

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 1

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*

Учебник

МАШИНЫ И АППАРАТЫ  
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Книга 1

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Беларускі сельска-гаспадарчы  
тэхнічны ўніверсітэт  
ІНВ. № 439654

Минск  
2007

УДК 664(07)  
ББК 36.81 я7  
М38

Авторы:

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

Рецензенты:

кафедра машин и аппаратов пищевых производств Кубанского государственного технологического университета (зав. каф., д-р техн. наук, проф. *Е.П. 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. 1 /**  
**М38** С.Т. Антипов [и др.]; под ред. акад. РАСХН В.П. Панфилова, проф. В.Я. Груданова. —  
Минск : БГАТУ, 2007. — 420 с.  
ISBN 978-985-6770-50-3 (Т. 1)  
ISBN 978-985-6770-49-7

В учебнике обобщены сведения о состоянии и перспективе технического обеспечения пищевых и перерабатывающих производств. Особое внимание уделено проблемам, стоящим перед специалистами в деле повышения эффективности машинных технологий продуктов питания. Представлены современные формы организации технологических комплексов, а также машинно-аппаратурные схемы линий для переработки растительного и животного сельхозсырья.

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

УДК 664(07)  
ББК 36.81 я7

ISBN 978-985-6770-50-3 (Т. 1)  
ISBN 978-985-6770-49-7

© С.Т. Антипов и др., 2007  
© БГАТУ, 2007

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	6
<b>ЧАСТЬ I МАШИНЫ И АППАРАТЫ – СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ</b>	
<b>Глава 1 Организация машинных технологий пищевых продуктов</b> .....	9
1.1 Линия как объект технического обеспечения современных технологий.....	10
1.2 Основные требования к технологическим процессам и оборудованию линий.....	17
1.3 Производительность линии.....	21
<i>Контрольные вопросы</i> .....	26
<b>Глава 2 Технологические линии для производства пищевых продуктов     путь разборки сельскохозяйственного сырья на компоненты</b> .....	27
2.1 Технологическая линия производства сортовой муки из зерна пшеницы.....	28
2.2 Технологическая линия производства гречневой крупы.....	33
2.3 Технологическая линия производства варено-сушеных круп.....	38
2.4 Технологическая линия производства овсяных хлопьев.....	42
2.5 Технологическая линия производства кукурузных хлопьев.....	44
2.6 Технологическая линия производства сушеного картофеля и овощей.....	48
2.7 Технологическая линия производства картофельного крахмала.....	52
2.8 Технологическая линия производства сахара-песка из сахарной свеклы.....	58
2.9 Технологическая линия производства томатного сока.....	68
2.10 Технологическая линия производства замороженных овощей, фруктов и ягод.....	71
2.11 Технологическая линия производства растительного масла из семян подсолнечника.....	74
2.12 Технологическая линия производства жареного и растворимого кофе.....	86
2.13 Технологическая линия производства солода.....	92
2.14 Технологическая линия производства виноматериалов.....	96
2.15 Технологическая линия производства этилового ректификационного пищевого спирта.....	101
2.16 Технологическая линия производства хлебопекарных дрожжей.....	106
2.17 Технологическая линия производства ферментных препаратов.....	110
2.18 Технологическая линия производства пастеризованного питьевого молока и сливок.....	115

2.19 Технологическая линия производства сухого молока .....	122
2.20 Технологическая линия производства сливочного масла .....	126
2.21 Технологическая линия первичной переработки сельскохозяйственных животных .....	130
2.22 Технологическая линия первичной переработки птицы .....	135
2.23 Технологическая линия производства мороженой рыбы и филе .....	140
<i>Контрольные вопросы</i> .....	145
<b>Глава 3. Технологические линии для производства пищевых продуктов путем сборки из компонентов сельскохозяйственного сырья</b> .....	146
3.1 Технологическая линия производства хлеба из пшеничной муки .....	147
3.2 Технологическая линия производства ржаного хлеба .....	150
3.3 Технологическая линия производства пшеничных сдобных сухарей .....	154
3.4 Технологическая линия производства макаронных изделий .....	157
3.5 Технологическая линия производства сахарного печенья .....	161
3.6 Технологическая линия производства затяжного печенья и крекера .....	168
3.7 Технологическая линия производства вафель .....	174
3.8 Технологическая линия производства карамели .....	179
3.9 Технологическая линия производства помадных конфет .....	186
3.10 Технологическая линия производства безалкогольных напитков .....	192
3.11 Технологическая линия производства кваса .....	198
3.12 Технологическая линия производства пива .....	200
3.13 Технологическая линия производства водки .....	213
3.14 Технологическая линия вторичного виноделия .....	216
3.15 Технологическая линия производства майонеза .....	222
3.16 Технологическая линия производства маргарина .....	225
3.17 Технологическая линия производства вареных колбас .....	229
3.18 Технологическая линия производства копченых колбас .....	233
3.19 Технологическая линия производства пельменей .....	238
3.20 Технологическая линия производства мясных консервов .....	240
3.21 Технологическая линия производства мясных консервов для детского питания .....	243
3.22 Технологическая линия производства рыбных пресервов .....	248
<i>Контрольные вопросы</i> .....	251
<b>Глава 4 Технологические линии для производства пищевых продуктов путем комбинированной переработки сельскохозяйственного сырья</b> .....	252
4.1 Технологическая линия производства консервов «Зеленый горошек» .....	253
4.2 Технологическая линия производства фруктовых консервов для детского питания .....	259
4.3 Технологическая линия производства халвы .....	263
4.4 Технологическая линия производства пралиновых конфет .....	268
4.5 Технологическая линия производства плиточного шоколада и какао-порошка .....	274
4.6 Технологическая линия производства мороженого .....	282
4.7 Технологическая линия производства кисломолочных напитков .....	287
4.8 Технологическая линия производства творога .....	292
4.9 Технологическая линия производства сыра .....	296
4.10 Технологическая линия производства рыбных консервов .....	304
<i>Контрольные вопросы</i> .....	307

---

<b>Глава 5 Технологические линии для производства комбикормов</b> .....	<b>308</b>
5.1 Комбикормовый завод как совокупность технологических линий обработки сырья при производстве конечной продукции.....	309
5.2 Технологическая линия приема, очистки и хранения зернового сырья.....	318
5.3 Технологическая линия отделения пленок с овса и ячменя.....	322
5.4 Технологическая линия измельчения, дозирования и смешивания компонентов ...	325
5.5 Технологическая линия кормовых продуктов пищевых производств .....	331
5.6 Технологическая линия подготовки соли, мела и другого минерального сырья.....	339
5.7 Технологическая линия подготовки карбамида .....	341
5.8 Технологическая линия подготовки премиксов .....	343
5.9 Технологическая линия гранулирования комбикормов .....	345
5.10 Технологическая линия влаготепловой обработки зерна.....	347
5.11 Технологические линии экструдирования и экспандирования зерна .....	351
5.12 Технологическая линия ввода жидких добавок в комбикорм.....	358
5.13 Технологии будущего в комбикормовом производстве .....	361
5.14 Научное обоснование расчета технологических линий производства комбикормов.....	374
<i>Контрольные вопросы</i> .....	392
<b>Глава 6 Организация процессов в машинах и аппаратах   технологических линий</b> .....	<b>393</b>
6.1 Технологические свойства пищевых сред.....	393
6.2 Систематизация процессов в машинах и аппаратах.....	401
6.3 Процессы в машинах и аппаратах будущего .....	405
<i>Контрольные вопросы</i> .....	417
<b>Заключение</b> .....	<b>418</b>
<b>Рекомендуемая литература</b> .....	<b>419</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач, стоящей перед пищевой промышленностью и пищевым машиностроением, является создание высокоэффективного технологического оборудования, которое на основе использования прогрессивной технологии значительно повышает производительность труда, сокращает негативное воздействие на окружающую среду и способствует экономии исходного сырья, топливно-энергетических и материальных ресурсов.

Анализ современного состояния и тенденций развития пищевых и перерабатывающих отраслей АПК России и Беларуси свидетельствует о том, что технический уровень производств нельзя признать удовлетворительным. Лишь 20% активной части производственных фондов предприятий соответствуют мировому уровню, а около 70 % требуют модернизации или подлежат замене.

Потребность в важнейших видах оборудования для предприятий удовлетворяется в последние годы только на 50...70 %. Это является следствием того, что перерабатывающая промышленность была вынуждена в течение длительного времени закупать оборудование за рубежом. В результате этого на предприятиях треть всего парка технологического оборудования составляет импортная техника.

Производительность труда на российских и белорусских предприятиях, перерабатывающих сельскохозяйственное сырье, в 2...3 раза ниже, чем на аналогичных предприятиях развитых стран; более 50 % трудоемких операций на отечественных предприятиях выполняют вручную. Лишь 8 % действующего оборудования работает в режиме автоматических линий.

Более 1/3 парка машин и оборудования отработало уже два и более амортизационных срока. Степень износа основных средств составляет 70 %.

Недостаточные темпы обновления активной части основных производственных фондов привели к тому, что удельный вес изношенного оборудования, находящегося в эксплуатации свыше 10 лет, составил в целом по пищевой промышленности 35 %, а в сахарной, масло-жировой, табачной, дрожжевой и кондитерской промышленности – 40...70 %. Обновление парка оборудования в настоящее время не превышает 3...4 % вместо необходимых 8...10 % в год.

Общий уровень механизации производств в пищевых и перерабатывающих отраслях АПК не превышает 50 %.

Научно-технический прогресс в агропромышленном комплексе – сложный динамический процесс. Он связан с формированием новых знаний и идей, технологическим освоением научных открытий, изобретений и результатов

исследований и разработок, внедрением нововведений в виде прорывных, критически важных технологий, прогрессивной техники, новых видов сырья, полуфабрикатов, добавок, продуктов питания и непродовольственных товаров, выбором оптимальных форм организации производства, а также с другими немаловажными видами научно-технической деятельности, составляющими в совокупности инновационный процесс.

Авторы рассматривают материал этого учебника как систематизированный массив прототипов техники пищевых производств завтрашнего дня.

Не умаляя роль мини-производств и малых предприятий в удовлетворении потребностей населения в продуктах питания, необходимо отметить, что будущее за автоматизированными и автоматическими поточными линиями в составе крупных пищевых и перерабатывающих предприятий.

Известно, что автоматизация производства представляет собой комплексную конструкторско-технологическую задачу создания новой техники. Главным направлением в решении этой задачи – не замена функций человека при обслуживании существующих машин и агрегатов, а разработка таких технологических процессов, которые были бы вообще невозможны при непосредственном участии человека. Поэтому в соответствии с требованиями автоматизации предусматривается переход от многостадийных процессов с системой транспортирования продуктов от одного аппарата к другому к одностадийным, от малопроизводительного оборудования к высокопроизводительному, от периодических процессов к непрерывным.

Архитектоника учебника носит системный и проблемный характер. От описания принципов организации машинных технологий авторы переходят к краткому изложению технологических свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции и далее к рассмотрению научных основ процессов, конкретных конструкций машин и аппаратов и их расчетам как современных прообразов оборудования линий будущего, а также приводят примеры новых технических решений известных технологических задач.

Такой методологический подход к изложению учебного материала обусловлен тем, что на данном этапе развития пищевых и перерабатывающих отраслей не только происходит усложнение научной и инженерной деятельности, но и ее объект становится принципиально иным. Этот объект – технологическая линия в целом, включая и окружающую среду.

Именно эта мысль пронизывает все разделы учебника, который написан в русле методологии опережающего образования.

## ЧАСТЬ I

# **Машины и аппараты – составные части технологических комплексов**

*В этой части учебника машины и аппараты рассматриваются как компоненты технологических комплексов, из которых в свою очередь состоит та или иная технологическая линия. Совокупность множества различных процессов в машинах и аппаратах линии в сущности есть технологическая система в виде технологического потока, имеющего свою пространственно-временную структуру. Системообразующим фактором такой системы является стабильность входных и выходных параметров процессов в машинах и аппаратах.*

*При изучении машинно-аппаратурных схем пищевых производств целесообразно не только уяснить порядок размещения оборудования в линии, но и условия эффективного функционирования соответствующего технологического потока.*





Начинающему можно и нужно помочь учиться,  
и все же научиться он может только сам.  
ФРАНК ИЛЬЯ МИХАЙЛОВИЧ (1908–1990),  
физик, академик АН СССР

## Глава 1

# ОРГАНИЗАЦИЯ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Пищевые технологии представляют собой системы знаний о способах воздействия различными орудиями труда на сырье, материалы и полуфабрикаты. Для получения каждого вида продуктов питания применяют свою совокупность методов обработки сырья, материалов или полуфабрикатов. Основу пищевых технологий составляют специфические технологические операции как совокупности типовых процессов.

*Технологическая операция.* Часть большого производственного процесса, выполняющая действия по изменению и последующей фиксации состояния обрабатываемой среды, называется технологической операцией.

*Типовые процессы.* В пищевых технологиях можно выделить тринадцать типовых процессов обработки сред: соединение без сохранения поверхности раздела (смешивание сред); соединение с сохранением поверхности раздела (образование слоя); разделение на фракции; измельчение; сложный процесс преобразования (комплекс физических, химических и микробиологических процессов); дозирование; формообразование; ориентирование (в частности, предметов); термостатирование (поддержание постоянной температуры); нагревание; охлаждение; изменение агрегатного состояния; хранение.

Каждый из перечисленных типовых процессов может быть частью или целым технологической операцией, границы которой, как правило, совпадают с границами конкретной машины или аппарата. Объединение как минимум двух технологических операций обеспечивает образование технологической подсистемы, соответствующей определенному комплексу технологического оборудования (агрегату, установке) или набору оборудования в границах производственного участка.

*Технологическая система.* Объединив несколько подсистем, реализующих все стадии переработки сырья и выпуска готовой продукции, можно сформировать технологическую систему в целом. Такая система соответствует всей совокупности оборудования, входящего в состав технологической линии.



Человек подобен дроби: числитель – то, что он есть, знаменатель – то, что он о себе думает. Чем больше знаменатель, тем меньше дробь.  
*ТОЛСТОЙ ЛЕВ НИКОЛАЕВИЧ (1828 1910).*  
*русский писатель*

## 1.1 ЛИНИЯ КАК ОБЪЕКТ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Формирование технологической системы связано с комплексным решением задач технического прогресса в данной области пищевой технологии, направленных на увеличение производительности труда и экономии материальных и энергетических ресурсов при одновременном повышении качества выпускаемой продукции.

Изучая вопросы организации технологических линий, целесообразно рассмотреть их классификацию по функциональным признакам, характеризующим строение и принцип действия этих линий.

**Линии для производства пищевых продуктов путем разборки сельскохозяйственного сырья на компоненты.** Такими линиями оснащены предприятия по обработке и переработке сырья: зерна, масличных семян (подсолнечника, хлопка и др.), сахарной свеклы, картофеля, плодов и овощей, винограда, а также скота, птицы, рыбы, молока и др.

Все виды животного и растительного сырья обладают сложной многокомпонентной структурой, а также содержат различные примеси, поэтому основными способами обработки и переработки являются очистка и разборка исходного сырья. В линиях для первичной переработки сырья технологический процесс направлен в основном на разделение пищевых сред. Номенклатура продукции является, как правило, многопредметной, зависит от числа полезных компонентов, содержащихся в сырье.

При этом если даже основная продукция линии однопредметная (сахар, масло), то побочные непищевые продукты обычно обладают полезными потребительскими свойствами (жом, жмых, патока и др.) и находят применение в сельскохозяйственном производстве или смежных отраслях пищевой промышленности.

Текстура продукции, выпускаемой на линиях для первичной переработки сырья, представляет собой твердые сыпучие среды, жидкости и жидкообразные массы или составные части туш животных. Если эта продукция предназначена для реализации через торговые организации, то ее упаковывают малыми дозами в мягкую или твердую тару (пакеты, коробки, банки, бутылки и т. п.); если направляется на дальнейшую переработку, то ею заполняют цистерны или контейнеры специального транспорта и крупногабаритную тару в виде мешков, бидонов, бочек, бутылей и т. п.

**Линии для производства пищевых продуктов путем сборки из компонентов сельскохозяйственного сырья.** Технологические линии вторичной переработки сырья предназначены для производства колбасных, хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий, пищевого концентрата, ликероводочной и нивобезалкогольной продукции, мясных и плодоовощных консервов, майонеза, парфюмерно-косметических изделий и др. На переработку сырье поступает в виде однородных (по составу, размерам, текстуре) пищевых сред: твердых сыпучих, жидких или жидкообразных.

В линиях для вторичной переработки сырья в ходе технологического процесса в основном выполняется сборка сырья, чтобы образовать многокомпонентные пище-

вые среды. Главные операции сборки – дозирование и смешивание рецептурных компонентов, а также их формование и упаковка.

Текстура продукции линий для вторичной переработки сырья представляет собой твердые сыпучие среды, жидкости и жидкообразные массы, а также твердые штучные изделия. При производстве последних ведущую роль играют процессы формообразования этих изделий. Номенклатура продукции таких линий в течение технологического цикла обычно однопредметная. Только в конструкциях некоторых линий предусмотрена возможность одновременного выпуска изделий, разнородных по составу и внешнему виду. Например, в линиях производства конфет «Ассорти» одновременно вырабатывают набор конфет с различными начинками и формой.

Линии вторичной переработки сырья, как правило, универсальны и после соответствующей переналадки на них можно изготавливать широкий ассортимент изделий, различающихся между собой по составу и форме.

Продукция, выпускаемая на линиях вторичной переработки сырья, в основном предназначена для реализации населению. Поэтому значительное место в составе линии занимает оборудование для выполнения финишных операций дозирования и упаковок жидких, сыпучих, пастообразных или штучных продуктов.

**Линии для производства пищевых продуктов путем комбинированной переработки сельскохозяйственного сырья.** Некоторые технологические линии предназначены для комбинированной переработки сырья. Например, в линии производства шоколада какао-бобы подвергаются первичной переработке с отделением посторонних примесей и наружной оболочки – какаовеллы и получением какао тертого и какао-масла. В качестве остальных рецептурных компонентов используют сахар-песок, молоко и др. На последующих стадиях технологического процесса выполняют операции соединения и формования с образованием многокомпонентной продукции – шоколадных изделий. Аналогично при производстве халвы первичной переработке подвергаются масличные семена подсолнечника или кунжута, применяют также вторичное сырье: сахар-песок, патоку, пенообразователи и др.

**Системы машин в пищевых и перерабатывающих отраслях АПК.** В агропромышленном комплексе разработано около 30 систем машин для следующих отраслей: молочной, первичной переработки скота, производства колбасных изделий, птицеперерабатывающей, масложировой, сахарной, кондитерской, консервной, картофелеперерабатывающей, крахмалопаточной, чайной, винодельческой, пивобезалкогольной, спиртовой и ликероводочной, эфиромасличной, дрожжевой, хлебопекарной, макаронной, мельнично-элеваторной, рыбоперерабатывающей, табачной, тарной, соляной, парфюмерно-косметической, холодильной для мясной и молочной отраслей.

В каждой системе машин технологические линии распределены по конкретным отраслевым подвидам выпускаемой продукции. В зависимости от целей и задач инженерной деятельности используют различные классификационные признаки. В частности классификацию линий по видам выпускаемых изделий и производительности, которая и положена в основу отраслевых систем машин.

На основании функционального анализа различных технологических операций, выполняемых с целью преобразования потребительских свойств исходного сырья сначала в свойства определенных полуфабрикатов, а затем в потребительские свойства готовой продукции, в составе любой линии можно выделить, как показал В.А. Панфилов, три основных комплекса оборудования, начиная с конца линии:

*А* – для изготовления готовой продукции из окончательного полуфабриката;

*B* – для получения окончательного полуфабриката из промежуточных полуфабрикатов;

*C* – для образования промежуточных полуфабрикатов из исходного сырья.

Такое группирование оборудования линии обусловлено различием и особенностями функциональных задач машин и аппаратов, входящих в состав соответствующей группы.

**Отличительные особенности комплексов *A*, *B* и *C*.** При функционировании комплекса *A* нормативные значения потребительских свойств готовой продукции получаются в результате преобразования окончательного полуфабриката, имеющего определенные технологические свойства. Отличительная особенность окончательного полуфабриката – это то, что его состав и строение соответствуют только одному конкретному наименованию готовой продукции. Поэтому каждому комплексу *A* в составе линии должен предшествовать комплекс *B*, обеспечивающий получение окончательного полуфабриката из промежуточных полуфабрикатов.

Комплекс *B* – наиболее ответственная (центральная) подсистема любой технологической линии. При всем многообразии свойств промежуточных полуфабрикатов с помощью оборудования комплекса *B* должен образоваться окончательный полуфабрикат, строение и состав которого не подлежат в дальнейшем пересмотру или корректировке. Если показатели свойств окончательного полуфабриката изменяются в пределах более допустимых, то получают либо дефектную продукцию, либо продукцию другого наименования. В обоих случаях цель функционирования линии не будет достигнута.

Комплекс *C* предназначен для подготовки исходного сырья к переработке, а также для такого преобразования потребительских свойств сырья, чтобы обеспечить эффективное извлечение полезных веществ и оптимальные условия для получения требуемого состава и строения промежуточных полуфабрикатов.

Важная задача функционирования линии первичной переработки сырья – рациональное использование всех полезных веществ, содержащихся в нем, а не только тех из них, которые предусмотрены рецептурой на основную продукцию. Оборудование линии должно быть таким, чтобы на нем можно было осуществлять безотходную технологию, при которой отходы производства, содержащие полезные вещества, подвергались дополнительной обработке с целью сохранения их полезных свойств, обеспечения возможности транспортирования и использования.

Например, в свеклосахарном производстве жом можно применять в качестве вторичного сырья для изготовления пектина и пектинового клея, а также непосредственно скармливать скоту; из жомовой воды получают кальциевые соли; меласса может быть вторичным сырьем для получения глицерина, дрожжей, лимонной кислоты, спирта, молочной кислоты, ацетона, бутанола, масляной кислоты; фильтрационный осадок можно направлять в сельское хозяйство как удобрение.

В состав линий следует включать также группу оборудования для утилизации и обезвреживания отходов производства, не имеющих полезного применения. Экологическая безопасность — одно из обязательных условий современного производства.

Число комплексов в составе линии и конкретные задачи их функционирования зависят от способа преобразования исходного сырья и вида выпускаемой продукции. При переработке сырья методом разборки в состав линии вводят обычно один комплекс *C*, а число комплексов *A* и *B* равно числу видов выпускаемой готовой продукции, включая вторичное сырье, направляемое на другие предприятия. В линиях,

предназначенных для выпуска готовой продукции методом сборки исходного сырья, как правило, имеется по одному комплексу *A* и *B*, а число комплексов *C* зависит от числа промежуточных полуфабрикатов, из которых необходимо собрать окончательный полуфабрикат.

**Функционально-технологические задачи комплекса *C*.** В технологических линиях переработки первичного сырья *методом разборки* наибольшее число задач решают с помощью оборудования, входящего в состав комплекса *C*. Начальный этап технологического процесса связан с необходимостью очистки исходного сырья от внешних примесей: загрязнений наружной поверхности сырья, семян сорняков, пыли, песка, камней и др.

Если загрязнения соединены с наружной поверхностью сырья достаточно прочно, то сырье должно подвергаться предварительной мойке в водных растворах в сочетании с механическим, гидродинамическим и тепловым воздействием. Когда примеси не имеют прочной связи с наружной поверхностью сырья, необходима его очистка в воздушной или водной среде путем использования различия физических свойств сырья и его примесей: геометрических размеров, плотности, шероховатости поверхности, электромагнитных характеристик и др.

Полезные вещества, содержащиеся в первичном сырье, образуются в результате жизнедеятельности растительных и животных организмов в условиях сельскохозяйственного производства или естественной природной среды (лесные растения, дикие животные, рыба и др.). Наряду с этим имеются пищевые производства, в которых полезные вещества создаются в искусственных условиях. В частности, полезные вещества получают в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, например при брожении. Поэтому в состав линии бродильных производств включают группы оборудования, в котором обеспечивается жизнедеятельность следующих микроорганизмов: дрожжей в линиях выработки пива, вина, кваса, этилового спирта, хлебопекарных и кормовых дрожжей; бактерий в линиях получения молочной, уксусной и масляной кислот; плесневых грибов в линиях изготовления лимонной, глюконовой, итаконовой, фумаровой кислот, ферментов, витаминов и антибиотиков.

