансформатора 1, резисторный нагреватель 2 и катушки 3, имеет зануление 6, которое необходимо, исходя из требований техники безопасности и в виду низкого уровня изоляции общего вывода 7 катушки 3. К высоковольтному выводу 4 катушки 3, кроме выпрямителя 5, присоединен искровой разрядник 8, который может быть выполнен, например, в виде автомобильной свечи. Искровой разрядник присоединен с возможностью периодического подключения через рубильник 9 к общему выводу 7 индуктивной катушки 3. Общий вывод 7 катушки 3 в режиме выпрямления является отрицательным полюсом и присоединен к металлической сетке 10. Положительный полюс от выпрямителя 5 присоединен к металлическим подвескам 11 приводом типа (магнето) или каким либо другим проводом с дополнительной изоляцией, например, из хлорвинила. Подвески 11 также должны иметь усиленную изоляцию от стенок корпуса электрокопильной установки (не показаны).

Резисторный нагреватель 2 может быть выполнен, например, из нехромовой проволоки диаметром 0,6...0,8 мм, намотанной на цементно-азбестовую пластину, расположенную горизонтально. При необходимости нагреватель 2 выполняется несколькими параллельно включенными секциями. Площадь пластины нагревателя 2 выбирается равной или превышающей сечение древесного бруска 12, который расположен над нагревателем 2 и удерживается в вертикальном положении направляющими 13 с возможностью свободного перемещения бруска по мере обгорания его торца, что обеспечивает непрерывность процесса дымообразования.

Электрокопильная установка *отличается* тем, что, с целью упрощения конструкции, снижения энергозатрат и повышения эффективности процесса копчения, система электропитания включает в себя понижающий трансформатор, дымогенератор, выполненный в виде плоского резисторного нагревателя и поляризатор – в виде индукционной катушки, к высоковольтному выводу которой присоединен выпрямитель; при этом катушка и резисторный нагреватель подключены к вторичной обмотке понижающего трансформатора.

Устройство для электростатического копчения пищевых продуктов (Пат. № 2035154 РФ, А23 В4/056) предназначено для повышения эффективности копчения обрабатываемого продукта.

На рис. 27.11 представлено устройство для электростатического копчения; на рис. 27.12 – конфигурации напряженности электрического поля \vec{E} при $l = 0,5a$ и при $l > 0,5a$ соответственно.

Устройство для электростатического копчения пищевых продуктов содержит корпус 1, например, прямоугольной формы, внутри которого над перегородкой 2 находится держатель 3 для крепления обрабатываемого продукта 4, коронирующие электроды-иглы 5 и 6, расположенные на противоположных боковых стенках корпуса 1 на равном расстоянии одна от другой с плотностью 1...3 штуки на 25 см²,

длина которых определена соотношением $l = 0,5a$, где a – расстояние между смежными электродами-иглами. В верхней части обеих торцевых стенок корпуса 1 предусмотрены отверстия 7 для установки в них диэлектрических вставок, изолирующих держатель 3 для крепления обрабатываемого продукта 4 от корпуса 1 , и крепления держателя 3 .

К местам крепления держателя 3 направлены воздухопроводы 8 дымогенератора 9 , по которым подводится горячий воздух, нагретый в объеме под перегородкой 2 . Дымогенератор 9 выполнен в виде горизонтально расположенной цилиндрической электроречи. Над дымоходом 10 дымогенератора 9 установлена дымораспределительная перегородка 11 , образующая с боковыми стенками корпуса 1 щелевые зазоры, ширина которых определена соотношением $\Delta x = 1 + (0,2...0,3)l$, где l – длина электродов-игл, L – расстояние от плоскости крепления электродов-игл до обрабатываемого продукта. Для поддержания постоянной температуры дымообразования в устройстве предусмотрен терморегулятор.

Устройство для электростатического копчения пищевых продуктов отличается тем, что, с целью повышения эффективности копчения, оно оснащено специальной дымораспределительной перегородкой и тем, что держатель для крепления обрабатываемого продукта выполнен в виде подвеса, а воздухопроводы дымогенератора направлены к точкам крепления подвеса.