При переработке сельскохозяйственного сырья методом разборки полезные вещества обычно находятся во внутриклеточном пространстве различных частей животных и растительных организмов, их плодов или семян, имеющих наружную защитную оболочку. Поэтому в число задач, решаемых с помощью оборудования комплекса *C*, входит разрушение внешней структуры сырья: его наружного покрова и оболочек с получением неоднородных грубоизмельченных смесей. Следующая группа задач связана с разрушением внутренней структуры сырья: его скелетных структур, клетчатки, оболочек растительных клеток, соединительных тканей животного сырья и др.

Внешнюю и внутреннюю структуры можно разрушать с помощью механических процессов резания, дробления и измельчения в сочетании с термической, гидравлической, химической или биохимической обработкой сырья.

Задачи извлечения полезных веществ из сырья связаны с разделением полезных веществ и внутренних примесей. К таким примесям относятся составные части первичного сырья, которые не содержат полезных веществ, предусмотренных рецептурой на готовую продукцию: наружная оболочка, скелетная структура, клетчатка, вода и др.

На разделение поступают неоднородные смеси твердых и жидких компонентов сырья: сыпучие вещества, эмульсии, суспензии, сложные гетерогенные структуры. Составные части этих смесей имеют различные физико-механические свойства, обусловленные фазовым состоянием, геометрическими размерами, плотностью, шероховатостью поверхности, температурами плавления и кипения, электромагнитными характеристиками и др. Благодаря этим различиям возникает возможность разделить неоднородные вещества на жидкие и твердые, газообразные и жидкие (или твердые), тяжелые и легкие, крупные и мелкие, длинные и короткие, легко- и тугоплавкие, магнитные и немагнитные материалы и т.д.

Характерная особенность оборудования, входящего в состав комплекса С, – это то, что в результате его функционирования преобразуется структура исходного сырья. При этом получают промежуточные полуфабрикаты, технологические свойства которых обеспечивают эффективное извлечение из сырья полезных веществ и удаление посторонних примесей.

При извлечении полезных веществ или удалении посторонних примесей можно широко использовать массообменные процессы, связанные с конвекцией, диффузией, осаждением, фильтрацией, экстракцией, ректификацией и др. Процессы можно интенсифицировать путем прессования, вакуумирования, центрифугирования, вибрации, нагревания, охлаждения и других воздействий на перерабатываемые продукты.

Если в естественных условиях составные части смесей не обладают различными физическими свойствами, то такие различия создают искусственно посредством дополнительного воздействия на смеси. Например, при очистке диффузионного сока сахарной свеклы органические кислоты удаляют при помощи известкового раствора и диоксида углерода.

На технологических линиях для выпуска готовой продукции *методом сборки*, как правило, перерабатывают вторичное сырье, т.е. компоненты сельскохозяйственной продукции, полученные в результате функционирования линий для первичной переработки сырья. Во вторичном сырье внешние и внутренние примеси натурального сырья практически не содержатся. Но в число задач функционирования оборудования комплекса С входит очистка сырья и полуфабрикатов от технологических примесей.

Технологические примеси могут образовываться в результате хранения и транспортирования вторичного сырья, пригорания или разложения обрабатываемых рецептурных компонентов, случайного попадания в продукт инородных тел при обслуживании и ремонте оборудования, а также из-за его износа.

Задачи функционирования комплекса С – подготовка исходных компонентов путем их измельчения, сортирования, нагревания, охлаждения, плавления или растворения, а также предварительного смешивания в соответствии с рецептурой. На следующем этапе производства сборной продукции перед оборудованием комплекса С обычно стоят задачи более тонкого измельчения – диспергирования и равномерного распределения (гомогенизации) компонентов, образующих промежуточные полуфабрикаты. Для решения этих задач, в частности, жидкие смеси можно обрабатывать в эмульсаторах и гомогенизаторах, а для обработки смесей, содержащих твердые компоненты, можно применять куттера, валковые, дисковые, штифовые или шаровые мельницы и другие виды измельчающих устройств. Благодаря диспергированию и гомогенизации рецептурных смесей возникают новые полезные свойства пищевой среды. Во-первых, улучшаются вкусовые достоинства пищевой продукции: полезные вещества приобретают дисперсную структуру более благоприятную для усвоения ор-

ганизмом человека, высвобождаются приятные ароматические вещества и, наоборот, удаляются их неблагоприятные составляющие. Во-вторых, для тонкоизмельченных смесей характерна большая площадь поверхности раздела фаз, от которой зависят последующие процессы формирования и фиксации структуры продукции.

**Функционально-технологические задачи комплекса В.** После извлечения и очистки полезных веществ задачи их дальнейшей переработки *методом разборки* – получение окончательного полуфабриката в результате функционирования комплекса В. Промежуточные полуфабрикаты, поступающие в комплекс В, вначале должны подвергаться обработке с целью повышения концентрации полезных веществ путем выпаривания влаги, промывания водой или растворителями, ректификации и других воздействий. Следующая группа задач связана с окончательной очисткой полезных веществ: сепарированием, рафинированием, фильтрацией и др.

Особенностью задач, которые должны быть решены в процессе функционирования комплекса В *методом сборки*, является то, что из полезных веществ, извлеченных из натурального первичного сырья, необходимо образовать новый искусственный состав и структуру готовой продукции.

При выработке жидкой продукции задача завершающих операций, выполняемых на оборудовании комплекса В, заключается в улучшении вкусовых достоинств, аромата, цветности, прозрачности и других свойств путем дображивания, созревания, выдержки и др.

При выпуске продукции в виде твердых частиц или тел завершающие операции комплекса В связаны с образованием пространственной структуры продукции с заданными геометрическими размерами, шероховатостью поверхности и другими характеристиками формы. Решение этих задач обычно реализуется в результате процессов кристаллизации, уплотнения (сбивания), обезвоживания, шлифования, обкатки и др.

При производстве продукции, содержащей в пространственной структуре пузырьки воздуха, задача оборудования комплекса В — насыщение промежуточного полуфабриката воздухом. Это может достигаться либо в результате механического процесса взбивания рецептурной смеси путем обработки месильной лопастью или нагнетания воздуха в объем смеси под давлением. Широко применяют также способы образования газовой фазы в результате жизнедеятельности дрожжей (брожение) либо химических рыхлителей, вводимых в объем смеси: двууглекислой соды, карбоната аммония и др.

Формирование пространственной структуры пищевых продуктов может быть связано с проведением химических реакций. Например, в результате обработки растительных масел водородом в присутствии катализаторов жидкая структура масла преобразуется в твердообразную структуру саломасса.

После диспергирования и гомогенизации рецептурных компонентов, входящих в состав промежуточных полуфабрикатов, а также формирования пространственной структуры этих полуфабрикатов получение окончательного полуфабриката — задача функционирования комплекса В. Сложность функционирования этого комплекса оборудования связана с необходимостью соединения разнородных по составу и строению промежуточных полуфабрикатов в единый окончательный полуфабрикат.

При этом различные технологические свойства промежуточных полуфабрикатов должны быть преобразованы в ограниченный комплекс технологических

свойств окончательного полуфабриката, гарантирующий выпуск готовой продукции с нормативными показателями потребительских свойств.

Получение окончательного полуфабриката часто связано с формированием штучных пространственных тел заготовок продукции, в которых промежуточные полуфабрикаты должны соединяться между собой с определенной пространственной ориентацией и сохранением поверхности раздела. Таким образом, необходимо сформировать пространственные конструкции, отвечающие требованиям определенных массовых, геометрических и прочностных характеристик, а также соответствовать нормам эстетического восприятия формы и поверхности будущих готовых изделий.

В связи с этим в число задач функционирования оборудования комплекса *В* наряду с дозированием промежуточных полуфабрикатов входит соединение этих полуфабрикатов в сводную (рабочую) смесь, вымешивание и гомогенизация сводной смеси, создание условий для обеспечения однородности структурно-механических свойств сводной смеси (путем темперирования, отлежки, выдержки и т.п.), деление сводной смеси на дискретные порции или заготовки (путем резания, выдавливания, дозирования и др.), формование дискретных порций и заготовок (путем отливки, штампования, прессования, выдавливания, обкатки, прокатки, намазки и др.).

**Функционально-технологические задачи комплекса *А*.** Основные задачи функционирования комплекса *А*, входящего в состав линии для переработки первичного сырья *методом разборки*, связаны с доводкой показателей свойств, состава и строения окончательного полуфабриката до нормативных показателей свойств готовой продукции, а также с обработкой и защитой продукции, обеспечивающих ее сохранность при транспортировании, хранении и потреблении. К числу этих задач относится тепловая обработка продукции с целью подготовки ее к употреблению в пищу, а также для пастеризации, стерилизации.

Фиксацию пространственной структуры продуктов первичной переработки сырья можно осуществить кристаллизацией, студнеобразованием или обезвоживанием с одновременным температурным воздействием: нагреванием или охлаждением. Решение этих задач обеспечивается при функционировании оборудования для сушки, обжарки, замораживания и охлаждения сырья и полуфабрикатов. Другая группа задач связана с мойкой и тепловой обработкой тары.

Значительное место в составе комплекса *А* занимают группы оборудования для выполнения финишных операций: дозирования продуктов мелкими и крупными дозами, фасования жидкой продукции в бутылки, пакеты, бидоны или цистерны, твердой сыпучей продукции в пакеты, ящики, мешки или цистерны и др.

Основные задачи функционирования комплекса *А*, входящего в состав линии для выпуска продукции *методом сборки* исходного сырья, совпадают с задачами аналогичного комплекса, включенного в линию для переработки первичного сырья методом разборки. Однако задачи, связанные с сохранением и упаковыванием сборной продукции, очень разнообразны.

Сохранение пищевой продукции преимущественно обусловлено взаимосвязанными методами: защитой наружной поверхности продукта от воздействия внешней среды и консервированием внутренней структуры продукции. Сущность этих методов зависит от состава, строения и продолжительности установленного срока хранения продукта, а также от характера воздействий, нарушающих его сохранность.



Вредные воздействия окружающей среды на наружную поверхность продукта могут вызвать, например, его высыхание или увлажнение; разложение веществ под воздействием кислорода воздуха или света; попадание посторонних примесей в виде пыли, ароматических веществ, микроорганизмов и др.; механические повреждения изделий и другие дефекты.

Консервирование пищевых продуктов проводят с целью замедления или прекращения жизнедеятельности микроорганизмов, а также инактивации ферментов, содержащихся в этих продуктах. Задачи консервирования можно решать, используя четыре основные группы методов:

физические – тепловая обработка: пастеризация с нагревом до 100 °С, стерилизация с нагревом 100 °С и выше, выпечка, обжарка и сушка, а также охлаждение и замораживание;

химические – введение в состав продукта химических консервантов: сахара, пищевой соли, этилового спирта, уксусной, сорбиновой или сернистой кислот;

микробиологические – молочно-кислое и спиртовое брожение, например, при производстве кисло-молочных продуктов, сыров, вина, пива, кваса, заквашенных и моченых овощей и плодов;

комбинированные – сочетание физических, химических и микробиологических способов, например, копчение и вяление мясной и рыбной продукции, квашение, вымачивание и сушка плодоовощной продукции с применением соли или сахара и др.

Выбор способа упаковки готовой продукции зависит от ее структурно-механических свойств. Твердые сыпучие или штучные продукты можно покрывать более прочной и стойкой к внешним воздействиям наружной оболочкой (съедобной или несъедобной): шоколадной или сахарной глазурью, хлебной корочкой, колбасной оболочкой и т.п. Затем такие изделия поштучно или группами можно заворачивать или фасовать в мягкие или жесткие тароупаковочные материалы, изготовленные из бумаги, картона или пластических масс.

Пищевые продукты, в составе которых имеется жидкая фаза, следует упаковывать в твердую или мягкую герметичную тару: стеклянные, жестяные, бумажные, пластмассовые бутылки, банки или пакеты. Причем продукты, подлежащие длительному хранению, после упаковки в жесткую стеклянную или жестяную тару необходимо подвергать длительной высокотемпературной обработке.

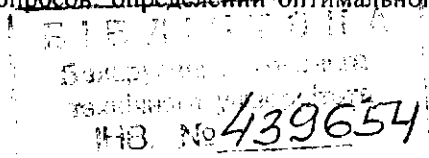
В заключение необходимо отметить, что при проектировании новой линии или модернизации существующей решающим фактором является прогрессивная технология. Поэтому линии, как правило, создают на основе заранее отработанных технологических процессов для каждого производственного комплекса.



Главным свойством учителя должна быть щедрость.  
КАПИЦА ПЕТР ЛЕОНИДОВИЧ (1894–1984)  
физик, академик АН СССР

## 1.2 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ И ОБОРУДОВАНИЮ ЛИНИЙ

Требования к технологическим процессам, оборудованию и его комплексам обуславливаются целью создания машинной технологии. Эта работа должна основываться на решении ряда принципиальных вопросов: определении оптимального



варианта технологического процесса и разделения линии на участки, вычислении количества потоков и подборе машин, выборе транспортных и перегружающих устройств, пространственном размещении оборудования линии и т.д. Все эти задачи должны быть решены так, чтобы при соблюдении всех требований к качеству продукции издержки производства были наименьшими и линия имела высокие технико-экономические показатели.

**Требования к технологическим процессам.** Технологические процессы пищевых производств характеризуются многообразием, что вызывает большие трудности в комплексной механизации и автоматизации.

Под механизацией технологических процессов понимается применение энергии неживой природы. Благодаря механизации можно заменить труд человека там, где непосредственно изменяется состав и строение объекта переработки (соединение, разделение, формование и др.), но рабочий должен принимать непосредственное участие в управлении технологическим оборудованием, контролировать его работу, выполнять пуск, наладку и остановку оборудования.

Под автоматизацией технологических процессов понимается применение энергии неживой природы для выполнения и управления процессом без непосредственного участия людей. В автоматизированном технологическом процессе рабочий участвует в наладке и пуске оборудования только при нарушениях заданного режима эксплуатации оборудования.

Механизацию и автоматизацию технологических процессов проводят с целью замены тяжелого и монотонного физического труда, когда имеются вредные условия на предприятии и когда обеспечивается экономический эффект в результате повышения производительности труда и улучшения качества выпускаемой продукции.

Выбранный технологический процесс должен обеспечивать возможность механизации основных и вспомогательных технологических операций наиболее простыми способами, синхронизации операций на отдельных участках и удобство транспортирования полуфабрикатов.

Выбор оптимального варианта технологического процесса – сложный этап проектирования поточной линии, поэтому она должна создаваться на основе заранее отработанных процессов в машинах и аппаратах.

Технологический процесс для поточной линии следует рассматривать таким, чтобы в линии было наименьшее возможное число рабочих позиций и машин. Это позволит разместить линию на наименьшей площади и сократить затраты на оборудование, так как один сложный агрегат часто стоит меньше, чем несколько более простых.

В большинстве случаев для рационального решения вопросов необходимо не только оснастить линии механизмами и приборами, но и подготовить сам объект автоматизации технологических процессов к условиям механизации и автоматизации. Форму, размеры и другие показатели изделия следует внимательно исследовать с точки зрения возможности упрощения его изготовления (без ухудшения качества) и приведения этих показателей в соответствии с требованиями современной техники и возможностями автоматизации. Возникают ситуации, когда для удобства механизации принятые ранее параметры изделий изменяют.

При изготовлении продукции вручную на немеханизированных линиях различию форм, их типоразмерам и отклонениям в размерах особого значения не придавали. При создании же механизированных и автоматизированных поточных линий

унификация и стандартизация изделий и полуфабрикатов, а также ограничение отклонений в размерах или других параметрах приобретают первостепенное значение. Нельзя, например, представить себе четкую работу заверточного автомата, если конфеты будут иметь значительные отклонения от номинальных размеров. Следовательно, системообразующим фактором линии является стабильность входных и выходных параметров процессов в машинах и аппаратах.

Создавая поточную линию, разработчики должны предусматривать применение наиболее интенсивных технологических режимов. Это позволит, с одной стороны, сократить размеры технологических линий, а с другой – повысить скорость обработки полуфабриката и увеличить объем продукции. Однако следует заметить, что при значительном форсировании режимов возможен и обратный результат. Например, повышение скоростей может привести к быстрому износу рабочих органов и частым простоям линии для их замены или регулирования, а также к ухудшению качества изделий, так как выбранный режим не будет соответствовать физико-химическим свойствам обрабатываемого материала, в частности его реологическим свойствам.

Таким образом, при чрезмерном увеличении скорости может снизиться надежность работы линии, возрасти простой для замены рабочих органов и ухудшиться качество изделий. Увеличивая скорость, можно, с одной стороны, уменьшить продолжительность обработки изделия, но, с другой стороны, это вызовет увеличение расходов на амортизацию, содержание и обновление рабочих органов ввиду уменьшения их износостойкости. Полуфабрикаты и изделия имеют ряд специфических свойств (липкость, текучесть и сыпучесть, непрочность поверхностных слоев и т.д.), которые следует учитывать при выборе транспортирующих устройств. Необходимо обеспечить удобство транспортирования, наименьшую возможность относительного движения (скольжения) изделий по рабочим поверхностям транспортирующих устройств и наименьшее число перемен положений и перевалок изделий. Как структура технологического потока, так и свойства и форма полуфабрикатов обуславливают иногда необходимость использования для транспортирования специальных приспособлений-спутников в виде форм, лотков, противней и т.д., которые обычно имеют гладкую поверхность.

Применение приспособлений-спутников значительно влияет на компоновку линии, так как появляются дополнительные конвейеры для возвращения освободившихся спутников к исходным позициям.

**Требования к технологическому оборудованию.** Прежде чем подбирать и проектировать оборудование поточных линий, необходимо определить не только типоразмеры предполагаемой к выпуску продукции, но и уровень специализации или универсальности линий, от которого в значительной мере будут зависеть конструкции машин. На предприятиях небольшой мощности, по-видимому, целесообразно устанавливать универсальные переналаживаемые линии. Крупные предприятия, напротив, желательно оснащать специализированными линиями, на каждой из которых можно будет выпускать изделия определенных типоразмеров. Необходимо принять во внимание, что стоимость переналаживаемой линии значительно выше, чем специализированной.

Возможны три основных способа создания поточных линий:

- из новых специализированных машин, осуществляющих заранее отработанные технологические процессы;
- из действующего, соответствующим образом модернизированного и оснащенного технологического оборудования;

– из отдельных типовых элементов.

На практике осуществляют смешанные варианты, когда линии создают, например, из действующих машин, но на некоторых операциях применяют новое специальное оборудование.

По возможности следует включать в состав линий существующие проверенные типы машин, при необходимости следует модернизировать их.

Среди действующего парка машин имеется большое число таких, которыми можно комплектовать поточные линии при условии присоединения к ним специальных питающих и транспортирующих устройств. Целесообразно максимально использовать имеющиеся автоматы и полуавтоматы, а также другие машины, увеличив степень автоматизации их и снабдив соответствующими загрузочными и разгрузочными устройствами, а также приборами контроля.

При проектировании поточных линий серьезное внимание должно быть уделено соблюдению условий безаварийной работы, удобству обслуживания и технике безопасности. Выполнение этих требований может сказаться на компоновке линии.

**Требования к формированию комплексов оборудования.** Для синхронизации работы машин поточной линии длительность отдельных технологических операций должна быть одинаковая или кратная, а производительность машин должна быть выровнена.

Если машины, входящие в линию, имеют примерно одинаковую производительность, то можно применять сквозную однопоточную компоновку с транспортными устройствами, передающими полуфабрикат от одной машины к другой. Если же машины по производительности существенно отличаются друг от друга, то следует применять многопоточные линии с параллельной работой однотипных малопроизводительных машин в сходящихся или расходящихся потоках. Для этого необходимо применять специальные перегружающие и распределительные устройства и осуществлять специальную компоновку оборудования. В данном случае вследствие технологических причин возникнут независимые участки поточных линий. Каждый из участков должен иметь систему управления, связанную с другими участками, а также независимые системы автоматической транспортировки изделий и их ориентации. Таким образом, линия с различной в отдельных ее участках продолжительностью рабочего цикла, по существу, представляет собой несколько последовательных поточных линий, связанных друг с другом лишь общим для этих линий автоматическим управлением.

Помимо технологических факторов на компоновку линии часто влияет конфигурация цеха или здания, в которой предполагается размещение линий. Возможные повороты потока также вызывают необходимость введения дополнительных перегружающих устройств и деления линии на отдельные участки.

Разделение линии на участки усложняет и удорожает ее, так как вызывает необходимость установки перегружающих устройств, увеличение числа приводов конвейеров, электроаппаратуры и т.д. Однако многие технологические и строительные причины делают такое деление неизбежным.

Возможны отдельные случаи, когда разделение поточных линий на участки целесообразно, хотя это и сопряжено с усложнением и не является конструктивной неизбежностью. Так, при жесткой связи между машинами простой одной из них вызывают остановку всей линии; чем больше машин входит в линию, тем больше потерь производительности будет из-за простоев. Поэтому при большом числе взаимосвя-

занных машин иногда целесообразно создавать линию с жесткой связью между машинами, разделив ее на независимые участки, и предусмотреть работу этих участков или в виде единого автоматизированного потока, или независимо друг от друга. Поместив между участками бункерные устройства или накопители с запасом полуфабрикатов или изделий, можно частично компенсировать простои участков, так как при простое одного участка остальные могут работать некоторое время за счет изделий, имеющихся в бункерах. Однако эффективность такого разделения линии на участки уменьшается вследствие усложнения и удорожания ее механизмов. Поэтому деление линий на большое количество участков не всегда целесообразно.

При большом числе взаимосвязанных машин линию следует делить на участки с промежуточными накопителями так, чтобы время простоев, а следовательно, и потери производительности на этих участках были одинаковыми. Количество, частота и причины простоев могут быть различными. Они зависят от конструктивного совершенства машин и степени надежности их работы, технического состояния, уровня организации производства и целого ряда случайных причин.

Эксплуатационная производительность поточной линии определяется эксплуатационной производительностью последнего участка или последней машины, которые помимо собственных простоев могут иметь простои, вызываемые простоями предыдущих участков линии.

Здесь следует отметить, что под временем простоя последнего участка следует понимать не только продолжительность его фактической остановки, но и время работы вхолостую, когда участок не останавливается, но продукции не дает. Например, при случайной остановке тестоделителя конвейерную печь останавливать нельзя, так как в пекарной камере находятся тестовые заготовки. Таким образом, печь некоторое время будет работать вхолостую, не давая продукции. При этом время холостой работы печи будет зависеть от продолжительности простоя тестоделительной машины.

Для того чтобы определить время простоя последней машины линии с гибкой связью между машинами, необходимо провести длительные эксперименты для получения статистических данных о частоте простоев оборудования и законе их распределения. В поточных линиях с жесткой связью между машинами продолжительность простоя линии равна продолжительности простоя любой машины.

Таким образом, технологические линии состоят из комплексов оборудования. Функциональная структура линий просматривается настолько четко, что часто комплексы *A*, *B* и *C* называют самостоятельными линиями, например, линия для упаковки молока, линия для получения шоколадных масс и т. д.



Не стремись знать все, чтобы не стать  
во всем невеждой.  
*ДЕМОКРИТ (460–370 до н.э.), древнегреческий философ*

### 1.3 ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЛИНИИ

Основная мера функциональной полезности и эффективности линии – ее производительность, а гарантия достижения высокой эксплуатационной производительности – надежность конструкции линии.

Под производительностью технологической линии понимают способность ее перерабатывать или выпускать то или иное количество продукции за определенный промежуток времени. В продовольственном машиностроении различают три вида производительности: техническую  $\Pi$ , теоретическую  $\Pi_T$  и эксплуатационную  $\Pi_3$ .

**Техническая производительность.** Она характеризует технические возможности линии, обусловленные технологическим процессом и конструкцией оборудования. При определении технической производительности принимают в расчет количество переработанной или выпущенной продукции, длительность непосредственной работы оборудования, а также дополнительные затраты сырья и рабочего времени, необходимые для успешного функционирования оборудования. Дополнительные затраты зависят от конструктивных особенностей оборудования, они предусмотрены технической документацией и учитывают наличие регламентированных возвратных отходов, дефектной продукции и потерь сырья, а также необходимость дополнительных затрат времени на выполнение вспомогательных операций и обслуживание оборудования.

Техническая производительность – главный технико-экономический показатель продовольственного оборудования. По значению этого показателя, прежде всего, решают вопрос, можно ли использовать конкретную конструкцию в составе проектируемой линии. При создании новой линии значение технической производительности устанавливает заказчик, и она указывается в исходных требованиях и техническом задании. По значению этой производительности при проектировании линии необходимо рассчитать теоретическую производительность как линии в целом, так и ее составных частей.

**Теоретическая производительность.** Ее рассчитывают по количеству переработанной или выпущенной продукции за период непосредственной работы оборудования без учета дополнительных затрат сырья и рабочего времени. Теоретическая производительность – важнейшая характеристика любой конструкции. Именно по ней выполняют кинематический и тепловой расчеты, определяют скорости движения рабочих органов, деталей, хладо- и теплоносителей, вычисляют потребляемую мощность, нагрузки, рабочие объемы, габаритные размеры и многие другие параметры оборудования. Поэтому в процессе разработки линии важно проанализировать взаимосвязь между заданной технической производительностью и проектируемой, теоретической производительностью.

Эту взаимосвязь характеризуют коэффициентом использования  $K_n$  теоретической производительности:

$$\Pi = \Pi_T K_n.$$

Согласно вышеизложенным определениям, теоретическую и техническую производительность можно представить в виде следующих зависимостей:

$$\Pi_T = M_n / T_n,$$

$$\Pi = \left( M_n - \sum_{i=1}^n M_i \right) / \left( T_n + \sum_{j=1}^m T_j \right),$$

где  $M_n$  – номинальное (заданное) количество продукции, подлежащее переработке или выпуску;  $T_n$  – номинальная (заданная) продолжительность непосредственной

работы линии;  $\sum_{i=1}^n M_i = M_1 + M_2 + \dots + M_n$  – сумма регламентированных потерь 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го компонентов сырья и материалов, составляющих продукцию;  
 $\sum_{j=1}^m T_j = T_1 + T_2 + \dots + T_m$  – сумма дополнительных затрат времени 1-го, 2-го, ...,  $m$ -го этапов технологического процесса, где выполняются дополнительные операции и обслуживание оборудования.

Каждое отдельное значение потерь и дополнительных затрат времени можно выразить в долях номинальных значений  $M_n$  и  $T_n$ , тогда предыдущая формула приобретает вид:

$$P = M_n \left( 1 - \sum_{i=1}^n \mu_i \right) / T_n \left( 1 + \sum_{j=1}^m \tau_j \right),$$

где  $\sum_{i=1}^n \mu_i = \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n$  – сумма долей регламентированных потерь 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го компонентов сырья и материалов относительно величины  $M_n$ ;  
 $\sum_{j=1}^m \tau_j = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_m$  – сумма долей дополнительных регламентированных затрат времени 1-го, 2-го, ...,  $m$ -го этапов технологического процесса относительно величины  $T_n$ .

Тогда согласно первой формуле величину  $K_H$  можно определить из выражения

$$K_H = P / P_T = \left( 1 - \sum_{i=1}^n \mu_i \right) / \left( 1 + \sum_{j=1}^m \tau_j \right).$$

Соответственно вторую формулу можно преобразовать в более удобный для ее анализа вид:

$$P_T = P \left( 1 + \sum_{j=1}^m \tau_j \right) / \left( 1 - \sum_{i=1}^n \mu_i \right)$$

Из этой формулы видно, что значения теоретической и технической производительности совпадают только при одном условии – полном отсутствии регламентированных потерь сырья и дополнительных затрат рабочего времени. При увеличении этих потерь и затрат для обеспечения заданной технической производительности необходимо проектировать линию с повышенной теоретической производительностью. Для этого требуется увеличить интенсивность обработки продукта, скорости и размеры рабочих органов, поверхность теплообмена и др. В конечном счете при постоянном значении технической производительности приходится увеличивать габаритные размеры и материалоемкость, потребление электроэнергии, хладагентов и теплоносителей, производственные площади и расход сырья. Таким образом, снижаются практически все технико-экономические показатели линии.

Напротив, если при проектировании удастся свести к минимуму регламентированные потери сырья и дополнительные затраты рабочего времени, то значение ко-

эфициента использования теоретической производительности приближается к единице, а значения технико-экономических показателей линии повышаются.

Можно выделить две основные группы способов уменьшения регламентированных потерь сырья и дополнительных затрат рабочего времени: проектно-конструкторские и организационные.

Основные виды потерь сырья: неполное извлечение полезных компонентов при первичной его переработке, производственные потери и дефектная продукция.

При проектировании и конструировании линии необходимо выбирать технологические операции и конструкции, которые обеспечивают подготовку и обработку сырья, необходимые для высокой степени извлечения полезных компонентов. Например, в линиях получения растительного масла единственный способ, обеспечивающий практически полное извлечение масла, — это экстракция; в линиях производства сахара и крахмала для повышения выхода конечных продуктов необходимо эффективно выполнять соответственно операции резки свекловичной стружки и измельчения каши.

Для сокращения потерь сырья необходимо:

- обеспечить герметичность транспортных устройств, чтобы исключить распыл сыпучих или утечку жидких продуктов;
- выбрать способы и конструкции для формования изделий с исключением обреза и облоя;
- выполнить конструкции с возможной самоочисткой рабочих органов и емкостей;
- исключить загрязнение отходов и смывных вод с целью их повторного использования в производстве;
- оптимизировать режимы пуска и остановки линии, чтобы сократить количество дефектной продукции при неустановившемся режиме работы.

Организационные методы уменьшения потерь сырья – это, например, сокращение сроков переработки первичного сырья, увеличение продолжительности непрерывной работы оборудования (включая круглосуточную работу).

Дополнительные затраты рабочего времени связаны с выполнением внецикловых операций на технологическом оборудовании. Внецикловыми операциями называются систематически повторяющиеся операции обслуживания оборудования, обусловленные требованиями конструкции, указанные в эксплуатационной документации и имеющие определенные циклы, не совпадающие с рабочими, технологическими и кинематическими циклами оборудования.

Затраты времени на выполнение внецикловых операций определяют при конструировании оборудования, исходя из режима его работы:

для оборудования, работающего по сменам, – из условий двухсменной работы его в сутки;

для оборудования, работающего круглосуточно (сахарное, хлебопекарное, крахмалопаточное и другие производства), – из условий трехсменной работы его в сутки.

Например, производительность сепаратора 30000 л/сут. Сепаратор непосредственно работает 22 ч/сут. Продолжительность выполнения внецикловых операций 2 ч (разборка, мойка и т.п.).

К внецикловым операциям относятся, например, замена рулонов упаковочных материалов и замена рабочих органов при смене ассортимента выпускаемой продукции, очистка рабочих органов и емкостей и т.п.



Техническое обслуживание и ремонт оборудования, связанные с нарушениями его работоспособности, не относятся к регламентированным простоям и их учитывают при определении эксплуатационной производительности.

**Эксплуатационная производительность.** Она характеризуется отношением количества качественной продукции к промежутку времени, за который она переработана или выпущена в реальных условиях эксплуатации с учетом промежутков времени, затраченных непосредственно на выпуск продукции, собственных простоев линии (связанных с внецикловыми операциями), а также простоев по организационным причинам, не зависящим от конструкции оборудования.

Если руководствоваться соображениями, изложенными выше при обсуждении теоретической и технической производительностей, то эксплуатационная производительность

$$P_s = P \left( 1 - \sum_{i=1}^n \mu_{(s)i} \right) / \left( 1 + \sum_{j=1}^m \tau_{(s)j} \right),$$

где  $\sum_{i=1}^n \mu_{(s)i} = \mu_{(s)1} + \mu_{(s)2} + \dots + \mu_{(s)n}$  – сумма долей эксплуатационных нерегламентированных потерь 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го компонентов сырья и материалов относительно величины  $M_n$ ;  $\sum_{j=1}^m \tau_{(s)j} = \tau_{(s)1} + \tau_{(s)2} + \dots + \tau_{(s)m}$  – сумма долей эксплуатационных нерегламентированных затрат времени 1-го, 2-го, ...,  $m$ -го этапов технологического процесса относительно величины  $T_n$ .

Анализ этой формулы показывает, что при увеличении эксплуатационных потерь сырья и затрат времени эксплуатационная производительность уменьшается относительно технической производительности. Соответственно снижаются технико-экономические показатели линии, обусловленные ее теоретической производительностью.

К причинам указанных эксплуатационных потерь и затрат, в частности, относятся: несоответствие требованиям ГОСТа, ТУ и другой нормативно-технической документации показателей качества исходного сырья, тары, упаковочных и других материалов, параметров электроэнергии, пара, воды, сжатого воздуха и др.; неэффективная организация эксплуатации оборудования, несвоевременный ремонт, отсутствие запасных частей, инструментов, смазочных и других материалов; отсутствие или низкая квалификация обслуживающего персонала; несвоевременная подача на производство сырья, тары, упаковочных материалов и др.

**Обеспечение надежности линии.** Надежностные свойства линии характеризуют стабильность и продолжительность проявления ее функциональных свойств, к которым, в первую очередь, относятся производительность, качество выпускаемой продукции, потребление ресурсов.

В процессе эксплуатации эти показатели со временем снижаются: производительность падает, увеличиваются потери сырья и количество дефектной продукции, возрастает энергопотребление, повышается трудоемкость обслуживания. Это является следствием изнашивания, старения составных частей линии, повышения восприимчивости их к случайным перегрузкам, помехам, отклонениям от нормы свойств перерабатываемого сырья, внешней среды, что, в конце концов, приводит к отказам оборудования и линии в целом.

Все эти негативные факторы необходимо предвидеть и для обеспечения надежности функционирования линии вовремя устранять.

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Все технологические линии пищевых и перерабатывающих отраслей АПК могут быть разделены на три функциональные группы: линии для разборки сельскохозяйственного сырья с выделением основного пищевого и ряда сопутствующих продуктов; линии для сборки пищевого продукта из исходного сырья; линии, обладающие признаками первой и второй функциональной группы.*

*2. Компонование линии – это прежде всего корректировка технологии, модернизация оборудования, создание средств управления технологическими процессами, связующими их в один большой процесс (технологическую систему), а не простое соединение машин и аппаратов в цепочку с помощью конвейеров различных типов.*

*3. В зависимости от конкретной цели в инженерной практике выполняют расчеты технической, теоретической и эксплуатационной производительности линии; надежность линии – это вероятность того, что к заданному моменту времени оборудование будет исправно реализовывать свои технологические функции.*

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что Вы понимаете под технологической операцией?
2. Какие типовые процессы пищевых технологий Вам известны?
3. Каковы функциональные и конструктивные особенности линий для производства пищевых продуктов путем разборки сельскохозяйственного сырья на компоненты?
4. Каковы функциональные и конструктивные особенности линий для производства пищевых продуктов путем сборки из компонентов сельскохозяйственного сырья?
5. Каковы функциональные и конструктивные особенности линий для производства пищевых продуктов путем комбинированной переработки сельскохозяйственного сырья?
6. Каким образом комплекс оборудования можно выделить в составе любой линии?
7. Какие функционально-технологические задачи решает технологический комплекс С любой линии?
8. Какие функционально-технологические задачи решает технологический комплекс В любой линии?
9. Какие функционально-технологические задачи решает технологический комплекс А любой линии?
10. Какие требования предъявляются к технологическим процессам при создании прогрессивной машинной технологии пищевых продуктов?
11. Какие требования предъявляются к оборудованию при создании прогрессивной машинной технологии пищевых производств?
12. Какие требования предъявляются к комплексам оборудования при создании прогрессивной машинной технологии пищевых производств?
13. Что Вы вкладываете в понятие «производительность технологической линии»?
14. Что характеризует техническая производительность линии?
15. Что характеризует теоретическая производительность линии?
16. Что характеризует эксплуатационная производительность линии?
17. Как Вы определяете коэффициент использования технологической линии?
18. Что собой представляют регламентированные потери сырья, материалов и времени при расчете эксплуатационной производительности линии?
19. Что собой представляют нерегламентированные потери сырья, материалов и времени при расчете эксплуатационной производительности линии?
20. Какие свойства характеризуют надежность линии и какие негативные факторы, уменьшающие ее. Вы можете назвать?



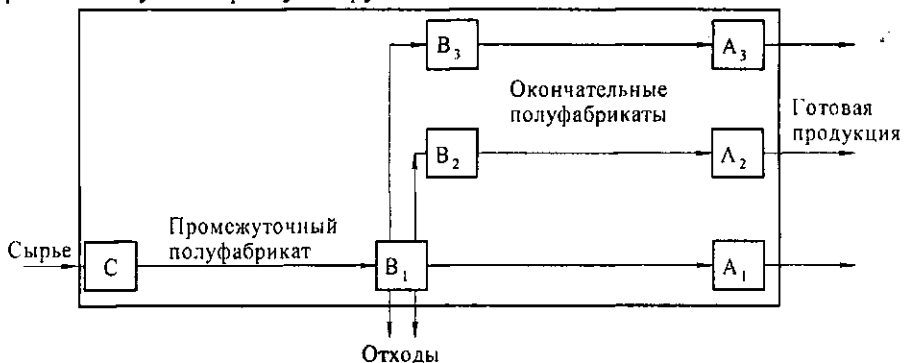
Главная цель передовой технологии – отыскание способов производства полезного из бросового, бесполезного.  
МЕНДЕЛЕЕВ ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ (1834-1907)  
русский химик

## Глава 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПУТЕМ РАЗБОРКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ НА КОМПОНЕНТЫ

В линиях для первичной переработки сельскохозяйственного сырья технологический процесс направлен на его разделение на компоненты. Такими линиями оснащены предприятия по обработке и переработке сырья растительного (зерна, масличных семян, сахарной свеклы, картофеля, плодоовощного сырья, винограда и др.) и животного (скота, птицы, рыбы, молока и др.) происхождения. При этом номенклатура продукции является многопредметной и зависящей от числа полезных компонентов, содержащихся в исходном сырье.

В общем виде оборудование линий для производства пищевых продуктов путем разборки сельскохозяйственного сырья на компоненты можно сгруппировать в виде комплексов, показанных ниже на структурной схеме.

В состав комплексов С входят машины для очистки сырья от наружных примесей, разрушения покрова и измельчения структуры исходного сырья. При помощи машин и аппаратов, входящих в комплексы В, осуществляется извлечение полезных веществ из сырья, очистка, сортирование и повышение концентрации этих веществ. Оборудование комплексов А предназначено для формирования и стабилизации химического состава и структуры готовой продукции линии, а также ее упаковывания в потребительскую и торговую тару.



Структурная схема линий для производства пищевых продуктов путем разборки  
сельскохозяйственного сырья на компоненты

Следует обратить внимание на то, что в линиях первичной переработки сырья наряду с основной продукцией, выпускаемой комплексом А<sub>1</sub>, производятся и другие виды продукции комплексами А<sub>2</sub>, А<sub>3</sub> и т.д.

Отходами производства таких линий являются, как правило, полезные компоненты сырья, которые на данном этапе развития технологии и техники не удалось преобразовать в товарную продукцию.



Поставь над собой сто учителей. Они окажутся бессильными, если ты не сможешь сам заставлять себя и сам требовать от себя.  
*СУХОМЛИНСКИЙ ВАСИЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ*  
(1918–1970). русский педагог, публицист, писатель

## 2:1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОРТОВОЙ МУКИ ИЗ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Мука – продукт помола хлебного зерна пшеницы или ржи. Свойства муки прежде всего зависят от химического состава и строения эндосперма зерна – места отложения питательных веществ. Его основную массу составляют природные полимеры – крахмал и белки. Их общее содержание в зерне пшеницы составляет около 85 % на сухое вещество. Строение эндосперма зерна определяет особенности вырабатываемой муки.

Различают три вида пшеницы: мягкую, мягкую стекловидную и твердую (дурум). Ткани эндосперма зерна мягкой пшеницы имеют мучнистую непрозрачную структуру, состоящую из мелких зерен крахмала, заключенных в тонкие прослойки белковых веществ. Из такого зерна вырабатывают хлебопекарную муку. Клетки эндосперма стекловидных, твердых видов пшеницы окружены толстыми аморфными прослойками белков, придающих им прозрачность. Стекловидные зерна по сравнению с мучнистыми имеют большую плотность, абсолютную массу и прочность. Из них вырабатывают муку (в виде крупки или полукрупки) для макаронных изделий.

В зависимости от качества муку подразделяют на обойную, высшего, первого или второго сорта, а также на крупчатку. Обойная мука вырабатывается из несеяной муки и содержит в своем составе измельченные частицы эндосперма зерна и наружной оболочки (отрубей). Сортную муку производят из сеяной муки. Каждый из видов сорта муки регламентирован соответствующими характеристиками свойств муки: цветом, зольностью, крупностью помола и количеством сырой клейковины.

Качество муки существенно зависит от содержания в ней частиц оболочки – отрубей. Основными структурными компонентами оболочки являются клетчатка и зольные элементы (кремний, фосфор, калий и др.). Поэтому величина зольности муки является косвенной характеристикой количества отрубей. В общем случае считается, чем ниже зольность муки, тем меньше она содержит отрубей и имеет более высокое качество.

Промежуточными продуктами помола зерна являются крупки различных размеров. Крупка чистого эндосперма зерна является высококачественным продуктом: крупчатка хлебопекарной муки, крупка и полукрупка макаронной муки или манная крупа. Крупка, на поверхности которой имеется оболочка, при сортовых помолах подлежит дальнейшей обработке с целью удаления оболочки.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Мукомольные предприятия, как правило, размещаются в местах потребления продукции. Сущность производства сортовой муки заключается в измельчении зерна и разделении его составных частей: оболочек, эндосперма и зародыша.

Зерно хлебных злаков имеет сложную твердую, плотную и прочную аморфно-кристаллическую структуру с различными прочностными характеристиками составных частей. Поэтому для переработки зерна применяют различные машины и аппараты, оказывающие механические и гидротермические воздействия на зерно и продукты его разрушения.

Наружную поверхность зерна очищают от приставшей пыли, отделяют бородки и частично снимают плодовые оболочки и зародыши на обочных и щеточных машинах. В энтолейторах зерно и продукты его измельчения подвергают стерилизации путем ударных воздействий. В результате живые вредители уничтожаются, зерна с личинками разрушаются, а личинки в основном погибают.

При сортовых помолах зерна качество муки повышают путем его гидротермической обработки. В результате такого воздействия ослабляются связи между эндоспермом и оболочками; структура оболочек из хрупкого состояния переходит в пластично-вязкое. Все это в совокупности облегчает отделение плодовых и семенных оболочек зерна с минимальными потерями эндосперма. Кроме того, улучшаются хлебопекарные качества муки вследствие воздействия тепла на белковый комплекс увлажненного зерна. На многих этапах мукомольного производства из зерна и продуктов его измельчения удаляют металломагнитные примеси.

Зерно измельчают двумя параллельными цилиндрическими вальцами, вращающимися навстречу один другому с различными скоростями. Обычно применяют нарезные мелющие вальцы, на поверхности которых нанесены рифли. Профиль, уклон, количество и взаимное расположение рифлей выбирают в зависимости от требуемой крупности помола и прочностных характеристик измельчаемого зерна. Они должны обеспечивать максимальное количество крупок различных размеров при минимальном выходе порошкообразной муки. Частицы крупки, на поверхности которых сохранилась оболочка, дополнительно подвергают шлифованию – многократному механическому воздействию рабочих органов шлифовальных машин на продукт путем интенсивного трения частиц друг о друга и о рабочие поверхности машины. При шлифовании с поверхности крупок удаляют частицы оболочки.

Значительное место в производстве сортовой муки занимают процессы разделения продуктов измельчения зерна. Сначала их просеивают на отсевах и разделяют на несколько фракций, отличающихся крупностью частиц. Затем производят сортирование фракций по качеству, т.е. разделяют на частицы, состоящие из чистого эндосперма, и частицы в виде сростков эндосперма с оболочкой. Такую операцию называют обогащением крупок и дунстов (промежуточные по крупности продукты между крупой и мукой). Для обогащения применяются ситовые машины, сортирующие сыпучие смеси по геометрическим и аэродинамическим характеристикам частиц. В этих машинах для сортирования по геометрическим признакам (крупности) служат сита, а по аэродинамическим (главным образом, по парусности) – потоки воздуха.

После сортирования крупки и дунсты подвергают дальнейшему измельчению на размольных вальцовых станках. Параметры рабочих органов станков и режимы их работы зависят от размеров измельчаемых частиц.

Прочность оболочки зерна значительно превышает прочность эндосперма, поэтому при сортовых помолах для разделения продуктов измельчения применяют ударные воздействия. Продукты размола дополнительно измельчают в быстровращающихся штифтовых и бичевых роторах энтолейторов и деташеров. На последних стадиях драного и размольного процессов осуществляют вымол в бичевых и щеточных машинах. В них исходный продукт подвергают удару и истиранию, в результате чего нарушаются молекулярные силы сцепления между эндоспермом и оболочкой. Происходит отделение эндосперма (в виде муки) от отрубянистых частиц при минимальном их дроблении.

Формирование готовой продукции – муки – по сортам осуществляется путем весового дозирования и смешивания продуктовых потоков с отдельных этапов технологического процесса. Продукцию упаковывают в транспортную тару – тканевые мешки или в потребительскую тару – бумажные пакеты.

**Стадии технологического процесса.** Переработку хлебных злаков в сортовую муку можно разделить на следующие стадии:

- очистка зерна от примесей и выделение побочного продукта – кормовых зернопродуктов;
- обработка поверхности зерна сухим или мокрым способом;
- гидротермическая обработка (холодное или скоростное тепловое кондиционирование) зерна при сортовых помолах;
- драное (крупобразующее) измельчение зерна;
- шлифование крупных и средних крупок;
- размол продуктов крупобразования и шлифования;
- вымол сходных продуктов крупобразования и размола;
- формирование и контроль готовой продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки зерна к помолу, в состав которого входят силосы, регулирующие и транспортные устройства для хранения и формирования помольных партий зерна; машины и аппараты для отделения примесей, отличающихся от зерна геометрическими размерами, формой, плотностью, магнитными и другими свойствами; машины и аппараты для гидротермической и механической обработки поверхности зерна.

В состав линии входят 4...5 крупобразующих (драных) комплексов оборудования, каждый из которых содержит устройства для дозирования и контроля качества зерна, магнитные сепараторы, вальцовые станки, рассева, ситовые и вымольные машины. По ходу технологического процесса от первого до последнего комплекса крупность обрабатываемых частиц уменьшается.

Ведущими являются 9...12 размольных комплексов оборудования, включающих магнитные сепараторы, вальцовые станки, деташеры (или энтолейторы) и рассева. Первый, второй и третий комплексы по ходу технологического процесса предназначены для получения муки высшего сорта. В комплексах с четвертого по шестой получают муку высшего и первого сорта. Последующие комплексы размольного оборудования обеспечивают получение муки первого и второго сорта.

Завершающий комплекс включает оборудование для весового дозирования и смешивания групповых потоков (компонентов сортов муки), емкости для хранения готовой продукции, весовыбойные устройства и фасовочные машины.