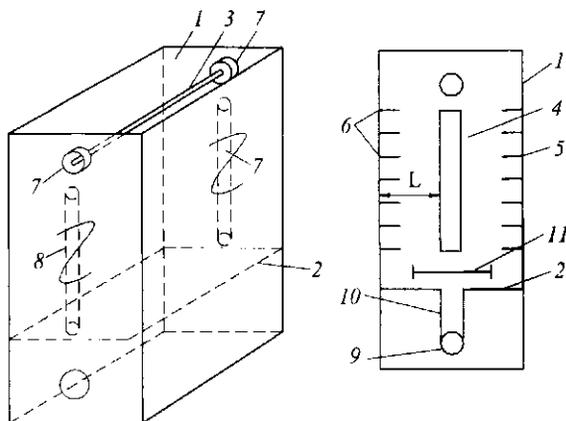


Рис. 27.11 Устройство для электростатического копчения

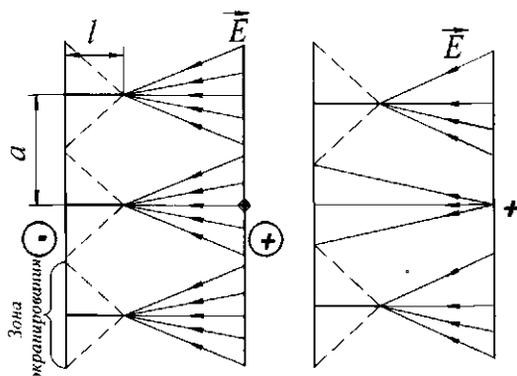


Рис. 27.12 Конфигурации напряженности электрического поля

Установка для производства вяленой и копченой рыбной продукции (Пат. № 2178253 РФ) дает возможность изменять количество коптильных камер в зависимости от вида выпускаемой продукции, повысить качество готового продукта, увеличить производительность установки и снизить энергозатраты.

На рис. 27.13 представлен общий вид установки, на рис. 27.14 – поперечный разрез коптильной камеры и фиксаторы для регулируемого отвода носителей с рыбой из камеры. Установка состоит из камеры 1, патрубка 2 для подвода коптильного дыма, двух направляющих 3, выполненных по винтовой линии, носителей 4, загрузочной двери 5, разгрузочной двери 6, патрубка 7 для отвода отработанного коптильного дыма.

Носители 4 состоят из двух осей 8 и 9, подшипников скольжения 10, опорных роликов 11 и стопорных болтов 12. Ось 8 большего диаметра с одной стороны крепится к опорному ролику 11 с помощью подшипника 10. Ось 9 меньшего диаметра с противоположной стороны крепится к другому опорному ролику 11 также с помощью подшипника 10, причем ось 9 меньшего диаметра входит внутрь оси 8 большего диаметра и фиксируется в ней стопорными болтами 12.