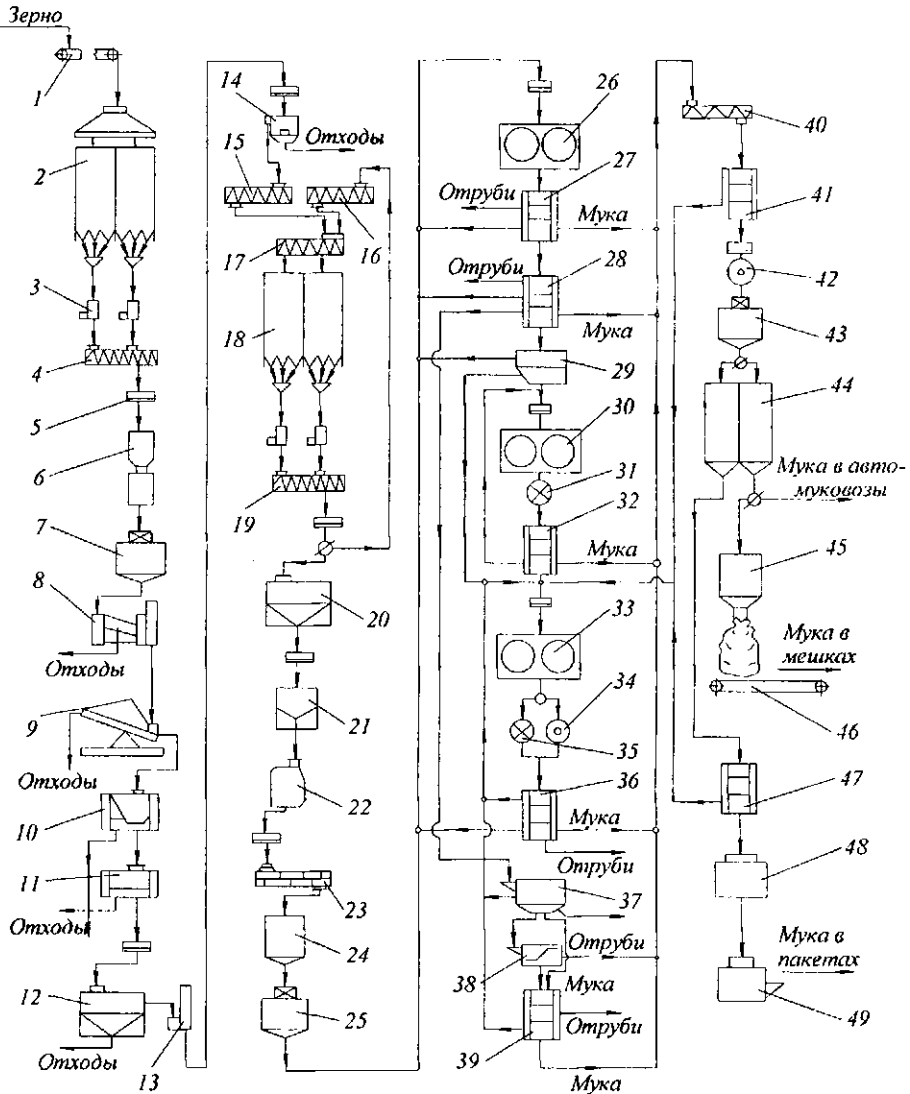


Рис. 2.1 Машинно-аппаратурная схема линии производства сортовой муки из зерна пшеницы

На рис. 2.1 показан один из вариантов машинно-аппаратурной схемы линии производства сортовой муки из зерна пшеницы.

**Устройство и принцип действия линии.** Предварительно очищенное зерно подают из элеватора на мукомольный завод цепными конвейерами 1 и загружают в силосы 2. Силосы оборудованы датчиками верхнего и нижнего уровней, которые связаны с центральным пунктом управления. Зерно из каждого силоса выпускают через самотечные трубы, снабженные электропневматическими регуляторами потока зерна 3. С помощью регуляторов и винтового конвейера 4 в соответствии с заданной рецептурой и производительностью формируют помольные партии зерна.

Каждый поток зерна проходит магнитные сепараторы 5, подогреватель зерна 6 (в холодное время года) и весовой автоматический дозатор 7. Далее зерно подвер-

гают многостадийной очистке от примесей. В зерноочистительном сепараторе 8 отделяют крупные, мелкие и легкие примеси. В камнеотделительной машине 9 выделяют минеральные примеси. Затем зерно очищается в дисковых триерах: куколеотборнике 10 и овсюгоотборнике 11, а также в магнитном сепараторе. Наружную поверхность зерна очищают в вертикальной обоечной машине 12, а с помощью воздушного сепаратора 13 отделяют аспирационные отходы.

Далее зерно через магнитный сепаратор попадает в машину мокрого шелушения 14 и после гидрообработки системой винтовых конвейеров 15 и 17 зерно распределяется по силосам 18 для отволаживания. Силосы оборудованы датчиками уровня зерна, которые связаны с центральным пунктом управления. Система распределения зерна по отлежным силосам обеспечивает необходимые режимы отволаживания с различной продолжительностью и делением потоков в зависимости от стекловидности и исходной влажности зерна. После основного увлажнения и отволаживания предусмотрена возможность повторения этих операций через увлажнительный аппарат 16 и винтовой конвейер 17. После отволаживания зерно через регулятор расхода, винтовой конвейер 19 и магнитный аппарат поступает в обоечную машину 20 для обработки поверхности. Из этой машины зерно через магнитный аппарат попадает в энтолейтор-стерилизатор 21, а затем в воздушный сепаратор 22 для выделения легких примесей. Далее через магнитный аппарат его подают в увлажнительный аппарат 23 и бункер 24 для кратковременного отволаживания. Затем зерно взвешивают на автоматическом весовом дозаторе 25 и через магнитный аппарат направляют на измельчение в первую драную систему.

В каждую драную систему входят вальцовые станки 26, сесевы драных систем 27, сесевы сортировочные 28 и ситовесечные машины 29. Сортирование продуктов измельчения драных систем осуществляют последовательно в два этапа с получением на первом этапе крупной и частично средней крупки, а на втором — средней и мелкой крупки, дунстов и муки. В ситовесечных машинах 29 обогащают крупки и дунсты I, II и III драных систем и крупку шлифовочного процесса. Обработке и шлифовальных вальцовых станках 30 подвергают крупную и среднюю крупку I, II и III драных систем после ее обогащения в ситовесечных машинах 29. Верхние сходы с сит сесев III и IV драных систем направляют в бичевые вымольные машины 37, проход последних обрабатывают в центрифугалах 38. В размольном процессе применяют двухэтапное измельчение. После вальцовых станков 30 и 33 установлены деташеры 31 и 35 для разрушения конгломератов промежуточных продуктов измельчения зерна и энтолейторы 34 для стерилизации этих продуктов путем ударных воздействий.

В сесевах 32, 36 и 39 из продуктов измельчения высевают муку, которая поступает в винтовой конвейер 40. Из него муку подают в сесевы 41 на контроль, чтобы обеспечить отделение посторонних частиц и требуемую крупность помола. Далее муку через магнитный аппарат, энтолейтор 42 и весовой дозатор 43 распределяют в функциональные силосы 44. Из них обеспечивается бесстарый отпуск готовой муки на автомобильный и железнодорожный транспорт либо с помощью весовыбойного устройства 45 муку фасуют в мешки, которые конвейером 46 также передают на транспорт для отгрузки на предприятия-потребители муки. Перед упаковыванием в погребительскую тару муку предварительно просеивают на сесеве 47, упаковывают в бумажные пакеты на фасовочной машине 48. Пакеты с мукой группируют в блоки, которые заворачивают в полимерную пленку на машине для групповой упаковки 49. Полученные блоки из пакетов с мукой передают на транспортирование в торговую сеть.





Не может наука развиваться только в одном, несомненно самом главном русле – практическом. Ей нужны еще другие рукава, где течение потише, поспокойнее. Нужны люди, которые бы просто сидели и думали.  
*ФРУМКИН АЛЕКСАНДР НАУМОВИЧ (1895–1976),  
физико-химик, академик АН СССР*

## 2.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРЕЧНЕВОЙ КРУПЫ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Крупа в пищевом рационе человека составляет от 8 до 13 % общего потребления зерновых. На крупяных заводах перерабатывают различные виды крупяных культур. Рис, просо, гречиху называют обычно собственно крупяными культурами, так как основную массу зерна этих культур используют для производства крупы. Кроме того, крупу и крупяные продукты изготавливают из семян овса, ячменя, пшеницы, кукурузы, зрелого гороха и др. Ассортимент крупяной продукции достаточно широк – это крупа из целого и дробленого ядра, хлопья и др.

В России и Беларуси наиболее широкой популярностью пользуется гречневая крупа – ядрица и продел. Ядрица представляет собой целое или слегка надколотое ядро, не проходящее через сито с отверстиями размером 1,6×20 мм. Продел – колотое (дробленое) ядро, проходящее через сито 1,6×20 мм и не проходящие через сито № 08. Кроме обычных ядрицы и продела чаще вырабатывают ядрицу и продел быстрорастворивающиеся из зерна, подвергнутого гидротермической обработке. Ядрица выпускается трех сортов: первого, второго и третьего; продел на сорта не делится.

В среднем гречневая крупа содержит 12,6 % белков, 2,6 % жиров, 68 % углеводов. По содержанию и соотношению аминокислот белки гречневой крупы полноценнее белков ряда других злаков. Липотропные свойства гречневой крупы и муки давно используются в диетотерапии заболеваний печени, сердечно-сосудистой системы и как общеукрепляющие средство. В современных условиях важным преимуществом гречишного поля считается то, что практически его не надо обрабатывать ядохимикатами, в отличие от других зерновых культур. Поэтому есть основания относить гречневую крупу к экологически чистым продуктам.

Зерно гречихи покрыто сравнительно толстыми плодовыми оболочками. Своеобразная трехгранная форма зерна и соответственно ядра, а также оригинальное расположение крупного (массовая доля до 15 %) зародыша внутри ядра вызывает повышенную хрупкость последнего.

**Особенность производства и потребления готовой продукции.** Для крупяного производства очень важным свойством зерна является прочность связи наружных пленок (оболочек) и ядра. У зерна четырех крупяных культур: риса, проса, овса и гречихи наружные пленки охватывают ядро, но не срослись с ним. У четырех других культур: ячменя, гороха, пшеницы и кукурузы пленки прочно срослись с ядром по всей его поверхности. Прочность связи оболочек с ядром определяет в значительной мере способы переработки зерна в различные крупяные продукты. Прочность и хрупкость ядра определяют не только методы переработки, но и ассортимент круп (недробленая, дробленая, шлифованная и др.).

Процесс *очистки зерна от примесей* на крупяных заводах практически основан на тех же принципах, что и в мукомольном производстве. Однако рабочие органы

зерноочистительных машин имеют различные установочные и кинематические параметры, наиболее подходящие для того или иного зерна.

В частности, для выделения примесей из гречихи широко применяют сита с треугольными отверстиями. Имеющая трехгранную форму, гречиха проходит через отверстия сит, а равновеликие примеси, имеющие другую форму, например шаровидную или цилиндрическую, через отверстия этих сит не проходят. Обычно гречиху в процессе очистки предварительно калибруют по размеру на две – три фракции на ситах с круглыми отверстиями, а затем каждая фракция отдельно подается на сита с треугольными отверстиями.

*Гидротермическую обработку* зерна крупяных культур проводят для улучшения технологических свойств зерна: повышение хрупкости оболочек и снижение хрупкости ядра. Кроме того, в результате гидротермической обработки зерна улучшаются потребительские свойства крупы, сокращается продолжительность ее варки, консистенция каши становится более рассыпчатой; повышается стойкость крупы при хранении из-за инактивации ферментов, которые способствуют порче крупы.

При переработке гречихи гидротермическая обработка состоит из следующих основных операций: пропаривание, сушка и охлаждение. Особенность *пропаривания* гречихи состоит в высокой температуре (свыше 100 °С) нагрева зерна острым паром при избыточном давлении. В результате нагревания и увлажнения ядро зерна пластифицируется, становится менее хрупким, меньше дробится при шелушении. Пластификация ядра связана также с некоторыми химическими преобразованиями. При пропаривании происходит клейстеризации части крахмала, образование небольшого количества декстринов, обладающих клеящими свойствами.

*Сушка* зерна после пропаривания приводит к обезвоживанию в основном наружной оболочки, которая, теряя влагу, становится более хрупкой и легче раскалывается при шелушении. Кроме того, возникающие в процессе пропаривания и сушки деформационные изменения в составных частях зерна приводят к отслаиванию оболочек.

*Охлаждение* после сушки дополнительно снижает влажность зерна, холодные оболочки более хрупки. В то же время необходимо исключить излишнюю сушку зерна, которая может привести к обезвоживанию ядра и повышению его хрупкости.

*Калибрование* зерна предназначено для разделения зерна по размерам на фракции. Из калиброванного зерна можно более тщательно выделить примеси. Для близких по размерам зерен можно более точно подобрать рабочий зазор в шелушильных машинах, что повысит эффективность шелушения. При производстве гречневой крупы калибрование зерна перед шелушением необходимо для крупотделения, т. е. разделения нешелушенных и шелушенных зерен.

Особенностью технологической схемы переработки гречихи является раздельное шелушение и сортирование продуктов шелушения каждой фракции.

*Шелушение* зерна – процесс отделения наружных оболочек (пленок) с поверхности ядра. Выбор способов шелушения зависит от строения зерна, прочности связи оболочек и ядра, прочности ядра, а также ассортимент выработываемой продукции. Основным продуктом при переработке гречихи является крупа из целого ядра, поэтому при шелушении стремятся избежать чрезмерного его дробления. Наиболее успешно это достигается, если основным способом воздействия рабочих органов шелушильной машины на зерно является сочетание сжатия и сдвига.

В такой машине зерно сжимается между двумя поверхностями, расстояние между которыми несколько меньше размера целого зерна, но больше размера ядра. При работе машины происходит сжатие и раскалывание оболочек, а вследствие относительного движения поверхностей их сдвиг и отделение от ядра. Естественно, такое воздействие на зерно целесообразно в тех случаях, когда оболочки зерна не срослись с ядром.

*Сортирование* продуктов шелушения заключается в разделении смеси различных частиц, полученных при шелушении зерна. С некоторой долей условности эту смесь можно разделить на пять фракций: основная фракция – шелушенное зерно (ядро); вторая фракция – нешелушенное зерно; третья фракция – лузга, т. е. отделившиеся в процессе шелушения оболочки и пленки; четвертая фракция – дробленое зерно определенных размеров; пятая фракция – мучка, т.е. смесь мелких частиц ядер и оболочек.

*Крупоотделением* называется разделение шелушенных и нешелушенных зерен. Данный процесс может применяться при переработке только тех культур, у зерна которых наружные оболочки (пленки), удаляемые при шелушении, не срослись с ядром, а именно: риса, овса, гречихи и проса. В этом случае в продуктах шелушения будут присутствовать только полностью шелушенные и нешелушенные зерна, что позволяет теоретически и практически произвести их разделение.

Чем больше различия зерен и ядер, тем эффективнее по этому признаку можно их разделить. У большинства культур такое различие невелико, лишь у гречихи оно довольно существенно, причем в наибольшей степени в диаметре описанной окружности. Величина этого различия, как правило, не менее 0,5 мм.

Если бы все зерна имели одинаковые размеры, то смесь шелушенных и нешелушенных зерен могла быть разделена достаточно просто. Но в реальном зерне размеры отдельных зерен колеблются от 3 до 5 мм. Чтобы крупоотделение стало возможным, необходимо резко снизить разницу в размерах самих нешелушенных зерен, выполнив операцию калибрования.

Нормы выхода готовой продукции при переработке пропаренной гречихи составляют: крупа ядрица 62 %, крупа продел 5 %.

**Стадии технологического процесса.** Производство гречневой крупы состоит из следующих стадий и основных операций:

- очистка зерна от примесей;
- гидротермическая обработка зерна (пропаривание, сушка и охлаждение);
- калибрование и шелушение зерна;
- сортирование продуктов шелушения, крупоотделение и контроль крупы;
- улаковывание крупы в потребительскую и торговую тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для очистки зерна от примесей, в состав которого входят весы, воздушно-ситовые сепараторы, камнеотделители и магнитные сепараторы, рассевы, аспиратор и триер – овсюгоотборник. Второй комплекс оборудования предназначен для гидротермической обработки зерна и включает пропариватель, сушку и охладитель зерна.

Ведущий комплекс оборудования для получения крупы содержит группу рассевов для калибрования зерна, вальцедековые шелушительные станки, рассевы для разделения продуктов шелушения и аспираторы. В состав завершающего комплекса оборудования входят рассевы, аспираторы, падди – машины для контроля ядрицы и

продела, фасовочные машины для упаковывания этих продуктов в пакеты, а пакеты – в короба.

На рис. 2.2 показана машинно-аппаратурная схема линии производства гречневой крупы.

**Устройство и принцип действия линии.** Исходное сырье из производственных бункеров 1 взвешивают на автоматических весах 2 и подают в воздушно-ситовые сепараторы 3 для отделения крупных, мелких и легких примесей, а также в камнеотделитель 4 для отбора минеральных примесей.

Для очистки зерна гречихи от трудноотделимых примесей, представляющих собой семена сорных растений, используется система крупных рассевов 5. Преимущественно применяется схема ситового сепарирования с использованием сит с круглыми, продолговатыми и треугольными отверстиями в сочетании с фракционированием, чтобы достаточно полно выделять основную массу примесей. Принципиальная направленность схемы заключается во фракционировании зерна на ситах с круглыми отверстиями с последующим просеиванием фракций на ситах с продолговатыми и треугольными отверстиями, размеры которых подбирают исходя из крупности зерна. Так, для мелкой фракции, полученной проходом сит с круглыми отверстиями  $\varnothing 4...4,2$  мм, применяют сита с продолговатыми отверстиями размером  $2,2...2,4 \times 20$  мм и сита с треугольными отверстиями размером  $5...6$  мм. Для крупной фракции, полученной сходом с указанного сита, применяют сита с отверстиями размером соответственно  $2,4...2,6 \times 20$  мм и  $7...8$  мм. На ситах с продолговатыми отверстиями высеиваются такие примеси, как мелкие зерна пшеницы, ячменя, овса, на ситах с треугольными отверстиями – дикая редька, вика и т.п.

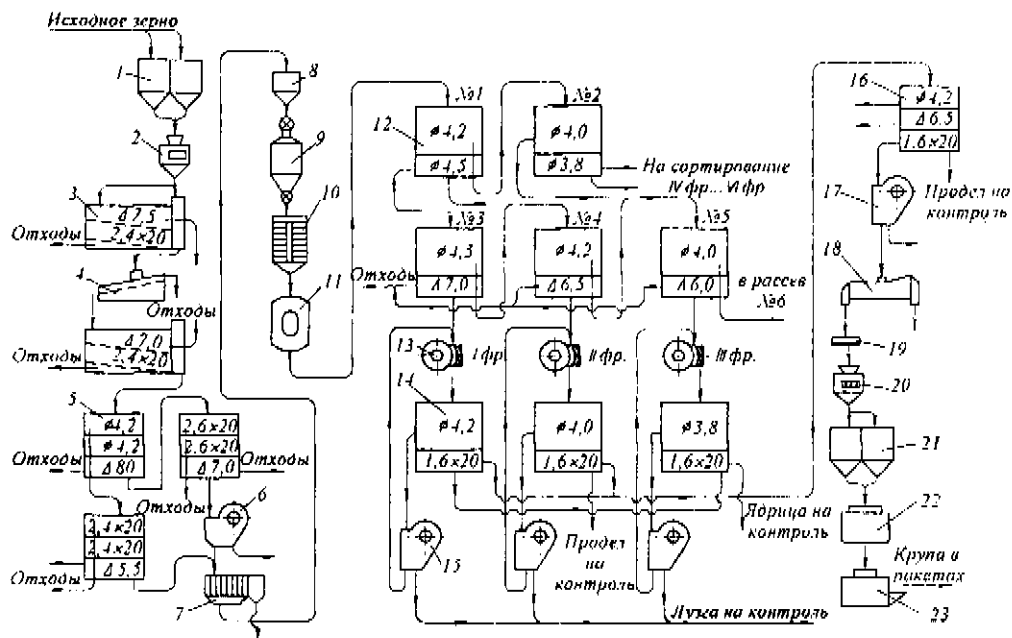


Рис. 2.2 Машинно-аппаратурная схема линии производства гречневой крупы

Легкие примеси отделяют в аспираторе 6, а оставшиеся длинные примеси – в триерах – овсюгоотборниках 7 с размерами ячеек 6...7 мм и накапливают очищенное зерно в бункерах 8, расположенных над пропаривателем.

Пропариватель периодического действия 9 предназначен для обработки зерна при высоком давлении пара. Пропариватель представляет собой сосуд вместимостью 1 м<sup>3</sup>, в который подачу зерна и пара повторяют в строгой последовательности по заранее заданному циклу. Гречиху пропаривают при давлении пара 0,25...0,30 МПа в течение 5 минут. После пропаривания влажность зерна составляет 18...19 %.

Для сушки пропаренного зерна используют вертикальную паровую сушилку контактного типа 10, в которой нагревание зерна происходит посредством его контакта с паровыми трубами. Сушка проводится до влажности зерна 12,5...13,5 %, после чего его охлаждают в охлаждающей колонке 11 при температуре не выше 6...8 °С.

Перед шелушением гречиха делится на 3...6 фракций крупности. Последняя цифра относится к крупным промышленным предприятиям, первая – к агрегатам и предприятиям малой мощности. Чаще всего для калибрования зерна применяют крупяные рассевы 12, причем технологическая схема калибрования зерна предусматривает многократный пропуск (особенно крупных) фракций через рассевы. На эту операцию выделяется половина всей просеивающей поверхности крупозавода, что свидетельствует о ее важном значении.

Разделение на фракции должно происходить с высокой точностью, заключающейся в том, чтобы при высеивании зерна какой-либо фракции в ней оставалось как можно меньше более мелких (не свыше 2,5 %) зерен. При делении зерна на 6 фракций обычно используют следующий набор сит с круглыми отверстиями Ø 4,5...4,2...4,0...3,8...3,6...3,3 мм. Сходом с 1-го сита получают 1-ю фракцию зерна, проходом первого и второго сита – 2-ю фракцию и т.д. Разница в размерах нешелушенных зерен во фракциях не превышает 0,2...0,3 мм.

Наряду с указанными выше ситами в отсевах устанавливают сита с треугольными отверстиями, размер которых подбирают в зависимости от крупности фракций. Сходом с этих сит дополнительно отделяют трудноотделимые примеси.

От эффективности системы калибрования зависит содержание нешелушенных зерен, а также некоторых примесей в готовой крупе.

Шелушение зерна гречихи производится в вальцедековых станках 13, вальцы и деки которых покрыты абразивным материалом. В связи с высокой хрупкостью ядра зерно шелушат очень осторожно при сравнительно низкой эффективности шелушения.

Гидротермическая обработка позволяет более интенсивно шелушить зерно, при этом в продуктах шелушения содержание дробленого ядра с 2,5...3,5 % снижается до 1,5...2,5 %.

Невысокая эффективность шелушения зерна обеспечивает сравнительно малую дробимость ядра. В то же время при такой эффективности шелушения существенно возрастает оборот продукта в системе шелушения. Это не столь существенно для мелких фракций, так как количество зерна в них, как правило, не превышает нескольких процентов.

Сортирование продуктов шелушения производят в крупяных отсевах, в которых разделяют нешелушенные зерна, ядрицу, продел с мулкой. Нешелушенные зерна, полученные сходом с сит, размер отверстий которых на 0,2...0,3 мм меньше размеров отверстий сит, сходом с которых получена данная фракция, после отделения

из них лузги в аспираторах возвращают на повторное шелушение в тех же вальцедоковых станках. Направлять нешелушенные зерна в вальцедоковые станки других фракций нельзя.

Сходом с сит с отверстиями размером 1,7 (1,6)×20 мм получают ядрицу с небольшим количеством лузги. Эти продукты с систем переработки всех фракций объединяются и направляются на контроль ядрицы. Проходы этих сит представляют собой смесь продела, мучки и лузги, которая со всех систем объединяется, и направляются на контроль продела.

Контроль крупы осуществляют в отсевах 16, где на ситах с круглыми и треугольными отверстиями выделяют дополнительно примеси, а на ситах с отверстиями размером 1,6×2,0 мм — продел и мучку, направляемые на контроль продела. Ядрицу получают сходом с сита с отверстиями 1,6×20 мм. После провеивания крупы в аспираторах 17 с целью дополнительного выделения примесей ядрицу пропускают через падди-машину 18, а затем через магнитный селаратор 19.

Готовую крупу ядрицу после взвешивания на весах 20 загружают в силосы 21. Из них обеспечивают отпуск крупы в фасовочные машины 22 для упаковки в пакеты. Пакеты с крупой укладывают в ящики на машине 23 и передают на склад.