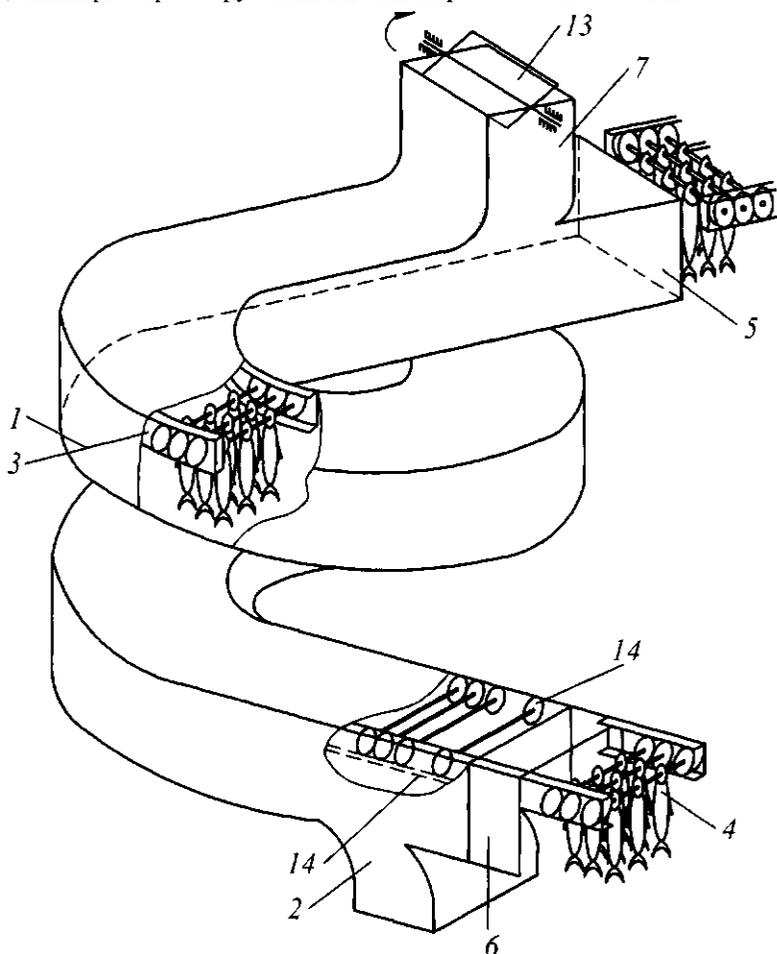


Рис. 27.13 Установка для производства вяленой и копченой рыбной продукции

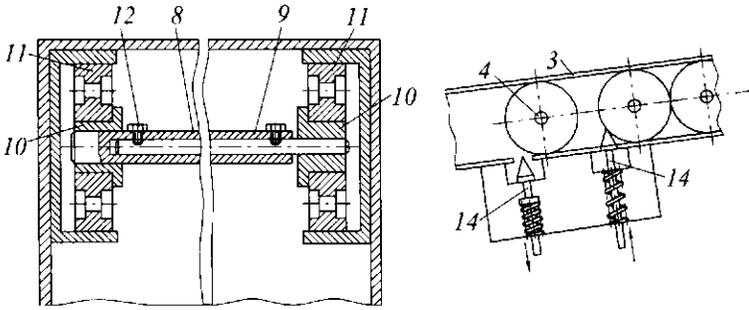


Рис. 27.14 Коптильная камера и фиксаторы для регулируемого отвода носителей с рыбой

Направляющие 3 представляют собой швеллеры, внутренняя высота между полками которых чуть больше диаметра опорных роликов 11.

В патрубке 7 имеется шибер 13 для регулирования выхода дымовых газов из камеры 1. На выходе из камеры 1 на направляющих 3 установлены фиксаторы 14 для регулируемого отвода носителей 4 с рыбой из камеры. Фиксаторы представляют собой два подпружиненных штыря, установленных на нижней полке направляющих. Расстояние между ними равно диаметру опорных роликов 11.

Установка для производства вяленой и копченой рыбной продукции отличается тем, что для производства вяленой рыбы достаточно одной камеры, в которую вместо коптильного дыма подается нагретый воздух; при производстве рыбы холодного копчения достаточно двух камер, соединенных между собой, причем в первую подается нагретый воздух (или дымовоздушная смесь) для подсушивания рыбы, а во вторую камеру – коптильный дым низких параметров; и наконец, при производстве рыбы горячего копчения установка содержит три, вертикально расположенные и соединенные между собой, камеры, причем в первую подается нагретый воздух (или дымовоздушная смесь) для подсушивания рыбы, во вторую камеру – коптильный дым для проварки и в третью – коптильный дым для осуществления собственно копчения.

Способ получения дыма и установка для его осуществления (Пат. № 2146453 РФ, А23 В4/052) предназначена для получения коптильного дыма из древесных стружек. Она позволяет снизить энергозатраты, повысить надежность в работе и качество получаемого коптильного дыма.

На рис. 27.15 представлен общий вид установки для осуществления способа получения коптильного дыма. Установка для получения коптильного дыма состоит из корпуса 1, дозатора 2, вентиляторов 3 и 8, воздуховода 4, привода 5, патрубка 6 для удаления золы из разгрузочной камеры 7, устройства очистки дыма 9. Корпус 1 образования дыма имеет теплоизоляцию 10, каналные насадки 11 беспровального типа для подачи воздуха в слой опилок, опорные ролики 12, нагревательные элементы 13 и 14, имеющие форму сегмента, венцевую шестерню 15, трубу 16, установленную по оси корпуса 1 и заслонку 17 без сегмента с образованием отверстия для беспрепятственного перемещения опилок из зоны подогрева и подсушки в зону сухой перегонки опилок. В корпусе размещены форсунки 18 для подачи воды для предотвращения возгорания опилок и промывки корпуса от остатков сухой перегонки.

Разгрузочная камера 7 разделена перегородкой 19 с возможностью установки ее под углом, соответствующим углу естественного наклона золы и с образованием щелевидного отверстия между перегородкой 19 и камерой 7 в нижней ее части.

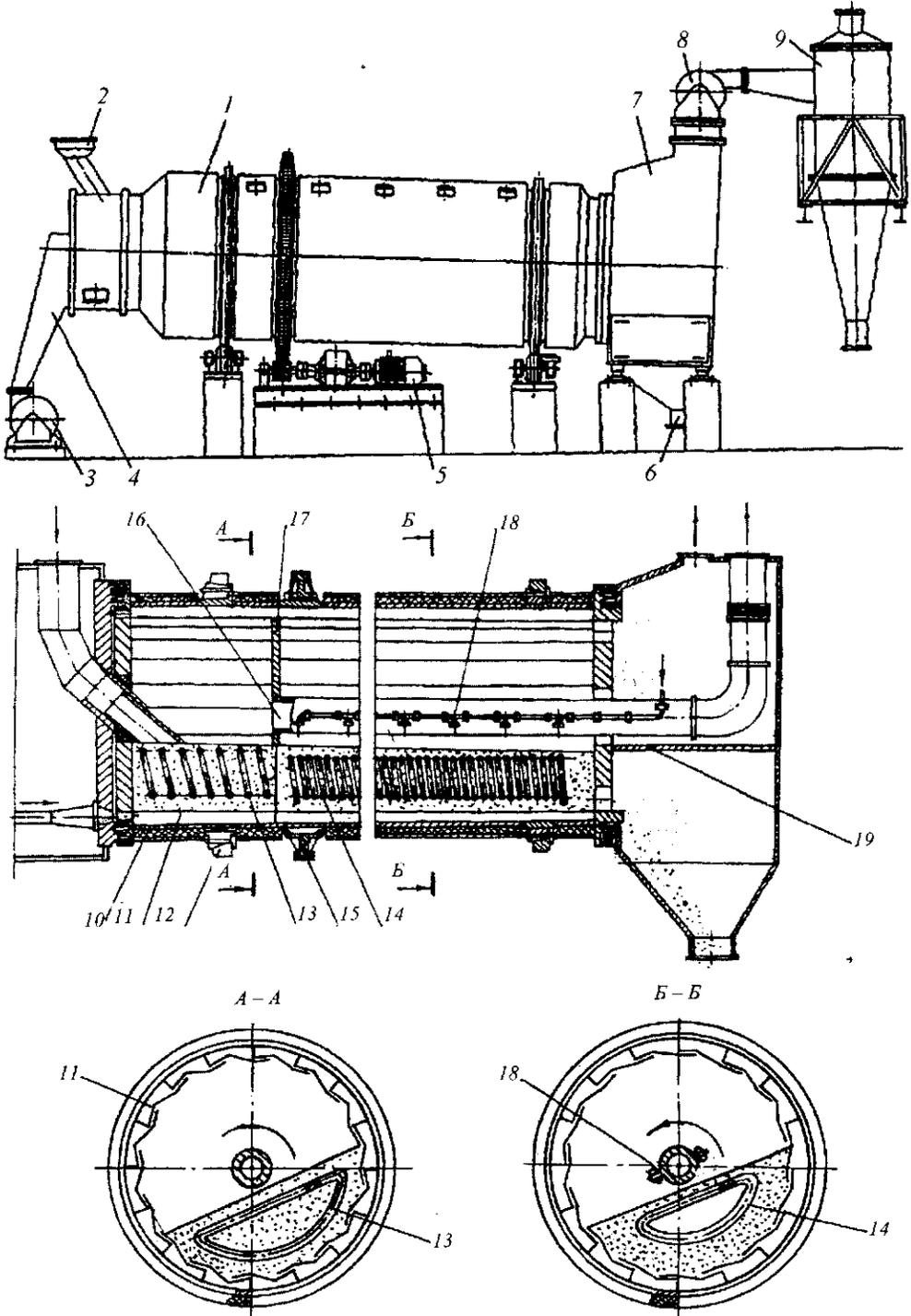


Рис. 27.15 Дымогенератор

Способ получения коптильного дыма *отличается* тем, что подогрев и подсушка древесных опилок осуществляется за счет теплоты электронагревателей с одновременным продуванием через них воздуха, причем последующая сухая перегонка опилок осуществляется последовательно в зоне с ограниченным воздухообменом при постоянном их перемешивании, а удаление дыма и золы производится отдельно.