Для контроля и упаковывания продела применяется преимущественно аналогичное оборудование (на схеме не показано). При контроле продела сходом с сита с отверстиями размером 1,6×20 мм выделяют ядрицу, направляемую на контроль ядрицы, проходом сита № 08 – мучку, сходом – продел. Продел просеивают для отделения лузги, но, так как крупные части лузги и мелкие частицы продела имеют близкие аэродинамические свойства, для более эффективного выделения пленок продел предварительно делают на две фракции обычно на ситах № 1,4 и каждую фракцию провеивают отдельно, после чего их объединяют в один продукт. В проделе могут быть шелушенные семена дикой редьки, имеющие шаровидную форму. Их выделяют на ситах.

Выделенная при провеивании нешелушенных зерен, а также полученная с контроля ядрицы и продела лузга в свою очередь контролируется в просеивающих и провеивающих машинах.



Я страстно любил читать и читал все, что можно достать... Любил мечтать и даже платил младшему брату за то, что он слушал мои бредни.  
**ЦИОЛКОВСКИЙ КОНСТАНТИН ЭДУАРДОВИЧ**  
(1857–1935) русский ученый в области аэродинамики, ракетной техники и межпланетного сообщения

### 2.3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВАРЕНО-СУШЕНЫХ КРУП

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** В зависимости от характера и интенсивности технологической обработки различают три вида варено-сушеных круп:

- обычные (гречневая, перловая, пшеничная, кукурузная, пшенная, рисовая и ячневая), получаемые варкой и сушкой предварительно очищенного и вымытого сырья;
- быстрорастворимые (гречневая и пшеничная), получаемые методом гидратации (двойной обработкой водой в процессе варки) или способом механической

обработки круп (плющением) в процессе сушки (пшеничная, овсяная, перловая, кукурузная);

– не требующие варки, получаемые путем глубокой гидротермической и механической обработки (плющением) в процессе сушки (перловая, пшеничная, гречневая и рисовая).

Варено-сушеные горох и фасоль получают только быстрораствориваемым способом механической обработки.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В настоящее время в пищеконцентратном производстве применяют два вида поточных линий, отличающихся по степени механизации. Выработка варено-сушеных круп и зернобобовых осуществляется на механизированных линиях, позволяющих переходить с производства одного вида крупы на другой.

Основными процессами этого производства являются очистка, мойка, тепловая обработка (варка, сушка круп) и приготовление рецептур пищеконцентратных смесей. При очистке и мойке происходят отделение примесей и удаление различных загрязнений. При варке происходят гидролитическое воздействие влаги на сухие компоненты смеси и необратимые изменения белково-углеводного комплекса. При варке в крупах протекают микробиологические и ферментативные процессы, изменяющие их физические свойства. Образуется капиллярно-пористая структура, удерживаемая эластично-пластичным скелетом.

При сушке происходит удаление влаги и формирование таких изменений в составе и структуре крупы, которые определяют вкусовые и потребительские свойства готового продукта.

Крупяные концентраты выпускаются в законченном товарном и потребительском виде. Срок их хранения в специальной упаковке составляет около 1 года, поэтому их производство организуют в местах непосредственного выращивания крупяных культур и зернобобовых. Для транспортирования их укладывают в картонные коробки, размещают на поддонах в несколько рядов и перевозят в специализированных железнодорожных вагонах или автомобилях.

**Стадии технологического процесса.** Производство варено-сушеных круп и зернобобовых включает в себя следующие стадии:

- подготовка сырья к производству: хранение, очистка от примесей, мойка;
- подготовка и дозирование рецептурных компонентов;
- тепловая обработка (варка) крупы;
- предварительная сушка вареных круп;
- плющение – механическая обработка крупы с целью придания им лепестковой формы;

- окончательная сушка плющенной крупы;
- дозирование и приготовление концентратной смеси (смешивание);
- фасование в пакеты, упаковывание в транспортную тару, складирование и хранение готовой продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства варено-сушеных круп выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству крупы, воды, соли, жира и других видов сырья. Для хранения сырья используют металлические и железобетонные емкости и бункера. На небольших предприятиях применяют механическое транспортирование крупы погрузчиками, нориями, цеп-

ными и винтовыми конвейерами. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспорта крупы. Жидкие полуфабрикаты перекачиваются насосами. Подготовку сырья осуществляют при помощи просеивателей, смесителей, магнитных улавливателей, фильтров и вспомогательного оборудования. Ведущий комплекс линии состоит из варочных аппаратов, сушилок. В состав этого комплекса входят дозаторы крупы, воды и жидких полуфабрикатов, смесильные установки, варочные и сушильные агрегаты.

Следующий комплекс линии включает оборудование для темперирования, дозирования и смешивания рецептурных компонентов.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает упаковывание, хранение и транспортирование готовых изделий. Он содержит фасовочно-упаковочные машины и оборудование экспедиций и складов готовой продукции.

• Машинно-аппаратурная схема линии производства круп, не требующих варки, приведена на рис. 2.3.

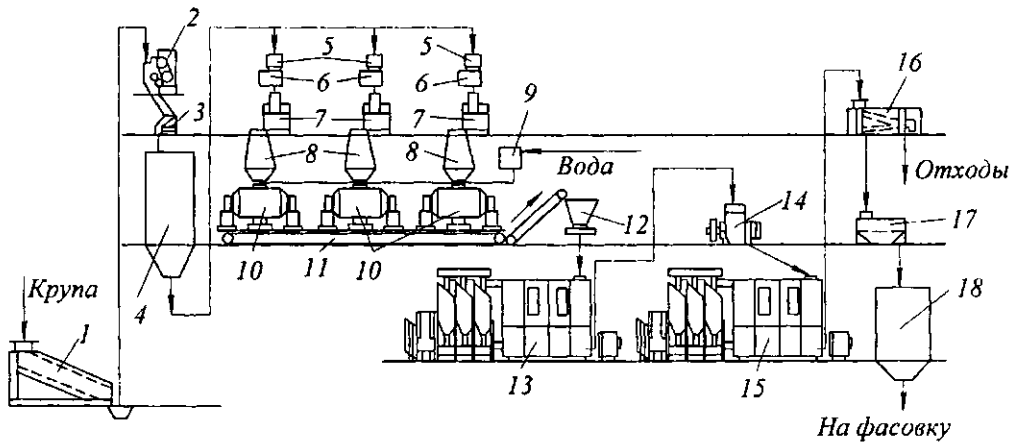


Рис. 2.3 Машинно-аппаратурная схема линии производства круп, не требующих варки

**Устройство и принцип действия линии.** Крупу очищают от посторонних примесей на зерновом сепараторе 1 и от легковесных примесей на дуаспираторе 2, затем пропускают через магнитную колонку 3 для освобождения от металлических примесей с подъемной силой магнитных скоб не менее 117,6 Н.

На сепараторе в зависимости от вида перерабатываемой крупы устанавливают штампованные сита с круглыми или продолговатыми отверстиями (табл. 2.1).

Таблица 2.1 Характеристики сит зерновых сепараторов для очистки круп

Крупа и зернобобовые	Размер отверстия сит, мм		
	приемного	сортировочного	сходового
Перловая	6,0	4,0	1,0
Пшеничная	6,0	4,0	1,0
Кукурузная	6,0	4,0	1,0
Гречневая	6,0	4,0	1,0
Рисовая	10,0	2,5×20	1,0
Ячневая	6,0	3,0...4,0	1,0
Овсяная	10,0	3,0×20	1,0
Пшени	4,5...5,0	2,5	1,0
Горох	10,0	6,0...7,0	1,0



На приемном сите отделяются крупные грубые примеси (солома, камни, щепы и т.п.), на сортировочном – зерновые и другие примеси крупнее зерна. Проходом через сходовое сито отделяются примеси мельче зерна.

Очищенная крупа поступает в бункер 4. По мере необходимости ее направляют из бункера через автоматические весы 5 в подвесной бункер 6 над моечной машиной 7. Автоматические весы заблокированы со счетным механизмом, и после отсчета заданного количества отвесов прекращается подача крупы в подвесной бункер. Для окончательной очистки от загрязнений крупу и зернобобовые моют на зерномоечной машине, где удаляют с их поверхности грязь, мучель, пыль, отделяют семена дикорастущих растений, лузгу, органический сор, необрушенные зерна. Для мойки круп используют обычную питьевую (водопроводную) воду. Пшено моют водой, нагретой до 45 °С, рис при приготовлении крупы, не требующей варки, – до 40 °С. Влажность вымытых круп составляет, %: пшено – 25, рисовая крупа – 27, остальные крупы и лущеный горох – 20. Вода, смачивая крупу, способствует также ее равномерному увлажнению, что очень важно для гидротермической обработки. Скорость увлажнения крупы при мойке зависит от ряда факторов: вида крупы, температуры моеющей воды, продолжительности процесса и т. п.

После мойки в непрерывно работающей моечной машине 7 крупу собирают в резервном бункере 8. Варка крупы осуществляется в варочном аппарате 10, куда добавляют через мерник-дозатор 9 необходимое количество воды. Крупы и зернобобовые варят паром под давлением 0,15...0,20 МПа в присутствии воды в течение 30...45 мин. Количество подаваемой воды обуславливает степень гидратации крупы. При варке наблюдается слипаемость круп, что затрудняет их дальнейшую технологическую обработку. Поэтому при гидротермической обработке круп рекомендуется применение растительных фосфатидов, которые препятствуют слипанию и комкообразованию, что позволяет вести гидротермическую обработку крупы до полной клейстеризации крахмала. Фосфатиды закладывают в варочный аппарат предварительно растворенными в гидрожире, нагретом до 40...55 °С. При загрузке 800 кг крупы в варочный аппарат добавляют 1,6 кг фосфатидов и 4,8 кг жира. Во избежание чрезмерной пептизации крахмала при гидротермической обработке в варочный аппарат перед началом варки вводят стабилизатор, предотвращающий чрезмерное набухание и стабилизирующий стенки крахмальных зерен крупы. В качестве стабилизатора рекомендуется применять раствор поваренной соли (19,5...20 % к массе крупы).

Сваренную до готовности крупу передают на сборный конвейер 11, которым она направляется в бункер-рыхлитель 12 и оттуда для подсушки до влажности 25...27 % – в сушилку 13. Подсушенную крупу плющат на вальцовом (плющильном) станке 14 с рифлеными валками.

Влажность гречневой крупы перед плющением должна быть 23 %, перловой и пшеничной – 18...22 %. Степень плющения крупы после предварительной подсушки влияет на длительность восстанавливаемости готового продукта при его оводнении. Чтобы повысить степень деформации крупинки во время плющения, следует применять рифленые валки. Зазор между валками с одинаковой частотой вращения для гречневой крупы устанавливают равным 0,4...0,5 мм, для перловой и пшеничной – 0,3...0,4 мм.

Крупу досушивают в сушилке 15 при температуре сушильного агента 120 °С до влажности 9,0...9,5 %. Для подсушки крупы до плющения и ее досушки после плющения применяются ленточные конвейерные сушилки.

В настоящее время разработаны технологические режимы производства трех видов круп, не требующих варки, – перловой, гречневой и пшеничной. Гидротермическая обработка этих круп производится по режимам, указанным в табл. 2.2.

Таблица 2.2 Режимы гидротермической обработки круп, не требующих варки

Крупа	Давление пара в аппарате, МПа	Продолжительность варки, мин	Влажность сваренной крупы, %
Гречневая	0,18...0,20	30	32...38
Перловая	0,18...0,20	40	35...38
Пшеничная	0,18...0,20	50	35...38

Высушенную крупу освобождают от комочков и случайных примесей на крупосортировке 16, очищают от металлических примесей на магнитном сепараторе 17 и резервируют в бункерах 18. Затем крупу направляют на следующий процесс или, если крупа предназначена для другого предприятия, упаковывают в пакеты из крафт-бумаги.



...самым главным признаком полного знания человеком, достигшим совершенства, является умение быстро пользоваться знаниями.  
*ЭПИКУР (341–270 до н.э.)*  
*древнегреческий философ*

## 2.4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОВСЯНЫХ ХЛОПЬЕВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Овсяные хлопья «Геркулес» представляют собой овсяную крупу, очищенную от примесей, пропаренную и расплющенную в хлопья.

По пищевой ценности овсяные хлопья превосходят многие крупяные. Белки овса содержат все незаменимые аминокислоты, которые человеческий организм не может синтезировать сам и должен получать с пищей. Углеводы овсяного ядра в основном представлены крахмалом, зерна которого в отличие от других видов крахмала очень мелкие, имеющие веретенообразную форму, хорошо усваиваются организмом человека.

**Особенности производства и потребления готового продукта.** Различают две технологические схемы производства овсяных хлопьев «Геркулес» в зависимости от применяемого сырья: полную, если в качестве исходного сырья используют овес, и сокращенную, если в качестве сырья применяют овсяную крупу.

Основными процессами этого производства являются подготовка сырья, пропаривание и отлежка, плющение, просеивание, охлаждение и упаковывание. При подготовке сырья происходит сепарация зерна, т.е. отделение металлопримесей, отделение свободных цветочных пленок и необрушенных зерен. При пропаривании и отлежке происходит гидротермическое воздействие влаги на сухие компоненты продукта, приводящие к изменениям белково-углеводного комплекса.

При плющении формируется структура продукта, которая определяет его товарный вид. Просеянные и охлажденные хлопья фасуют в тару.

Для транспортирования их укладывают в картонные коробки, размещают на поддонах в несколько рядов и перевозят в специализированных железнодорожных вагонах или автомобилях.

**Стадии технологического процесса.** Производство овсяных хлопьев «Геркулес» состоит из следующих основных операций:

- подготовка сырья (сепарация и отделение металлопримесей, подсушка, отделение свободных цветочных пленок и необрушенных зерен);
- пропаривание;
- отлежка крупы;
- плющение;
- просеивание и охлаждение хлопьев;
- фасование и упаковывание.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства овсяных хлопьев «Геркулес» выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, очистки, сепарации и транспортирования сырья. Приемку сырья осуществляют при помощи весов, сепараторов и вспомогательного оборудования.

Ведущий комплекс линии состоит из пропаривателей, темперирующих сборников, плющилок, оборудования для просеивания и охлаждения хлопьев.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает упаковывание, хранение и транспортирование готовых изделий. Он содержит фасовочно-упаковочные машины и оборудование экспедиций и складов готовой продукции.

Машинно-аппаратурная схема линии производства овсяных хлопьев «Геркулес» из крупы приведена на рис. 2.4.

**Устройство и принцип действия линии.** Поступающую в цех овсяную крупу направляют на зерновой сепаратор 1 для очистки от посторонних примесей, в том числе от ферропримесей, и отделения мелкой крупы и дробленки. На сепараторе устанавливают металлические штампованные сита с отверстиями следующих размеров (в мм): приемное сито –  $4 \times 20$ , сортировочное сито –  $2,5 \times 20$ , подсевное сито –  $1,3 \times 15$ . Очищенную крупу подсушивают в сушилке 2 до содержания влаги не более 10 %.

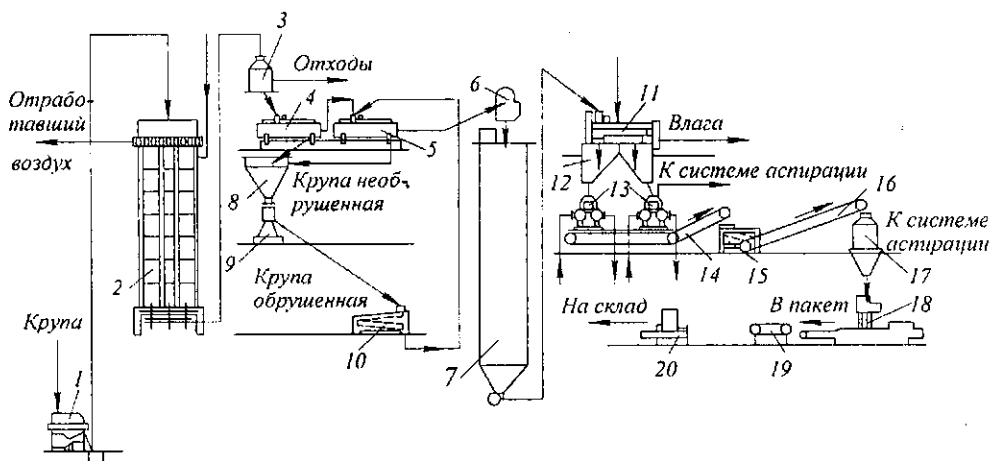


Рис. 2.4 Машинно-аппаратурная схема линии производства овсяных хлопьев "Геркулес"

Подсушенную крупу пропускают через дуаспиратор 3 для отделения лузги и обрабатывают на крупотделительных машинах (рабочей 4 и контрольной 5) для отделения необрушенных зерен и зерновой примеси.

Обрушенную крупу вторично обрабатывают на дуаспираторе 6 и резервируют в бункере 7. Необрушенная крупа поступает в бункер 8, ее можно обрабатывать на шелушильном поставе 9 для снятия оболочки и в дальнейшем очищать вторично на крупотделительной машине 10, после чего соединять с основной массой.

Подработанную крупу пропаривают в шнековом пропаривателе 11 в течение 2...3 мин при давлении пара 0,2...0,3 МПа до влажности не более 14 %. Пропаренная крупа темперируется в бункере 12 в течение 25...30 мин, после чего поступает на плющильные станки 13 с гладкими валками и с отношением скоростей 1 : 1, где плющат в хлопья толщиной не более 0,5 мм.

Полученные хлопья ленточными конвейерами 14 подают на сортировочное сито 15 с диаметром ячеек от 8 до 12 мм, где от них отделяется мелочь. Затем хлопья ленточными конвейерами 16 передаются в аспирационную колонку 17 для отделения лузги. Одновременно они охлаждаются и подсушиваются до влажности 12 %. Затем овсяные хлопья фасуются на машине 18 в картонные коробки по 0,5 или 1 кг. Коробки штабелируют на устройстве 19 и упаковывают в крафт-бумагу на машине 20.



Метод важнее открытия, ибо правильный метод исследования приведет к новым, еще более ценным открытиям.  
ЛАНДАУ ЛЕВ ДАВИДОВИЧ (1908–1968)  
физик-теоретик, академик АН СССР

## 2.5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КУКУРУЗНЫХ ХЛОПЬЕВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Продукты, получаемые из кукурузы и других зерновых, вырабатывают в виде хлопьев, взорванных зерен и палочек. Они полностью подготовлены к приему в пищу и не требуют никакой кулинарной обработки. В зависимости от цвета и формы зерна кукурузы делятся на девять типов. В пищевоконцентратной промышленности используется преимущественно кукуруза зубовидная желтая и белая, кремнистая желтая и белая.

Кукурузные хлопья вырабатывают из кукурузы или крупной кукурузной крупы, получаемой из зерна зубовидной, полузубовидной кремнистой типов кукурузы.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Выработка кукурузных хлопьев осуществляется на механизированных линиях, позволяющих переходить с производства одного вида крупы на другой.

Основными процессами этого производства являются очистка и мойка, увлажнение и отлежка кукурузной крупы, тепловая обработка (варка, сушка). При очистке и мойке происходит отделение примесей и удаление различных загрязнений. При варке происходят гидролитическое воздействие влаги на сухие компоненты смеси, необратимые изменения белково-углеводного комплекса. При сушке происходит удаление влаги и формирование таких изменений в составе и структуре крупы, которые определяют вкусовые и потребительские свойства готового продукта.

Использование пропаривания кукурузной крупы позволит лучше произвести плющение для придания крупинкам хлопьевидной формы. Одной из основных технологических стадий процесса является обжарка хлопьев.

Кукурузные хлопья выпускаются в законченном товарном и потребительском виде. Срок их хранения в специальной упаковке составляет около одного года, поэтому их производство организуют в местах непосредственного выращивания крупных культур и зернобобовых. Для транспортирования их укладывают в картонные коробки, размещают на поддонах в несколько рядов и перевозят в специализированных железнодорожных вагонах или автомобилях.

**Стадии технологического процесса.** Производство кукурузных хлопьев включает в себя следующие стадии:

- подготовка сырья к производству: хранение, очистка от примесей, калибровка;
- мойка;
- увлажнение и отлежка кукурузной крупы;
- приготовление сахарно-солевого сиропа;
- тепловая обработка (варка) крупы;
- разрыхление и охлаждение вареной крупы;
- сушка вареной крупы;
- темперирование;
- пропаривание и плющение крупы в хлопья;
- обжарка хлопьев;
- нанесение добавок;
- инспектирование, сортирование и охлаждение;
- фасование в пакеты; упаковывание в транспортную тару, складирование и хранение готовой продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства кукурузных хлопьев выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству крупы, воды, сахара, соли, жира и других видов сырья. Для хранения сырья используют металлические и железобетонные емкости и бункера. На небольших предприятиях применяют механическое транспортирование крупы погрузчиками, нориями, цепными и винтовыми конвейерами. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспортирования крупы. Жидкие полуфабрикаты перекачиваются насосами. Подготовку сырья осуществляют при помощи просеивателей, смесителей, магнитных улавливателей, фильтров и вспомогательного оборудования.

Ведущий комплекс линии состоит из варочных аппаратов, испарительных чаш, сушилок, специальных бункеров для темперирования крупы. В состав этого комплекса входят дозаторы крупы, воды и жидких полуфабрикатов, смесильные установки, варочные и сушильные агрегаты.

Следующий комплекс линии включает оборудование для пропаривания, плющения, обжарки хлопьев, дозирования и смешивания рецептурных компонентов.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает упаковывание, хранение и транспортирование готовых изделий. Он содержит фасовочно-упаковочные машины и оборудование экспедиций и складов готовой продукции.

Производство кукурузных хлопьев осуществляют по схеме, представленной на рис. 2.5.

**Устройство и принцип действия линии.** Поступившую в цех кукурузную крупу очищают от случайных примесей и мучели на зерновом сепараторе 1.

На сепараторе устанавливают металлические штампованные сита: приемное – с отверстиями диаметром 10 мм; сортировочное – с отверстиями диаметром 5 мм для отделения примесей крупнее крупы; разгрузочное – с отверстиями диаметром 2 мм

для отделения примесей мельче крупы. Двукратной аспирацией при поступлении продукта на сита и при выходе его из машины удаляют легкие примеси (мучель и пр.). С помощью постоянных магнитов освобождают крупу от ферро-примесей.

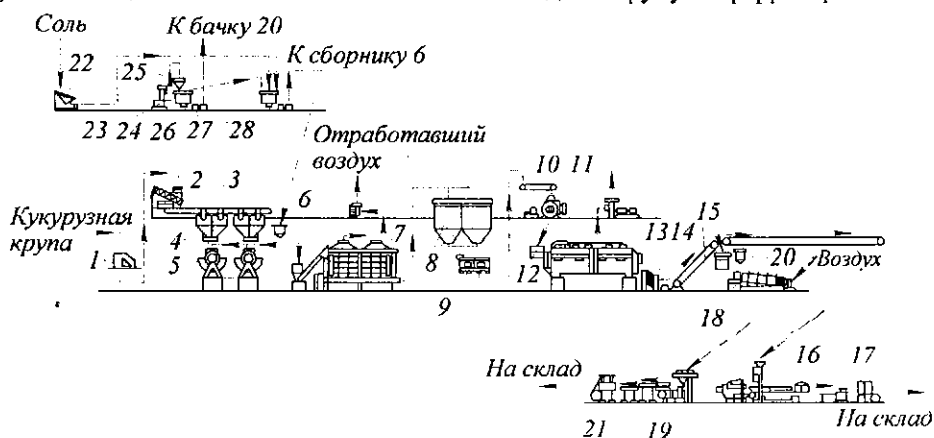


Рис. 2.5 Машинно-аппаратурная схема линии производства кукурузных хлопьев

Очищенную крупу моют на моечной машине 2 теплой водой с температурой 40...45 °С. При мойке удается освободиться от мучели, которая накопилась в крупе при транспортировании и не была отделена при очистке ее на зерновом сепараторе 1. При мойке влажность крупы повышается до 22...25 %. Промытую крупу пропаривают паром под давлением 0,15 МПа в шнековом пропаривателе 3 в течение 2...3 мин и затем передают в бункера 4 для отлежки в течение 1...4 ч. В процессе мойки, увлажнения, а затем отлежки происходит набухание крахмальных зерен и белковых веществ крупы. Это в дальнейшем, при варке крупы, способствует более полной клейстеризации крахмала и денатурации белков.