Установка для получения коптильного дыма *отличается* тем, что корпус разделен круглой заслонкой без сегмента на зону подогрева и подсушки и зону сухой перегонки, размещенной по торцевой части трубы удаления влаги, расположенной по оси барабана. Нагревательный элемент, имеющий в сечении форму сегмента, установленный в нижней зоне барабана, выполнен посекционно с разной мощностью в резных зонах корпуса; при этом заслонка и нагревательный элемент размещены с возможностью установки хорды сегмента под углом, соответствующим углу естественного откоса опилок. Разгрузочный фланец имеет вокруг трубы удаления влаги коаксиальное отверстие для отвода дыма и периферийные отверстия для выгрузки золы и отвода дыма, а камера разгрузки разделена перегородкой с отверстием.

* * *

В этой главе наиболее важными являются следующие моменты:

1. Процесс копчения как способ обработки продуктов, при котором органолептические показатели изделий и их стойкость к окислительной и бактериальной порче зависят от химического состава коптильного дыма, является процессом консервирования.

2. Особенности эксплуатации, ремонта и обслуживания оборудования для копчения мяса и рыбы, а также учет факторов, влияющих на процесс копчения, формируют основные направления создания прогрессивных коптильных установок, термокамер и дымогенераторов.

3. Инженерные расчеты производительности коптильных установок, числа универсальных термокамер, а также необходимого количества топлива для получения коптильного дыма в дымогенераторах могут быть положены в основу проектирования и конструирования современного коптильного оборудования.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой процесс копчения?
2. Каковы режимы копчения мясопродуктов?
3. Какое сырье используется для копчения рыбы?
4. Какие биотехнологические изменения претерпевают мясо и рыба при копчении?
5. Чем отличается горячее копчение от холодного?
6. Что представляет собой реакция окислительного взаимодействия при копчении?
7. Какой принцип лежит в основе классификации оборудования для копчения мяса и рыбы?
8. К каким выводам приводит сравнительный анализ автокоптилки АМ-360 и коптильных установок типа АФОС?
9. Как рассчитать продолжительность оборота коптильной установки?
10. Какова техническая характеристика термокамер типа Я5-ФТГ?
11. Каков принцип действия и каково устройство термокамеры К7-ФТВ?
12. Как производится подсушка, копчение и проварка в автоматизированной термокамере Ф3-ФАТ-12?
13. Какими способами можно рассчитать необходимое число универсальных термокамер?
14. Чем термогенераторы отличаются от дымогенераторов?
15. В чем состоит целесообразность обработки колбасных изделий в термоагрегатах типа ТАР?
16. Что представляет собой дымогенератор для выработки промышленного дыма?
17. Как устроена камера сгорания в дымогенераторе Д9-ФД2ГР?
18. Каков принцип действия однотоннельного термоагрегата типа ТАР-10?
19. Какое количество топлива достаточно для сухой перегонки 1 кг генерируемого топлива в коптильный дым?
20. Как рассчитать расход свежего воздуха на сгорание топлива в дымогенераторе?

УПРАЖНЕНИЯ

Предложите в виде эскизов Ваши решения инженерных задач, связанных с развитием конструкций:

- автокоптилок и коптильных установок;
- универсальных и автоматизированных термокамер;
- термоагрегатов и дымогенераторов.

Эти решения должны предполагать совершенствование, модернизацию оборудования с целью достижения одного или нескольких следующих результатов:

- повышение производительности;
- повышение качества продукции;
- улучшение условий труда рабочего с точки зрения эргономики, техники безопасности и охраны труда;

- экономию времени на санитарное обслуживание оборудования;
- экономию времени на техническое обслуживание оборудования;
- экономию энергоресурсов;
- экономию конструкционных материалов;
- повышение технологичности конструкции с точки зрения изготовления и ремонта;
- улучшение дизайна оборудования;
- снижение себестоимости продукции другими, кроме перечисленных выше, путями.