Кондиционированная крупа поступает в варочный аппарат 5, куда одновременно через сборник-мерник 6 заливают сахарно-солевой раствор. Сахарный сироп для варки и приготовления глазури готовят на установке, оборудованной вибрационным ситом для просеивания соли 22, мерником для соли 23, просеивателем для сахара 24, объемным дозатором для воды 25, диссудатором 26, фильтрами для раствора 27 и насосами 28. Сироп для варки кукурузной крупы состоит из сахарного песка, соли и воды. Обычно сироп готовят на одну варку (800 кг крупы влажностью 15 %). В этом случае берут 39,6 кг сахарного песка, 19,8 кг соли и 150...160 кг воды. Приготавливают сироп в диссудаторе 26, куда подают предварительно просеянные сахар и соль и заливают воду. Раствор доводят до кипения, фильтруют и насосом 28 перекачивают в сборник-мерник 6 варочного отделения. Варка кукурузной крупы в сахарно-солевом растворе продолжается 2 ч с момента достижения давления в аппарате 0,15 МПа до влажности 27...30 %. В результате варки пищевые вещества крупы претерпевают большие изменения. Крахмал клейстеризуется и частично декстринируется. Клейстеризация происходит со значительным поглощением крахмалом воды и приводит к значительному увеличению в крупе растворимых веществ. Белковые вещества коагулируют, выделяя при этом влагу. Коагуляция белковых веществ повышает их усвояемость организмом человека.

Крупа в процессе варки приобретает светло-коричневый оттенок. Степень окрашивания крупы зависит от присутствия в ней меланоидиновых оснований, которые образуются вследствие реакции между моносахарами и аминокислотами крупы. По окончании варки, после спуска из варочного аппарата пара, крупу выгружают на испарительную чашу до достижения влажности 25...28 %, откуда скребковым механизмом, который разбивает образовавшиеся комья, ее направляют в лоток, соединенный с транспортером сушилки 7. Температуру теплоносителя при сушке кукурузной крупы устанавливают равной 80...85 °С. Кукурузную крупу для хлопьев сушат до содержания влаги 18 %.

При использовании ленточных сушилок крупу охлаждают на последней ленте, подавая под нее холодный воздух.

Высушенную и охлажденную кукурузную крупу подвергают темперированию (отлежке) в специальных темперирующих бункерах 8 в течение 6...8 ч для крупы из зубовидной и полужубовидной кукурузы, 10...12 ч – для кремнистой кукурузы.

После отлежки крупу просеивают на бурате 9, отбирая образовавшиеся комочки, которые дробят и присоединяют к просеянной крупе. После этого крупу подогревают и увлажняют паром под давлением 1 кПа в шнековом пропаривателе 10 до содержания влаги 20...22 %. Если крупа поступает на плющение с меньшим содержанием влаги, то получается много крошки и мучели, крупа с большей влажностью замазывает валки и хлопья рвутся. Пропаренную крупу плющают на тонкие лепестки на плющильном станке 11. Толщина лепестков регулируется шириной щели между валками. Продукция лучшего качества получается при обжаривании сырых хлопьев толщиной 0,25...0,4 мм.

Расплющенная крупа из плющилки 11 поступает на сито 12 для отделения мелочи, нижняя часть которой состоит из двойного дна. Верхнее дно изготовлено из штампованного сита с отверстиями диаметром 6 мм, мелочь проходит через него и ссыпается по нижнему дну в ящик для отходов. После отделения мелочи хлопья поступают на обжарку.

Хлопья обжаривают в газовой печи 13 при температуре 200...250 °С в течение 2...3 мин. Влажность обжаренных хлопьев 3,0...5,0 %.

Полученные хлопья сортируют на вибрационном сите 14, охлаждают и инспектируют на конвейере 15, фасуют на машине 16. Готовые коробки с кукурузными хлопьями завертывают в пачки из крафт-бумаги на машине 17.

При выработке хлопьев, глазированных сахаром, их после охлаждения и сортировки на вибрационном сите 14 направляют в аппарат 18 для нанесения глазури. В аппарате хлопья обливают сахарным сиропом, поступающим из бачка 20.

Сахарную глазурь для нанесения на кукурузные хлопья также готовят в варочном баке 26. В бак заливают воду, добавляют предварительно просеянный сахар – на 7,5 части сахара 9,5 части воды. Раствор доводят до кипения и кипятят до содержания в нем сахара 74...76 %, в конце варки добавляют ванилин. Приготовленный раствор фильтруют и перскачивают в сборник 20. Так как сироп должен все время иметь температуру 80...85 °С, внутри сборника монтируют змеевики для пара, с помощью которого поддерживают нужную температуру.

Глазированные хлопья при выходе из барабана аппарата 18 охлаждают потоком холодного воздуха и просеивают, а затем передают на фасовочную машину 19. Готовые коробки упаковывают в пачки на машине 21.



Хорошо поставить вопрос – значит  
наполовину решить его.  
МЕНДЕЛЕЕВ ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ (1834–1907).  
русский химик

## 2.6 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СУШЕНОГО КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** К перерабатываемым видам продукции относятся: картофель и овощи (горошек, зелень пряная, капуста белокочанная, корни белые, лук, морковь, свекла, цикорий, чеснок).

Переработка свежего картофеля и овощей на пищевые концентраты позволяет сократить их потери при хранении, при этом более полно сохраняется их пищевая ценность, появляется возможность обогащения продуктов витаминами и другими пищевыми и вкусовыми компонентами, создаются условия для комплексной переработки сырья с полной утилизацией отходов.

Продукты из картофеля по кулинарному назначению и технологии производства подразделяют на:

- обезвоженные (сухое картофельное пюре, сушеный полуфабрикат для приготовления драников, оладьев, клецок, сушеный картофель и др.);
- обжаренные в масле (хрустящий картофель, соломка, хворост и др.);
- быстрозамороженные (гарнирный картофель, котлеты, биточки, вареники и др.);
- консервированные.

В зависимости от формы и величины частиц сухое картофельное пюре изготовляют в виде крупки, хлопьев и гранул.

Картофельная крупка – мелкозернистый продукт влажностью до 12 % и размером крупинки до 1 мм белого или светло-кремового цвета.

Картофельные хлопья – очень тонкие лепестки (толщиной 0,2...0,3 мм) белого или светло-кремового цвета размером не более 10 мм.

Картофельные гранулы представляют собой цилиндрики диаметром от 1 до 3 мм, длиной от 5 до 25 мм белого или светло-кремового цвета различных оттенков.

Хрустящий картофель – это продукт, получаемый путем обжаривания сырого очищенного и нарезанного в виде тонких ломтиков картофеля в растительном масле, нагретом до температуры 160...200 °С.

Жареный хрустящий картофель (чипсы) имеет золотистый цвет, обладает приятным вкусом, высокой калорийностью и питательностью. Калорийность 100 г жареного картофеля составляет 570 ккал. Он содержит: углеводы – 40...45 %; жиры – 35...40 %; белки – 3,8...4,2 %; минеральные вещества – 1,4 %; поваренную соль – 2 %; влагу – 2,5...3,0 %.

Гарнирный замороженный картофель представляет собой брусочки, обжаренные в масле или необжаренные, подвергнутые быстрому замораживанию. Перед употреблением гарнирный замороженный картофель обжаривают в масле, а обжаренный достаточно подогреть.

Поступившее сырье взвешивают и подвергают анализу по следующим показателям: внешний вид, запах и вкус, размер плодов, форма, цвет мякоти, массовая доля крахмала (для картофеля), внутреннее строение плодов (баклажаны), наличие повреждений, массовая доля растворимых сухих веществ в соке по рефрактометру.



**Особенности производства и потребления готового продукта.** В настоящее время в пищеконцентратном производстве применяют несколько видов поточных линий, отличающихся по степени механизации. Выработка сушеных картофеля и овощей осуществляется на механизированных линиях, позволяющих переходить с производства одного вида продукта на другой.

Основными процессами этого производства являются мойка, инспектирование, калибрование, очистка, тепловая обработка (сульфитация – для картофеля), резка, бланширование, сушка. При очистке и мойке происходит отделение примесей и удаление различных загрязнений. При тепловой обработке происходят гидролитическое воздействие влаги на сухие компоненты продукта и необратимые изменения белково-углеводного комплекса.

При сушке удаляется влага и формируются такие изменения в составе и структуре продукта, которые определяют его вкусовые и потребительские свойства. Сушеные картофель и овощи выпускают в законченном товарном и потребительском виде.

Для транспортирования их укладывают в картонные короба, размещают на поддонах в несколько рядов и перевозят в специализированных железнодорожных вагонах или автомобилях.

**Стадии технологического процесса.** Производство сушеной моркови состоит из следующих основных операций:

- приемка и хранение сырья, мойка, инспектирование и калибрование (при пароводотермическом способе очистки);
- очистка (паровым, пароводотермическим или щелочным способом), обработка раствором бисульфита натрия, доочистка и резка очищенного сырья;
- бланширование (при паровом или щелочном способах очистки), сушка и инспектирование продукции;
- упаковывание продукции.

Производство сушеного картофеля состоит из следующих основных операций:

- приемка, мойка, инспектирование и калибрование;
- очистка (паровым, механическим, пароводотермическим или щелочным способом), сульфитация (при механическом, паровом и щелочном способах очистки), доочистка, резка очищенного сырья и отсеивание мелочи и удаление с поверхности кусочков крахмала;
- бланширование (при механическом, паровом или щелочном способах очистки), сушка и инспектирование продукции;
- упаковывание продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства сушеных картофеля и овощей выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству сырья, воды, соли, жира и других видов сырья. Для хранения сырья используют специальные хранилища, холодильные камеры, бурты, траншеи и т.д.

Подготовку сырья осуществляют при помощи моечных машин, инспекционных транспортеров и оборудования для очистки и выполнения вспомогательных операций.

Ведущий комплекс линии состоит из овощерезок, бланширователей, сушилок.

Следующий комплекс линии включает оборудование для дозирования и смешивания рецептурных компонентов.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает упаковывание, хранение и транспортирование готовых изделий. Он содержит фасовочно-упаковочные машины и оборудование экспедиций и складов готовой продукции.

На рис. 2.6 показана машинно-аппаратурная схема линии производства сушеного картофеля, моркови и свеклы с паровой очисткой сырья.

**Устройство и принцип действия линии.** Из овощехранилища картофель или корнеплоды по гидротранспортеру 1 поступает на ковшовый элеватор 2, а затем через промежуточный бункер на автоматические весы 3. Далее он направляется в бункер-накопитель 4, а из него в вибрационную моечную машину 5.

Мойка осуществляется в проточной воде до полного удаления загрязнений; соотношение воды и клубней 3 : 1. Вымытый картофель инспектируют, удаляя подгнившие и поврежденные клубни, и калибруют на три размера: мелкие — проход через отверстия размером 60×60 мм; средние — 70×70 мм; крупные — сход с машины.

Из вибрационной моечной машины 5 вымытый картофель поступает на скребковый конвейер 6, подающий его через турникеты 7 в паровую очистительную машину 8, где он обрабатывается паром при давлении 0,40...0,50 МПа в течение 45...75 с (морковь при давлении 0,30...0,35 МПа в течение 40...50 с и свекла при давлении 0,30...0,35 МПа в течение 90 с). После этого картофель поступает в барабанную моечно-очистительную машину 9, куда подается вода под давлением 0,3...0,5 МПа. Длительность выдерживания в ней овощей регулируется углом наклона барабана. Количество полностью очищенных овощей составляет 97...99 %.

Очищенный картофель из барабанной моечно-очистительной машины 9 поступает в сульфитатор 10, где обрабатывается 0,1 %-ным раствором бисульфита натрия в течение 1...2 мин, а затем высыпается на ленту конвейера доочистки 11 (очищенные морковь и свекла непосредственно поступают на доочистку), где вручную удаляют глазки, темные пятна, остатки кожицы и другие дефекты. Отходы через решетки, установленные по обе стороны ленты конвейера 11, поступают в гидротранспортер, из которого насосом 12 откачиваются не только твердые очистки, но и жидкие отходы от барабанной моечной машины 9 на вращающийся решетчатый барабан 13. Здесь жидкие отходы насосом 16 подаются в три последовательно соединенных отстойника 14, а твердые очистки идут в расположенную рядом бетонную емкость 15 для использования на корм скоту.

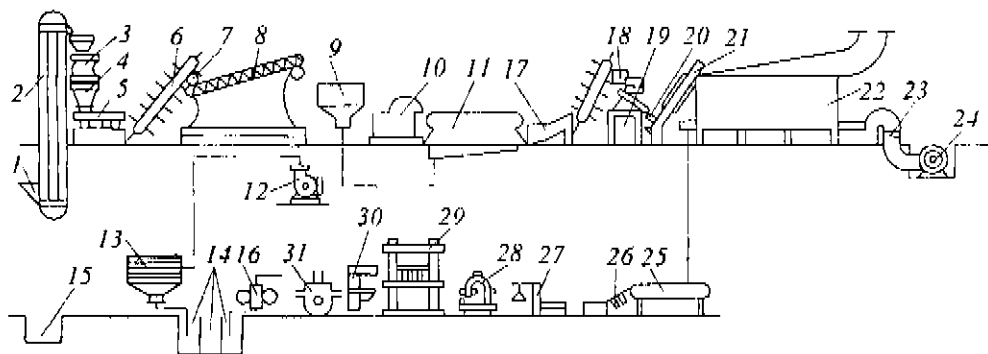


Рис. 2.6 Машинно-аппаратурная схема линии производства сушеного картофеля, моркови и свеклы с паровой очисткой сырья

С конвейера доочистки 11 картофель поступает в элеваторную моечную машину 17 и скребковым конвейером 6 загружается в бункер овощерезки 18. Резка осуществляется на столбики размерами не более 3×5×10 мм, кубики размером грани 9...12 мм, пластины размерами не более 4×12×12 мм. Под овощерезкой установлено вибрационное сито 19 с размером ячеек 4 мм, на котором нарезанный картофель промывается водой для удаления с его поверхности свободного крахмала.

Нарезанный продукт поступает на лоток 20, который равномерно распределяет его на ленте парового бланширователя 21. Бланшировка продукта осуществляется при температуре 95...98 °С в течение 4...6 мин. После бланширования продукт промывают холодной водой. Бланшированные овощи сыпаются на ленту сушилки 22.

Подготовленный картофель, поступающий на первую сушильную ленту, должен распределиться по всей ее ширине слоем одинаковой толщины. Поступающее на верхнюю ленту подготовленное сырье переносится при ее движении в другой конец сушилки, где пересыпается на вторую ленту. Со второй ленты оно поступает на третью, а затем на четвертую и пятую. Сходом с пятой ленты получается готовый сушеный продукт. Режимы сушки картофеля приведены в табл. 2.3.

Для обеспечения максимальной температуры воздуха над лентами давление пара у входа в калориферы 23 должно быть в пределах 0,4...0,6 МПа. Воздух в калорифер 23 нагнетается вентилятором 24.

Таблица 2.3 Режим сушки картофеля

Показатели	Влажность готового продукта, %				
	не более 12		не более 8		от 12 до 8
	столбики	кубики 8×8×8	столбики	столбики	кубики 8×8×8
Производительность, кг/мин	10,5	10,0	15,4	10,5	2...3
Нагрузка на поверхность первой ленты, Н/м <sup>2</sup>	16,5	15,1	22,0	16,5	3...5
Скорость движения лент, м/мин:					
первой	0,31	0,33	0,35	0,31	0,33
второй	0,24	0,20	0,30	0,18	0,20
третьей	0,16	0,18	0,31	0,13	0,18
четвертой	0,12	0,13	0,23	0,12	0,13
пятой	—	—	0,20	0,12	—
Температура воздуха под лентами, °С:					
первой	60	57	60	70	52
второй	65	70	70	75	55
третьей	60	65	80	60	50
четвертой	55	47	70	50	50
пятой	—	—	50	40	—
Продолжительность сушки, ч	3,5	3,5	3,0	5,0	3,5
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	28 000	28 000	33 000	36 000	28 000

Высушенный картофель (овощи) из сушилки 22 поступает на ленточный сортировочный конвейер 25, где производится инспекция и сортировка сушеного продукта.

Отсортированные овощи, сыпаясь с конвейера, проходят магнитный уловитель 26, весы 27 и фасуются россыпью в крафт-мешки, которые зашивают на машине 28.

Отсортированный картофель (овощи) может поступать и на брикетирование. Брикетируют сушеные овощи на гидравлических прессах 29. Брикеты фасуют в металлические банки. Затем банки закатывают на закаточной машине 30 и для предотвращения коррозии жести смазывают в ванне 31 техническим вазелином, подогретым до температуры 135 °С.



Образование есть то, что остается после того,  
как забывается все, чему нас учили.  
**ЭЙНШТЕЙН АЛЬБЕРТ (1879–1955)**  
*физик-теоретик*

## 2.7 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЬНОГО КРАХМАЛА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Крахмал – мучнистый углевод, который образуется в результате фотосинтеза в клетках зеленых растений из углекислоты и воды под действием света. Крахмал является основным резервным веществом растений и накапливается в семенах, клубнях или корнях. По химической природе это полисахарид, в основе строения которого лежит глюкозный остаток.

Крахмал легко усваивается организмом человека, превращаясь в глюкозу, которая и вовлекается в круг кровообращения. Потребность человека в крахмале составляет 400...450 г в сутки, он покрывает половину калорий, расходуемых организмом в сутки.

Главными источниками промышленного получения крахмала являются картофель, кукуруза, рис и пшеница. В тканях растений крахмал откладывается в виде крахмальных зерен, имеющих овальную, сферическую или форму многоугольников. Размер зерен колеблется от 2 до 150 мкм. Наиболее крупные зерна у картофельного крахмала, самые мелкие – у рисового. Крахмал в зернах находится в виде мельчайших игольчатых кристаллов, между которыми имеются микрокапилляры, обуславливающие высокую гигроскопичность и адсорбционные свойства крахмала, способность поглощать воду. Эти свойства позволяют использовать крахмальные формы при отливке конфетных корпусов.

В России и Беларуси вырабатывают сухой картофельный крахмал четырех сортов – экстра, высший, I и II; сухой кукурузный крахмал двух сортов – высший и I. В зависимости от сорта крахмала установленные допустимые значения показателей качества: содержание золы общей 0,20...1,0 %, кислотность 7,5...25 у.е. и др. Независимо от сорта в сухом картофельном крахмале допускается содержание влаги не более 20 %, а в кукурузном – 13 %. К основным относятся также органолептические показатели качества крахмала: цвет и запах.

Сырьем для производства картофельного крахмала служит картофель. Средний химический состав клубня картофеля состоит из 75 % воды и 25 % сухих веществ, из которых 18,5 % крахмала, 2 % азотистых веществ, 1 % клетчатки, 0,9 % минеральных веществ, 0,8 % сахара, 0,2 % жира и 1,6 % прочих веществ (пектиновые, пентозаны и др.). Расход картофеля с крахмалистостью 14,8 % на 1 т сухих веществ крахмала составляет 7,95 т.

Для получения высоких технико-экономических показателей в производстве крахмала необходимо перерабатывать картофель высококрахмалистых сортов, что позволяет снизить его расход на получение 1 т крахмала, а, следовательно, и его себестоимость. Согласно действующим нормативам, картофель, поступающий на переработку, должен иметь крахмалистость не менее 13 %, а засоренность после мойки – не более 0,1 %.

В производстве картофельного крахмала степень использования сырья характеризуется коэффициентом извлечения крахмала, который колеблется от 82 до 88 %.

Выход крахмала зависит от содержания его в перерабатываемом картофеле и от потерь крахмала с побочными продуктами и сточными водами. Основные потери крахмала в производстве происходят с мезгой в виде связанного крахмала (около 40 %) и свободного крахмала (3...4 %), что составляет около 1,7 % массы переработанного крахмала.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Основная задача крахмального производства – максимальное извлечение крахмала в результате разрыва стенок наибольшего числа клеток картофеля и тщательная очистка от посторонних примесей. Процесс очистки основан на свойстве зерен крахмала не растворяться в холодной воде, на их малых размерах и сравнительно большой плотности – 1650 кг/м<sup>3</sup>.

Для переработки картофеля на крахмал используются разнообразные технологические схемы, оснащенные различными видами применяемого для этих целей оборудования. Наиболее эффективной является технология переработки картофеля на крахмал с использованием многоступенчатой гидроциклонной установки, на которой осуществляются операции разделения тонкоизмельченной картофельной каши на крахмальную суспензию и смесь мезги с картофельным соком. По техническим характеристикам и технико-экономическим показателям гидроциклонная установка многократно превосходит в совокупности все виды оборудования, применяемого на операциях от начала разделения картофельной каши до получения очищенной крахмальной суспензии и побочных продуктов в виде смеси мезги и картофельного сока.

Совмещение в одной установке операций разделения и промывки позволяет в 4...5 раз уменьшить производственные площади под размещение равнозначного по мощности технологического оборудования, а также на 3...4 % повысить коэффициент извлечения крахмала из картофеля путем как уменьшения числа ступеней обработки картофельной каши, так и интенсификации производственного процесса в целом, а также снижения количества сбросов и расхода свежей воды.

Сырой крахмал – скоропортящийся продукт, не подлежащий длительному хранению. Для получения сухого крахмала предусмотрено механическое обезвоживание сгущенной крахмальной суспензии с последующим удалением избыточной влаги методом сушки под воздействием сушильного агента (подогретого воздуха).

Прогрессивная технология предусматривает комплексное использование всех компонентов перерабатываемого сырья. Разработаны способы утилизации побочных продуктов – мезги и картофельного сока, одним из которых является получение уваренного углеводно-белкового гидролизата и прессованного белкового корма.

Скоропортящийся сырой картофельный крахмал в холодное время года хранят наливным способом или на складах, при этом емкость с осевшим крахмалом заливают чистой водой, добавляя туда около 0,05 % диоксида серы. Наиболее надежный способ хранения сырого крахмала – в замороженном состоянии.

Сухой крахмал хранят в силосах или упаковывают в джутовые или льняные мешки по 25, 50, 60 кг. Крахмал можно фасовать в бумажные крафт-мешки с последующим их затариванием в мешки из редкой ткани, а также на фасовочных машинах упаковывать в потребительскую тару – бумажные пакеты по 100...1000 г. Упакованный сухой крахмал хранят в складах при оптимальной относительной влажности воздуха 75 % и температуре не выше 10 °С.

Крахмал имеет разнообразное применение в производстве пищевых продуктов. Из него вырабатывают патоку и кристаллическую глюкозу. В кондитерском производстве крахмал используется при придания бисквитному тесту пластических свойств и как формовочный материал при отливке помадных и ликерных конфет. В кулинарии с крахмалом готовят кисели, соусы и пудинги.

Крахмал и его производные находят широко применение в текстильной, бумажной, асбестовой, красочной, полиграфической, обувной, спичечной, парфюмерной, фармацевтической и других отраслях промышленности.

Углеводно-белковый гидролизат – густая коричневая масса, содержащая углеводы, протеины и минеральные вещества, может быть использована либо в качестве биостимулятора при выращивании кормовых дрожжей, либо в хлебопечении как заменитель красного ржаного солода.

**Стадии технологического процесса.** Переработку картофеля на крахмал можно разделить на следующие основные стадии и операции:

- мойка и взвешивание картофеля;
  - тонкое измельчение картофеля (получение кашки);
  - выделение картофельного сока из кашки;
  - выделение свободного крахмала из кашки, отделение и промывание мезги;
- рафинирование крахмального молока и получение сырого крахмала;
- обезвоживание и сушка крахмала;
  - упаковывание сухого крахмала в потребительскую и транспортную тару;
  - осветление и коагуляция картофельного сока и получение белкового корма;
  - уваривание осветленного картофельного сока и получение уваренного гидролизата.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки клубней картофеля к переработке, в состав которого входят гидравлический транспортер, камнеловушка, моечная машина и водоотделители.

Ведущим является комплекс оборудования для образования крахмальной эмульсии, включающей терочные машины, фильтры, гидроциклонную установку, сито рафинировальное, центрифугу, винтовой конвейер, сборники и насосы.

Завершающий комплекс предназначен для получения сырого и сухого крахмала и содержит вакуум-фильтр, сушильную установку, бурат-просеиватель, винтовой конвейер, сборники, насосы, весы и мешкозашивочную машину.

В состав линии входят также комплексы оборудования для переработки побочных продуктов. Комплекс оборудования для получения из крахмального сока белкового корма содержит дуговые сита, подогреватель, коагулятор, сборники и насосы. В комплекс оборудования для получения уваренного гидролизата входят подогреватель очищенного картофельного сока, выпарные аппараты, поверхностный конденсатор, вакуум-насос, сборники, насосы, а также устройства для сбора конденсата.

На рис. 2.7. показана машинно-аппаратурная схема линии производства картофельного крахмала.

**Устройство и принцип действия линии.** Картофель из оборотного склада подается по гидротранспортеру 1 на камнеловушку барабанного типа 2, далее шнеком 3, в котором происходит отделение транспортной воды, – на бильную мойку 4. Отмытые от грязи клубни поступают через второй шнек-водоотделитель на установку измельчения, где дважды измельчаются в кашку на терках 5, связанных через плунжерный насос 6.

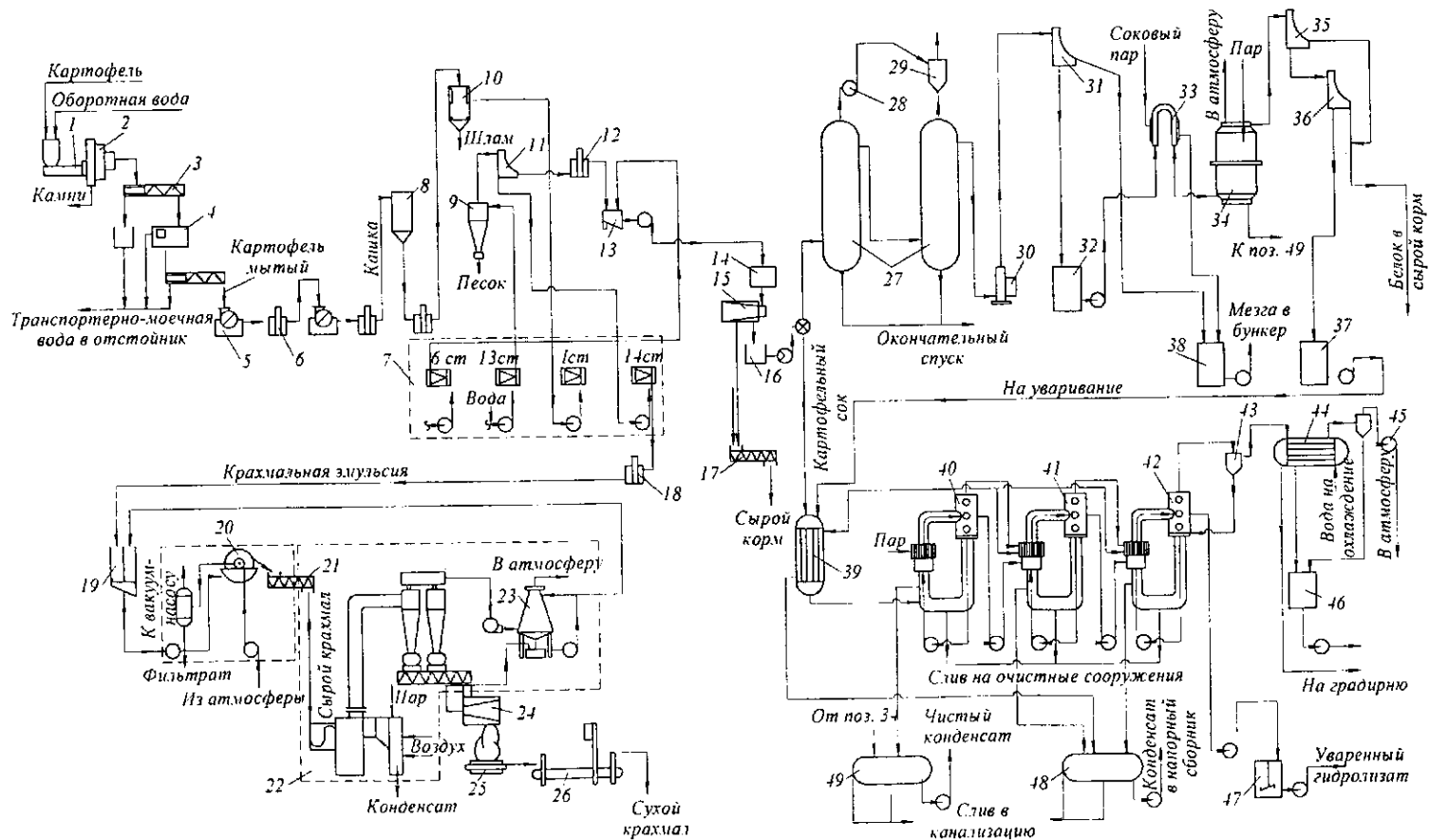


Рис. 2.7 Машинно-аппаратурная схема линии производства картофельного крахмала

Терка представляет собой устройство, где измельчение осуществляется за счет истирания клубней картофеля зубчатыми пилами, укрепленными на поверхности барабана, вращающегося с большой скоростью внутри металлического корпуса. Измельчение проводят дважды. При первом измельчении используют пилки с высотой зубьев 1,5...1,7 мм, при повторном (перетир) – 1,0 мм. Терки комплектуются прижимами и решетками с отверстиями диаметром 2 мм, что обеспечивает высокую степень измельчения. Эффективность работы картофелетерки зависит от окружной скорости пильной поверхности барабана; она характеризуется коэффициентом измельчения, который достигает 90 %. При использовании пильчатых терок с окружной скоростью барабана 90 м/с коэффициент измельчения может достигать 95 % и более, при этом отпадает необходимость во второй стадии измельчения картофельной каши. Эффективность и надежность работы терок существенно зависит от качества очистки картофеля при мойке.

Полученная после терочных машин картофельная кашка представляет собой смесь, состоящую из взорванных клеточных стенок, крахмальных зерен и картофельного сока. Важная задача получения картофельного крахмала – скорейшее выделение из каши сока при минимальном его разбавлении. Контакт сока с крахмалом ухудшает качество крахмала, вызывая его потемнение в связи с окислением тирозина, снижает вязкость крахмального клейстера, способствует образованию пены, слизи и других нежелательных явлений.

Картофельная кашка из сборника-накопителя 8 через самоочищающиеся фильтры 10, на которых отделяются различные примеси, подается плунжерным насосом на гидроциклонную установку 7, состоящую из 14 ступеней гидроциклонной, из которых 6 ступеней являются обескрахмаливающими, а 8 – промывными.

Работу гидроциклонной установки регулируют таким образом, чтобы поступающая на промывание суспензия имела концентрацию 6...8, сгущенный сход с последней ступени – 35...40, а смешанные жидкие сходы с I и II ступеней – 1,0...1,5 % сухих веществ. Давление в мультициклоне поддерживают на уровне 0,3...0,4 МПа. Крахмальная суспензия с 13-й ступени гидроциклонов подается на песковый гидроциклон 9 (единичный), затем на рафинировальное дуговое сито 11. Крахмальная суспензия проходит сквозь сито и направляется для дальнейшей очистки в 14-ю ступень гидроциклонов. Мезга сползает в нижнюю часть ситовой поверхности, выводится из сита 11 и перекачивается плунжерным насосом 12 в сборник верхнего схода 13.

Очищенная крахмальная суспензия перекачивается плунжерным насосом 18 в сборник 19. Из него она поступает для обезвоживания до концентрации 64 % сухих веществ на установку барабанного вакуум-фильтра 20.

При непрерывном вращении перфорированного барабана, его поверхность последовательно проходит зоны фильтрации суспензии, подсушки, промывки и продувки слоя крахмала. С поверхности барабана сырой крахмал снимается ножом в винтовой конвейер 21.

Для получения сухого крахмала сырой крахмал конвейером 21 направляется в пневматическую сушилку 22. В основу работы сушилок пневматического типа положен принцип сушки разрыхленного крахмала в движущемся потоке горячего воздуха; при этом скорость движения смеси крахмал-воздух по сушильному тракту должна быть больше скорости витания зерен крахмала в потоке. Практически сушка крахмала длится доли секунды, т.е. происходит почти мгновенно.



Особенности конструкции и работы пневматической сушилки, ее автоматизация позволяют применять воздух, нагретый до высоких температур. Температура сушильного агента калориферов, входящих в состав сушильной установки, составляет 140...150 °С, однако крахмальные зерна за счет испарения поверхностной влаги не успевают нагреться выше 60 °С.

Разделение сухого крахмала и воздушно-паровой смеси происходит в циклонах; окончательную очистку воздуха от крахмала осуществляют мокрым способом в циклоне-промывателе (скруббере) 23. В нем крахмальная пыль улавливается водой и в виде крахмального молока подается в сборник 19. Высушенный до требуемой (равновесной) влажности крахмал может содержать некоторое количество крупки, образующееся при переработке недоброкачественного сырья, которую отделяют на ситовом аппарате типа бурата 24, разводят и направляют в основное производство для переработки. Очищенный сухой крахмал из бурата затаривается в мешкотару, затем взвешивается на весах 25 и зашивается на мешкозашивочной машине 26.

Из сборника 13 мезга перекачивается центробежным насосом в промежуточную емкость 14, из которой подается в центрифугу 15. В последней мезга разделяется на две фракции: осадок (тяжелая фракция и картофельный сок). Осадок поступает в винтовой конвейер 17 используется в качестве сырого крахмала. Картофельный сок собирается в сборнике-отстойнике 16 и перекачивается насосом в комплексы оборудования для утилизации.

При утилизации побочных продуктов по комбинированной схеме вырабатывается уваренный углеводно-белковый гидролизат и белковый корм. По этой схеме картофельный сок из сборников 27, оснащенных вентилятором-пеногасителем 28 и циклоном 29, подается плунжерным насосом 30 на дуговое сито 31. Верхний сход сита накапливается в сборнике 38, а затем перекачивается насосом в сборник мезги. Очищенный картофельный сок собирается в сборник 32 и подается насосом через подогреватель 33 в коагулятор 34. Отсюда он поступает для отделения белка на дуговые сита 35 и 36. Верхний сход последнего сита является белковым кормом.

Картофельный сок из сборника 16 и осветленный сок из сборника 37 через конденсатор 39 направляется на уваривание на трехкорпусную выпарную установку 40, 41, 42 и из нее откачивается насосом в сборник 47.

Для конденсации паров из третьего корпуса 42 установки используется поверхностный конденсатор 44. Разрежение в выпарной установке и конденсаторе создается вакуум-насосом 45. Конденсат из конденсатора 44 и ловушки 43 поступает в барометрический сборник 46 и насосом откачивается на градирню, где охлаждается и используется вторично для конденсации паров. Конденсат из первого и второго корпусов установки собирается в сборниках 49 и 48.



Не следует ложиться спать, прежде чем  
не скажешь себе, что за день ты чему-то научился.  
**ЛИХТЕНБЕРГ ГЕОРГ КРИСТОФ (1742–1799).**  
немецкий писатель, литературный  
и театальный критик, ученый-физик

## 2.8 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА САХАРА-ПЕСКА ИЗ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Сахар – относится к важнейшим компонентам пищевого рациона – углеводам. Последние подразделяются на моносахариды (глюкоза, фруктоза, галактоза), дисахариды (сахароза, мальтоза, лактоза), на перевариваемые полисахариды (крахмал, гликоген) и неперевариваемые полисахариды (пищевые волокна). Моносахариды и дисахариды имеют сладкий вкус и поэтому их называют сахарами. Дисахариды и неперевариваемые полисахариды расщепляются в организме человека с образованием глюкозы и фруктозы. Сахароза легко и полностью усваивается в организме человека, способствует быстрому восстановлению затраченной энергии.

При переработки сахарной свеклы для пищевых целей вырабатывают белый сахар-песок, содержащий не менее 99,75 % сахарозы (в пересчете на сухое вещество) и имеющий цветность не более 0,8 условных единиц. Для промышленной переработки также производят белый с желтым оттенком сахар-песок, содержащий не менее 99,55 % сахарозы (в пересчете на сухое вещество) и имеющий цветность не более 1,5 условных единиц. Сахар-песок вырабатывается с размерами кристаллов от 0,2 до 2,5 мм.

Качество сахара-песка должно соответствовать требованиям стандарта по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям.

Сахар-песок имеет особую ценность благодаря скорости и легкости его усвояемости и тем самым служит незаменимым источником калорий для людей умственного и физического труда.

Исходным сырьем в отечественной сахарной промышленности является сахарная свекла, корнеплод которой выкапывают и отгружают на переработку. Заготавливаемая свекла должна соответствовать требованиям стандарта по показателям физического состояния и нормированного содержания корнеплодов с определенными дефектами (подвяленные, цветущие, поврежденные и др.). Технологические качества сахарной свеклы также зависят от технической спелости свеклы во время уборки, общей загрязненности и важнейших химических показателей – содержания сахарозы и чистоты свекловичного сока.

Следует отметить, что у заготовителей свеклы в процессе хранения происходит ухудшение большинства показателей качества, что в свою очередь снижает эффективность протекания технологических процессов, повышает потери сахарозы, снижает выход и качество готовой продукции. Поэтому оптимальный производственный период переработки сахарной свеклы равен 100 суткам.

Основными полуфабрикатами свеклосахарного производства являются свекловичная стружка, диффузионный сок, сироп, угфель и промытый сахар-песок. *Свекловичная стружка* – срезы свеклы определенных размеров и формы, полученные путем изрезания корнеплодов в свеклорезках. *Диффузионный сок* – водный раствор сахарозы и несахаров, извлеченный из свекловичной стружки диффузионным методом. *Сироп* – насыщенный сахарный раствор, полученный из очищенного сока вы-

париванием из него воды в выпарной установке. *Утфель* – масса, состоящая из кристаллов сахарозы и межкристалльного раствора, образующаяся при уваривании сиропа и оттеков в вакуум-аппаратах. *Промышленный сахар-песок* – промытые горячей водой кристаллы сахарозы, отделенные от межкристалльного раствора (оттеков) при центрифугировании утфеля.

В результате переработки сахарной свеклы наряду с основной продукцией (сахар-песок) получают большое количество побочной продукции. При среднем выходе сахара 10...12 % свекловичное производство дает в процентах к массе переработанной свеклы: 80...83 сырого свекловичного жома, 5,0...5,5 мелассы, 10...13 фильтрационного осадка, которые являются ценными вторичными ресурсами.

Свекловичный жом представляет собой обессахаренную свекловичную стружку, оставшаяся после извлечения из нее сахарозы диффузионным методом. Он содержит 0,3 % сахарозы. Жом имеет большую кормовую ценность, однако для увеличения срока хранения требуется его обработка: высушивание или силосование. Эффективность использования жома можно повысить за счет получения из него пектина, пищевых волокон, метана, одноклеточного протеина.

Меласса представляет собой межкристалльный раствор, получаемый при центрифугировании утфеля последней кристаллизации. Меласса содержит: минеральные органические вещества, в том числе углеводы; ценные аминокислоты и амиды; катионы щелочных и щелочноземельных металлов; анионы угольной, серной и фосфорной кислот. Около 50 % вырабатываемой мелассы направляется на кормовые цели.

Кроме того, меласса является ценным сырьем для производства этилового спирта, дрожжей, пищевых кислот, растворителей и др.

Фильтрационный осадок содержит углекислый газ, азотистые соединения, безазотистые соединения и минеральные вещества, ряд элементов и других соединений, полезных для питания растений и животных. Однако этот ценный отход свеклосахарного производства до настоящего времени не находит полезного практического применения, он наносит ущерб экологии природной среды при накоплении в отвалах.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Сахарные заводы размещаются в местах выращивания сахарной свеклы. Современный свеклосахарный завод – это крупное промышленное предприятие, которое в зависимости от проектной мощности может перерабатывать от 1,5 до 6 тысяч тонн сахарной свеклы в сутки.

После распада СССР на территории РФ и РБ осталось 98 свеклосахарных заводов. В новых экономических условиях эти предприятия существенно сократили выработку сахара, так как объем перерабатываемой свеклы уменьшился в 2 раза. При этом возросли объемы переработки импортного тростникового сахара-сырца.

В настоящее время резко сократились площади посева и объем заготовки сахарной свеклы. Основные производственные фонды сахарных заводов имеют значительный износ.

Восстановление и дальнейшее развитие отечественного свеклосахарного комплекса зависит от решения проблем по созданию производства, конкурентоспособного на мировом рынке. При этом придется учитывать, что около 80 % конструкторско-исследовательской и машиностроительной базы осталось на Украине.

Особенности производства сахара-песка из сахарной свеклы обусловлены тем, что готовая продукция практически чистая сахароза. Такой химический состав продукции достигается тем, что почти на всех стадиях технологического процесса вы-

полняются операции очистки исходного сырья и полуфабрикатов от загрязнений и посторонних примесей. Большинство операций связано с обеспечением чистоты наружной поверхности корнеплодов свеклы, диффузионного сока, а также кристаллов белого сахара.

Наружную поверхность корнеплодов сахарной свеклы очищают от легких (плавающих) и тяжелых (камни, песок и др.) примесей. Значительная часть примесей отделяется при транспортировании свеклы на переработку в потоке свекловодной смеси. Загрязнения, прочно связанные с поверхностью корнеплодов, отмывают при помощи механических рабочих органов в моечных машинах.

Вода является наиболее материалоемким отходом производства. Количество воды при прямоточной схеме ее использования (без повторного и оборотного) составляет около 1800 % к массе перерабатываемой свеклы. Промышленные сточные воды требуют специальной очистки, чтобы исключить отрицательное воздействие на окружающую среду.

В связи с полной механизацией уборочных и погрузочно-разгрузочных работ значительно увеличились загрязнения свеклы землей и зеленой массой. Свекла с повышенной загрязненностью значительно увеличивает объем транспортных перевозок, расход транспортерно-моечной воды и нагрузку на очистные сооружения, снижает производительность при переработке свеклы, что в конечном счете приводит к дополнительным затратам и снижению конкурентоспособности производства.

Следует отметить, что при всех дополнительных усилиях не удастся получить свеклу с необходимой для прогрессивной технологии чистотой наружной поверхности, что приводит к износу оборудования. В частности, в СССР были прекращены серийный выпуск и практическое применение дисковых свеклорезок. Среди известных типов свеклорезок именно дисковые потребляют меньше энергии и производят свекловичную стружку хорошего качества. Для надежной работы дисковых свеклорезок требуется более высокий уровень чистоты свеклы, но это не препятствует их широкому применению на передовых зарубежных сахарных заводах.

Диффузионный сок содержит примерно 16...19 % сухих веществ из них 14...17 % сахарозы и около 2 % несахаров. Все сахара в большей или меньшей степени затрудняют получение кристаллической сахарозы и увеличивают ее потери с мелассой. Одна часть несахаров при кристаллизации способна удерживать в растворе 1,2...1,5 части сахарозы. Поэтому одной из важнейших задач технологии сахарного производства является максимальное удаление несахаров из сахарных растворов.

В состав несахаров входят многочисленные вещества: органические кислоты, белки, пектины, жиры, редуцирующие вещества (продукты разложения сахарозы в водных растворах на глюкозу и фруктозу под действием ионов водорода или ферментов), красящие вещества и др. Несахара обладают широким спектром физико-химических свойств, что обуславливает различную природу реакций, приводящих к удалению их из диффузионного сока.

Последовательность основных этапов физико-химической очистки диффузионного сока следующая: предварительная дефекация, основная дефекация, I сатурация, II сатурация, отделение осадка, сульфитация.

*Дефекация* – процесс обработки диффузионного сока известью (известковым мелом). Целью предварительной дефекации являются коагуляция и осаждение под действием дегидратирующих свойств ионов, белков, пектиновых и других веществ коллоидной дисперсности, а также образование хорошей структуры осадка. Кроме

коагуляции и осаждения белково-пектинового комплекса, на предварительной дефекации происходит реакция нейтрализации кислот и осаждения солей кальция. Главной задачей основной дефекации является разложение амидов кислот, солей аммония, редуцирующих веществ, омыление жиров, а также создание избытка извести, необходимой для получения достаточного количества осадка  $\text{CaCO}_3$  на I сатурации.

*Сатурация* – процесс обработки дефекованного сока сатурационным газом, содержащим диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ). В результате чего образуются кристаллы карбоната кальция, на поверхности которых в свою очередь адсорбируются частицы несахаров. После I сатурации осадок карбоната кальция с адсорбированными несахарами и коагулятом отделяют отстаиванием или фильтрованием и выводят в отходы. Затем в сок добавляют известь и проводят II дефекацию. На II сатурации в результате химических реакций на поверхности образующегося осадка  $\text{CaCO}_3$  осаждаются соли кальция и другие несахара. После этого снова от сока отделяется сатурационный осадок.

*Сульфитация* – процесс обработки сока или сиропа сернистым газом или сернистой кислотой. Сульфитация проводится с целью снижения вязкости сахаросодержащих растворов и понижения их окрашенности. Сульфитированный сироп фильтруют для отделения осадка.

Количество несахаров в исходном сырье существенно влияет на эффективность процесса очистки сока: чем их больше, тем труднее добиться требуемой чистоты, т.е. массовой доли сахарозы в пересчете на сухие вещества. Соотношение между количествами сахарозы и несахаров в свекле зависит от ее технологических свойств. В частности, цветущие корнеплоды имеют пониженное (на 2...3 %) содержание сахарозы и повышенное количество редуцирующих веществ. Чистота свекловичного сока в подвяленных корнеплодах ниже на 4...12 %, чем у нормальной свеклы. Из корнеплодов с сильными механическими повреждениями при гидроподаче на переработку вымывается в транспортно-мочную воду до 0,16...0,30 % сахарозы. При наличии зеленой массы на корнеплодах снижается чистота диффузионного сока на 1,7...2,6 %. Естественно, что при хранении перечисленных дефектных корнеплодов ухудшение показателей их качества происходит более интенсивно, чем у нормальной свеклы. Таким образом, заготовка и переработка свеклы ухудшенного качества приводит к потерям сахара и, в конечном счете, снижает конкурентоспособность свеклосахарного производства.

Сахароза хорошо растворяется в воде, при повышении температуры ее растворимость возрастает. В растворах сахароза является сильным дегидратором. Она легко образует пересыщенные растворы, кристаллизация в которых начинается только при наличии центров кристаллизации. Скорость этого процесса зависит от температуры, вязкости раствора и коэффициента пересыщения.

Кристаллизация позволяет из многокомпонентной смеси веществ, которой является сироп, получить практически чистую сахарозу.

Технологическая схема предусматривает столько ступеней кристаллизации, чтобы суммарный эффект кристаллизации (разность чистоты исходного сиропа с клеровкой и мелассы) составлял 30...33 %. Обычно заводы работают по схемам с двумя или тремя кристаллизациями, при этом товарный продукт получают только на первой степени. Двухкристаллизационная схема проще и экономнее трехкристаллизационной, но при ее эксплуатации не всегда достигается достаточно полное обессахаривание мелассы и получение сахара-песка высокого качества.

Товарный сахар-песок высушивается до нормативной влажности 0,04 % при бестарном хранении и 0,14 % при упаковывании в мешки и пакеты.

Хранение сахара на свеклосахарных заводах усложняется тем, что вся продукция вырабатывается в течение нескольких месяцев, после чего ее приходится хранить продолжительное время. Для эффективного использования емкости сахарного склада мешки с сахаром укладывают в штабеля. Для штабелирования мешков применяются различные передвижные подъемники. Обычно под мешки подкладывают деревянные решетки, поддерживающие их на высоте около 100 мм от пола и обеспечивающие хорошую вентиляцию воздуха под ними. Для правильного хранения сахара в складе нужно обеспечить соответствующий температурный и влажностный режим.

Силоса бестарного хранения сахара должны иметь конструкцию, исключаящую возможность образования влаги на их внутренних поверхностях. Такой склад должен быть оборудован системой кондиционирования, а также аспирации, обеспечивающей очистку отсасываемого воздуха до взрывобезопасной концентрации сахарной пыли.

Для доставки потребителям неупакованного сахара используют вагоны специальной конструкции (хоппера).