Вместе с этими, преимущественно машиноведческими, аспектами рассмотрите возможность развития конструкций машин и аппаратов с точки зрения повышения качества самих технологических процессов, которые реализуются этим оборудованием. Речь идет об увеличении точности, устойчивости, надежности, управляемости и стабильности технологических процессов, а также о снижении их чувствительности к возмущающим факторам окружающей среды.

По результатам Вашей работы сделайте заключение о том, в какой мере Ваши предложения повышают готовность машин и аппаратов к эффективной автоматизации данных технологических процессов.



Творческий процесс – это непрерывная работа: непрерывные неудачные попытки; рухнувшие гипотезы вбирают в себя 99 процентов всех творческих усилий и лишь изредка прерываются кратковременным успехом. Этот успех – как крупинка золота после тонн промытого песка.

АЛЕКСАНДРОВ ПАВЕЛ СЕРГЕЕВИЧ (1896–1982),
математик, академик АН СССР

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перед Вами реализованная инженерная мысль сотен и тысяч специалистов, которые работали над созданием машин и аппаратов пищевых производств.

Если эта техника Вам кажется верхом совершенства, венцом технического творчества, то это глубокое заблуждение. Уже через 50 лет люди будут смотреть на эту технику так, как сейчас мы смотрим на конструкцию паровоза: с восхищением, грустью и сочувствием. Но для этого надо работать. Те механизированные и автоматизированные производства, которые сегодня составляют пищевые и перерабатывающие отрасли, должны вызывать у Вас неудовлетворение и конструктивную критику. Это означает, что, критикуя современные технологии и их техническое обеспечение, Вы должны, просто обязаны предлагать прогрессивные решения научно-технических задач.

В настоящее время расчет, проектирование и конструирование машин и аппаратов, как правило, осуществляется бессистемно, в основном по частным эмпирическим инженерным методикам с привлечением большого числа поправочных коэффициентов, не имеющих достаточного теоретического обоснования и не отражающих реальные рабочие процессы, что в принципе делает невозможным создание машин и механизмов с высоким техническим уровнем. В то же время окружающие нас животные и растительные объекты на Земле с инженерной точки зрения поражают нас удивительной гармонией, непревзойденной красотой, совершенством формы и уникальным внутренним содержанием, в основе которых положены законы Природы.

В этой связи авторы предлагают создавать новую технику, независимо от назначения, устройства и принципа действия, на законах Природы, отражающих закономерности построения растительного и животного мира.

Становлению, формированию личности специалиста предназначены врезки с высказываниями великих людей. По этому поводу более трех столетий назад чешский мыслитель-гуманист, педагог и писатель Ян Амос Коменский говорил: «Извлечение из классиков принесет прекрасную пользу, причем всегда встретится что-нибудь, что крепко засядет в голове, перейдет в плоть и кровь».

*Мы желаем Вам интересной жизни и творческой деятельности!
Технологию и технику будущего создавать Вам!
Дерзайте!*

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бутковский В.А., Птушкина Г.Е. Технологическое оборудование мукомольного производства. – М: ГП журнал «Хлебобпродукты», 1999. – 208 с.
2. Бредихин С.А., Космодемьянский Ю.В., Юрин В.Н. Технология и техника переработки молока. – М.: Колос, 2001. – 400 с.
3. Гребенюк С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 520 с.
4. Груданов В.Я. Основы инженерного творчества. Мн.: Изд. центр БГУ, 2005. – 299 с.
5. Зайчик Ц.Р. Технологическое оборудование вилпельческих предприятий. – М.: ДеЛи, 2001. – 522 с.
6. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Часть I. Оборудование для уоя и первичной обработки. – М.: Колос, 2001. – 552 с.
7. Комбикорма и кормовые добавки: Справочное пособие / В.А Шаршунов, Н.А. Попков, Ю.А. Пономаренко и др. – Мн.: Экоперспектива, 2002. – 440 с.
8. Кошевой Е.И. Технологическое оборудование предприятий производства растительных масел. – СПб: ГИОРД, 2001. – 368 с.
9. Кретов И.Т., Антипов С.Т. Технологическое оборудование предприятий броидильной промышленности. – Воронеж: Изд-во государственного университета, 1997. – 624 с.
10. Кретов И.Т., Остриков А.И., Кравченко В.М. Технологическое оборудование предприятий пищекоонцентратной промышленности. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1996. – 448 с.
11. Маршалкин Г.А. Технологическое оборудование кондитерских фабрик. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 448 с.
12. Основы управления инновациями в пищевых отраслях АПК (Наука, технология, экономика) / Под ред. акад. В.И. Тужилкина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 1998. – 844 с.
13. Остриков А.Н., Парфенопуло М.Г., Шевцов А.А. Практикум по курсу «Технологическое оборудование» / Воронеж, гос. технол. акад. – Воронеж, 1999. – 424 с.
14. Панфилов В.А. Технологические линии пищевых производств (теория технологического потока). – М.: Колос, 1993. – 288 с.
15. Панфилов В.А., Ураков О.А. Технологические линии пищевых производств: создание технологического потока. – М.: Пищевая промышленность, 1996. – 472 с.
16. Система научного и инженерного обеспечения пищевых и перерабатывающих отраслей АПК России / А.Н. Богатырев, В.А. Панфилов, В.И. Тужилкин и др. – М.: Пищевая промышленность, 1995. – 528 с.
17. Скрытников Ю.Г., Гореньков Э. С. Оборудование предприятий по хранению и переработке плодов и овощей. – М.: Колос, 1993. – 336 с.
18. Технологическое оборудование консервных и овощесушильных заводов / М.С. Аминов, М.С. Мурадов, Э.М. Аминова. – М.: Колос, 1996. – 430 с.
19. Технологическое оборудование мясокомбинатов / С.А. Бредихин, О.В. Бредихина, Ю.В. Космодемьянский, Л.Л. Никифоров. – М.: Колос, 2000. – 392 с.
20. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности / В.Д. Сурков, Н.Н. Липатов, Ю.И. Золотин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 432 с.
21. Технология и оборудование колбасного производства / И.А. Рогов, И.А. Забашта, В.А. Алексахина и др. – М.: Агропромиздат, 1989. – 351 с.
22. Технология и оборудование мукомольной, крупяной и комбикормовой промышленности / Г.А. Егоров, Я.Ф. Мартыненко, Т.П. Петренко. – М.: Изд. комплекс МГАПП, 1996. – 209 с.
23. Шамборант Г.Г. Технологическое оборудование предприятий крахмалопаточной промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 216 с.
24. Хромеевков В.Н. Технологическое оборудование хлебозаводов и макаронных фабрик. – СПб.: ГИОРД, 2002. – 496 с.

Учебное издание

Антипов Сергей Тихонович
Груданов Владимир Яковлевич
Кретов Иван Тихонович
Остриков Александр Николаевич
Панфилов Виктор Александрович
Ураков Олег Александрович
Шаршунов Вячеслав Алексеевич

МАШИНЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Учебник
В 3-х книгах
Книга 2
Том 2

*Утверждено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебника для студентов специальности «Машины
и аппараты пищевых производств» учреждений, обеспечивающих
получение высшего образования*

*Допущено Министерством образования Российской Федерации в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению
подготовки дипломированных специалистов «Пищевая инженерия»*

Под редакцией академика РАСХН В.А. Панфилова,
профессора В.Я. Груданова

Ответственный за выпуск *А.А. Бренч*
Электронный набор, верстка, дизайн *А.А. Бренч*

Подписано в печать 21.03.2008 г. Формат 70×100^{1/16}
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 47,95.
Уч.-изд. л. 42,3. Тираж 200 экз. Заказ 710.

Издатель

Белорусский государственный аграрный технический университет
ЛИ № 02330/0131734 от 10.02.2006.
220023, г. Минск, пр. Независимости, 99, к. 2

РУП «Издательство «Белорусский Дом печати»
ЛП 02330/0131528 от 30.04.2004.
220013, г. Минск, пр. Независимости, 79
ISBN 978-985-6770-90-9



9 789 856 770 90 9