**Стадии технологического процесса.** Производство сахара-песка из сахарной свеклы можно разделить на следующие стадии и основные операции:

- транспортирование и предварительная очистка свеклы;
- мойка свеклы;
- изрезывание свеклы в свекловичную стружку;
- извлечение сока из свекловичной стружки;
- физико-химическая очистка диффузионного сока;
- выпаривание сока и очистка сиропа;
- уваривание и утфеля, кристаллизация сахарозы и отделение утфеля (центрифугирование);
- сушка, охлаждение, сортирование и упаковка сахара-песка.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для транспортирования и очистки наружной поверхности свеклы, в состав которого входят системы гидротранспортеров, свеклососос, ботвосоломолушки, камнеловушки, водоотделитель, свекломойка и магнитный сепаратор, а также оборудование для отбора хвостиков свеклы.

Следующий комплекс оборудования предназначен для получения и обработки свекловичной стружки, включающий весы, свеклорезку, диффузионный аппарат, мезголовушки и оборудование для отжима влаги от свекловичного жома.

В третий комплекс оборудования для физико-химической обработки диффузионного сока и отделения осадков входят аппараты для дефекации и сатурации сока, подогреватели, дозаторы известкового молока, отстойники, сульфитаторы и фильтры.

Четвертый комплекс оборудования предназначен для выпаривания диффузионного сока и очистки сиропа, содержащий в своем составе четырехкорпусную выпарную установку с концентратом, сульфитатор сиропа и фильтр сиропа.

Несущим является комплекс оборудования для уваривания сиропа, кристаллизации сахара, отделения утфеля и промывки кристаллов сахара. Основным оборудованием этого комплекса является вакуум-аппараты утфеля, утфелемешалки, утфелераспределители, центрифуги, аффинационная мешалка, сборники отгёвок утфелей и мелассы, а также вибротранспортер для промытого сахара-песка.

Завершающий комплекс оборудования для получения товарного сахара-песка включает элеватор, сушильно-охладительную установку, сортировочную установку для сахара, приемные бункеры сахара-песка, а также циклоны сухой и влажной очистки воздуха от сахарной пыли и мешалку для растворения сахарной пыли и комков сахара-песка.

Машинно-аппаратурная схема линии производства сахара-песка из кондиционной сахарной свеклы показана на рис. 2.8.

**Устройство и принцип действия линии.** Свекла из склада краткосрочного хранения (бурачной) 1 в виде свекловодяной смеси в соотношении 1 : 6...1 : 7 подается в главный гидротранспортер, состоящий из нижнего и верхнего участков. Нижний гидротранспортер 2 заглублен в земле с уклоном в сторону свеклоподъемной станции. На входе в главный гидротранспортер для предотвращения заторов установлены наклонная и горизонтальная решетки 3. В конце гидротранспортера установлен регулятор потока – пульсирующий шибер 4.

Из нижнего участка гидротранспортера свекловодяная смесь перекачивается свеклонасосом 5 в верхний гидротранспортер 6, размещенный на высоте более 20 м. Дальнейшее перемещение ее для выполнения различных технологических операций происходит за счет силы тяжести. При движении по металлическому гидравлическому транспортеру корнеплоды подвергаются очистке попеременно в ботвосоломолотовушках и камнеловушках. Легкие примеси улавливаются в ботвосоломолотовушках 7 и 9, а тяжелые в камнеловушках 8 и 10.

Далее свекловодяная смесь проходит через дисковый водоотделитель 11, где корнеплоды освобождаются от транспортерно-моечной воды, обломков свеклы, песка и мелких свободных примесей и подаются в свекломойку 12 для отмывания от земли и других прилипших примесей. Количество примесей составляет при ручной уборке 1...3 % к массе свеклы, а при механизированной уборке комбайнами 8...10 % и более.

Количество воды, подаваемой на мойку свеклы, зависит от степени ее загрязненности, конструкции машины и в среднем составляет 60... 100 % к массе свеклы. Из мойки корнеплоды поступают на свеклоополаскиватель 13, где производится окончательный смыв грязи с поверхности свеклы и очистка ее от посторонних примесей. Из свеклоополаскивателя корнеплоды поступают на второй водоотделитель 14, где от них отделяют моечную воду и ополаскивают хлорированной водой, подаваемой через форсунки, и направляют на элеватор 15.

В сточные воды гидравлического конвейера и моечной машины попадают отломившиеся хвостики светлы, небольшие кусочки и мелкие корнеплоды (всего 1...3 % к массе свеклы), поэтому транспортерно-моечная вода с обломками свеклы из водоотделителей подается в ротационный хвостикоулавливатель 16. Отделенные в улавливателе обломки свеклы, солома и ботва поступают в классификатор хвостиков 17. Здесь обломки свеклы отделяются от соломы и ботвы и направляются на свеклоополаскиватель 18, а из него подаются насосом на элеватор и перерабатываются вместе со свеклой. Растительные примеси сбрасываются на конвейер 19.

Отмытая свекла поднимается элеватором 15 на контрольный конвейер 20 с электромагнитным сепаратором 21 для улавливания ферромагнитных примесей и поступает на автоматические весы 22, расположенные над свеклорезками. Взвешенная на автоматических весах свекла выгружается в бункер-накопитель 23.

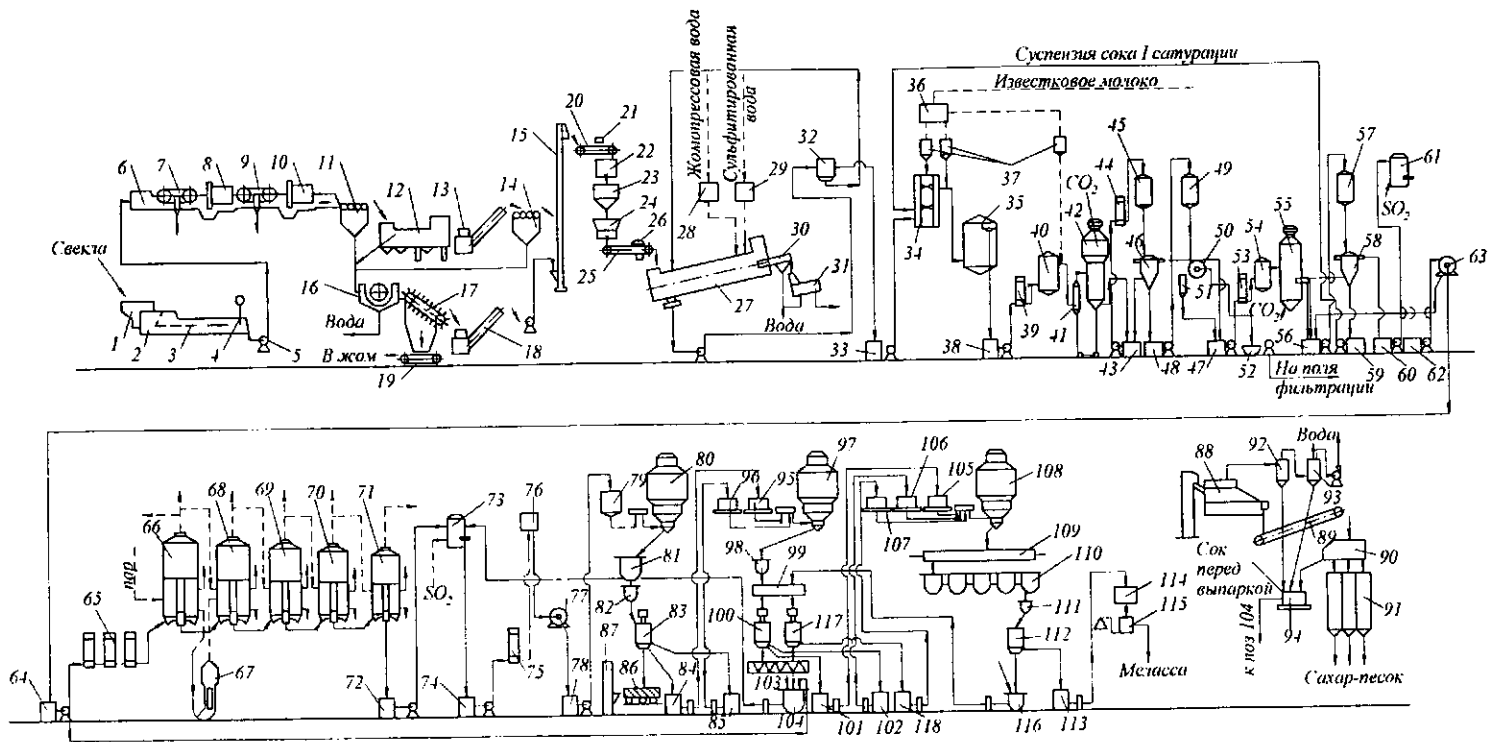


Рис. 2.8 Машинно-аппаратурная схема линии производства сахара-песка из сахарной свеклы



Свекла из бункера-накопителя подается в свеклорезку 24 для получения свекловичной стружки. Для хорошего экстрагирования свекловичного сока из стружки она должна быть гладкой, упругой и без мезги. Хорошая свекловичная стружка представляет собой длинные и тонкие полоски свеклы желобчатого, прямоугольного или ромбовидного сечения толщиной 0,5...1 мм.

Свекловичная стружка конвейером 25, на котором установлены автоматические ленточные весы 26, направляется в непрерывно-действующий диффузионный аппарат 27. В качестве питательной воды используются сульфитированные аммиачные конденсаты или барометрическая вода из сборника 29, а также очищенная жом-прессовая вода из сборника 28.

В корнеплодах сахарной свеклы содержится 20...25 % сухих веществ, из них содержание сахарозы колеблется от 14 % до 18 %.

Сахароза, растворенная в клеточном соке, может быть извлечена из клеток только после денатурации (свертывания) протоплазмы с ее полупроницаемой оболочкой. Поэтому для нормального протекания диффузионного процесса свекловичную стружку предварительно нагревают до температуры 70...80 °С.

Сахар извлекается из клеток ткани корнеплода противоточной диффузией, при которой стружка поступает в головную часть аппарата 17 и движется к хвостовой части, отдавая сахар путем диффузии в движущуюся навстречу экстрагенту высоколаживающую горячую воду. Из конца хвостовой части аппарата выводится стружка с малой концентрацией сахара, а экстрагент, обогащенный сахаром, выводится как диффузионный сок. Из 100 кг свеклы получают приблизительно 120 кг диффузионного сока. В сок попадает 1,5...3 г/л мезги, которую отделяют в мезголовушке 32, затем подают в сборник 33.

Выгружаемый из диффузионного аппарата жом поступает в шнеководоотделитель 30 и подается в отжимной пресс 31, затем – на сушку и бункерирование. В среднем количество жома, удаляемого из аппарата 27, составляет 80 % к массе свеклы.

Диффузионный сок подается из сборника 33 на физико-химическую очистку, которая состоит из ряда последовательных стадий. Предварительная дефекация осуществляется в аппарате 34, куда кроме сока подается известковое молоко и суспензия сока II сатурации для формирования осадка несахаров. Из преддефекатора сок поступает на первую ступень основной дефекации в аппарат 35, где смешивается с известковым молоком для проведения реакции разложения несахаров. Известковое молоко в количестве, соответствующем расходу поступающего сока, подается из мешалки известкового молока 36 дозаторами 37.

После первой ступени основной дефекации сок поступает в сборник 38 и насосом подается в подогреватель 39, где нагревается до 85...90 °С и направляется в дефекатор 40 на вторую (горячую) ступень основной дефекации. В переливную коробку дефекатора добавляется известковое молоко для повышения фильтрационных свойств осадка сока I сатурации. Из дефекатора 40 сок поступает в циркуляционный сборник 41, где смешивается с 5...7-кратным количеством рециркуляционного сока I сатурации, в аппарате 42 подвергается I сатурации и самотеком поступает в сборник сока I сатурации 43. Далее, пройдя подогреватель 44, сок перекачивается насосом в напорный сборник 45, расположенный над листовыми фильтрами 46.

Сгущенная суспензия из фильтров 46 через мешалку 48 и напорный сборник 49 подается в вакуум-фильтры 50. Фильтрат отводится из вакуум-фильтров через вакуум-

сборник 51 в сборник фильтрованного сока I сатурации 47. Образующийся фильтрационный осадок поступает в мешалку 52, а из нее направляется на поля фильтрации.

Фильтрованный сок I сатурации, нагретый в подогревателе 53 до температуры 92...95 °С, подается насосом в дефекатор 54 на дефекацию перед II сатурацией. Во всасывающий трубопровод насоса вводится известковое молоко. Из дефекатора сок самотеком поступает в аппарат 55 на II сатурацию, обрабатывается там диоксидом углерода и направляется в сборник 56, откуда насосом перекачивается в напорный сборник 57, расположенный над листовыми фильтрами 58.

Сгущенная суспензия из фильтров 58 подается в мешалку 59, откуда перекачивается на преддефекацию. Фильтрат из листовых фильтров поступает в сборник 60. После фильтров сок II сатурации сульфитируется диоксидом серы в сульфитаторе 61 и собирается в сборнике 62, откуда насосом подается для контрольной фильтрации на фильтр 63. Фильтрованный сок II сатурации собирается в сборнике 64.

Сгущение сока ведут в два этапа: сначала его сгущают на выпарной установке до содержания сухих веществ 65 % (при этом сахароза еще не кристаллизуется), а затем после дополнительной очистки вязкий сироп на вакуум-аппарате сгущают до содержания сухих веществ 92,5...93,5 % и получают утфель.

На первом этапе сок направляется насосом через три группы подогревателей 65 в корпус 66 выпарной установки. Она предназначена для последовательного сгущения сока второй сатурации до концентрации густого сиропа; при этом содержание сухих веществ в продукте увеличивается с 14... 16 % в первом корпусе до 65...70 % (сгущенный сироп) в последнем. Свежий пар поступает только в первый корпус, а последующие корпуса обогреваются соковым паром предыдущего корпуса.

Из I корпуса сок проходит последовательно II корпус 68, III корпус 69, IV корпус 70 и концентратор 71, сгущаясь до определенной плотности. Выпаренная из сока часть воды в I корпусе образует вторичный пар, который используется для обогрева последующего корпуса и т.д. Образующийся в выпарных аппаратах конденсат отводится через конденсатные колонки 67 в сборники конденсата.

Из выпарной установки полученный сироп поступает в сборник 72, откуда насосом подается в сульфитатор 73. В сульфитатор также подается клеровка (раствор сахара II кристаллизации и сахара-аффинада). Сульфитированный сироп с клеровкой направляется в сборник 74. Затем смесь подогревается в подогревателях 75 и направляется в напорный сборник 76, откуда подается для фильтрации в фильтр 77 и поступает в сборник 78. Фильтрованная смесь насосом направляется в сборник 79 перед вакуум-аппаратами.

Из сборника 79 смесь поступает в вакуум-аппарат 80 и уваривается до содержания сухих веществ 92,5 %. Таким образом, сироп уваривается до пересыщения, после введения сахарной пудры сахароза выделяется в виде кристаллов и образуется утфель I кристаллизации. Он содержит около 7,5 % воды и 55 % выкристаллизовавшегося сахара. Утфель I кристаллизации (утфель I) спускают в приемную утфелемешалку 81. Из нее утфель поступает через утфелераспределитель 82 в центрифугу 83, где под действием центробежной силы кристаллы сахара отделяются от межкристального раствора. Этот раствор называется первым оттеком. Чистота первого оттека 75... 85 %, что значительно ниже чистоты утфеля.

Чтобы получить из центрифуги белый сахар, его кристаллы промывают небольшим количеством горячей воды – пробеливают. При пробеливании часть сахара

растворяется, поэтому из центрифуги отходит оттёк более высокой чистоты – второй оттёк. Первый оттёк направляют в сборник 84, второй – в сборник 85.

Из центрифуги 83 промытый сахар-песок влажностью 0,8...1 % выгружают на вибротранспортер 86, элеватором 87 поднимают в сушильно-охладительную установку 88, и высушивают горячим воздухом температурой 105...110 °С до влажности 0,14 %.

Готовый сахар-песок содержит комки и ферромагнитные примеси. Последние удаляют с помощью электромагнитного сепаратора, подвешенного над ленточным конвейером 89. В сортировочной установке 90 отделяют комки, а сахар-песок по размеру кристаллов разделяют на фракции и подают в бункера 91, расположенные в упаковочном помещении.

Воздух, отсасываемый вентилятором из сушильно-охладительной установки, очищается от сахарной пыли в циклоне сухой очистки 92 и в циклоне влажной очистки 93. Уловленная сахарная пудра и комки сахара-песка растворяются соком II сатурации в мешалке 94, и далее раствор поступает в клеровочную мешалку 104.

Первый и второй оттёки, полученные при центрифугировании утфеля I, перекачивают соответственно в сборники перед вакуум-аппаратами 95 и 96. Утфель II кристаллизации (утфель II) уваривают из второго и первого оттёков утфеля I в вакуум-аппаратах 97 до содержания сухих веществ 93 %, в том числе около 50 % кристаллического сахара. Утфель II спускают в приемную утфелемешалку 98 и опрыскивают горячей водой. Через утфелераспределитель 99 утфель направляют в центрифуги 100, где он центрифугируется с отбором двух оттёков, которые направляют в сборники 101 и 102. Из центрифуг сахар II кристаллизации шнеком 103 подается в клеровочную мешалку 104, где он растворяется (клеруется) в фильтрованном соке II сатурации. Затем клеровку направляют на сульфитацию совместно с сиропом.

Для уваривания утфеля III кристаллизации (утфель) в вакуум-аппаратах 108 последовательно забирают второй и первый оттёки утфеля II кристаллизации из сборников 105 и 106 и аффинационный оттёк из сборника 107. Содержание сухих веществ в утфеле III доводят до 93,5...94 %. Через приемную утфелемешалку 109 его спускают в кристаллизационную установку 110, где проводят дополнительную кристаллизацию сахара при искусственном охлаждении утфеля. В последней утфелемешалке кристаллизационной установки утфель для снятия избыточного пересыщения межкристалльного раствора нагревают на 5...10 °С и через утфелераспределитель 111 подают в центрифуги 112, где его центрифугируют без промывания сахара водой с отбором одного оттёка мелассы в сборник 113. Мелассу из сборника направляют через напорный сборник 114 на весы 115, взвешивают и перекачивают в емкости на хранение.

Сахар III кристаллизации смешивают в аффинаторе 116 с первым оттёком утфеля I кристаллизации, получая аффинационный утфель с содержанием сухих веществ 89...90 %. Аффинационный утфель центрифугируют на центрифугах 117 отдельно от утфеля II кристаллизации. Сахар-аффинад промывают горячей водой, отбирая два оттёка вместе, и направляют их в сборник 118, откуда перекачивают в сборник 107 для уваривания утфеля III кристаллизации. Сахар-аффинад подают шнеком 103 в клеровочную мешалку 104 и растворяют фильтрованным соком II сатурации вместе с сахаром II кристаллизации.



Если ты что-нибудь делаешь, делай это хорошо.  
Если же ты не можешь или не хочешь делать  
хорошо, лучше совсем не делай.  
**ТОЛСТОЙ ЛЕВ НИКОЛАЕВИЧ (1828–1910)**  
*русский писатель*

## 2.9 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОМАТНОГО СОКА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Томатный сок получают из зрелых томатов в виде однородной массы, содержащей мякоть, и консервируют его натуральным с добавлением 0,6...1,0 % поваренной соли. Томатные соки имеют низкую кислотность и pH 5,5...6,5, что создает благоприятные условия для развития микроорганизмов, в том числе спорообразующих. По этой причине соки стерилизуют при температуре 120 °С в течение 20...30 мин. Для смягчения режимов стерилизации соки подкисляют до pH 3,7...4,0 органическими пищевыми кислотами или смешивают с соками из более кислых плодов и овощей. Томатный сок выпускают натуральным или концентрированным.

Консервированный томатный сок должен обладать приятным натуральным вкусом и запахом, иметь красивый красный или оранжево-красный цвет. Содержание сухих веществ в соке должно быть не менее 4,5 % по рефрактометру. Для предупреждения разрушения витаминов в томатном соке содержание солей тяжелых металлов не должно превышать 5 мг меди и 100 мг олова в 1 л сока (содержание свинца не допускается).

По внешнему виду томатный сок должен иметь однородный с наличием взвешенных тонко измельченных частиц мякоти. Вкус сока зависит от соотношения сахаров и кислот. Общее количество сахаров (глюкозы и фруктозы) составляет 2,1...3,7 %. В соке содержится 1,4...4,4 мг/100 г ликопина и 0,06...0,32 мг/100 г каротина. Оптимальная консистенция обеспечивается при содержании в соке 6...7 % мякоти. Содержание витамина С в соке составляет 10,2...23,0 мг/100 г, причем в процессе хранения потери витамина могут достигать 50 %. В состав минеральных веществ входят калий, кальций, натрий, магний, железо и др. В ароматических веществах томатов определено 36 компонентов: ацетальдегид, этанол, пропанол и др., в том числе ненасыщенные соединения, измененные содержания которых отрицательно влияют на вкус сока.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Для производства томатного сока используют томаты вполне здоровые, интенсивно окрашенные (желательно ручного сбора). Отсортированные томаты измельчают, семена отделяют и промывают, сушат и используют как посевной материал.

Дробленые томаты протирают через сита с целью удаления грубых включений: плодоножек, зеленых частей плодов и возможных примесей. Протертую массу нагревают с целью инактивирования окислительных и пектолитических ферментов, а также уничтожения микроорганизмов и облегчения протирания. Необходимая температура нагревания  $75 \pm 5$  °С должна быть достигнута по возможности быстро, чтобы прекратить деятельность пектолитических ферментов.

Если нагревание сока проводится медленно, томатная масса некоторое время находится при температуре 50...60 °С, что приводит к разрушению растворимого пектина. Сок из медленно нагретых томатов имеет низкую вязкость и склонен к рас-

слаиванию. Быстрое инактивирование пектолитических ферментов достигается путем инъекции пара в томатную массу. Вязкость сока при этом может сохраняться на уровне 95 % первоначальной, но возможно разбавление сока конденсатом.

Томатный сок фасуют в стеклянные или жестяные банки, а также в бумажные пакеты. После эксгаустирования стеклянные банки с соком герметично укупоривают и направляют на стерилизацию или пастеризацию.

Концентрированный томатный сок содержит 40 % растворимых сухих веществ, 21,5 % сахара, органических кислот 3,85 %, каротина 2,23 мг/100 г, витамина С 96,8 мг/100 г. При употреблении его разводят до плотности натурального и употребляют как напиток.

**Стадии технологического процесса.** Консервирование томатного сока можно разделить на следующие стадии:

- очистка, мойка и сортировка сырья;
- дробление (измельчение) томатов;
- нагревание и экстракция томатной массы;
- центрифугирование и протирка томатпродуктов;
- фасование, стерилизация (пастеризация) сока.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для очистки, мойки и сортировки сырья, в состав которого входят вентиляторные моечные машины, конвейеры и гидролотки.

В состав линии входит комплекс оборудования для дробления (измельчения) томатов, состоящий из дробилок, емкостей и насосов.

Ведущим является комплекс оборудования, включающий вакуум-подогреватели с вакуум-бачками и шнековые прессы со сборниками.

Следующий комплекс оборудования представляют центрифуги или протирочные машины.

Завершающий комплекс оборудования линии состоит из фасовочно-укупорочных машин, стерилизаторов и пастеризаторов.

Машинно-аппаратурная схема линии производства томатного сока представлена на рис. 2.9.

**Устройство и принцип действия линии.** Линия консервирования томатного сока состоит из двух последовательно расположенных вентиляторных моечных машин, роликового инспекционного транспортера, гидролотка, дробилки, сборника дробленой массы, насоса, двух сдвоенных вакуум-подогревателей, прессы, сборника экстрагированного сока, сдвоенного вакуум-подогревателя экстрагированного сока, сборника подогретого сока, жидкостного наполнителя, закаточной машины, оборудования для стерилизации готовой продукции.

Двукратная мойка в вентиляторных моечных машинах 1 обеспечивает полное удаление загрязнений. При перемещении томатов на конвейере 2 сырье за счет вращения роликов переворачивается, что позволяет качественно осуществлять его сортировку и инспекцию. Гидролоток 3 под конвейером предназначен для удаления отходов.

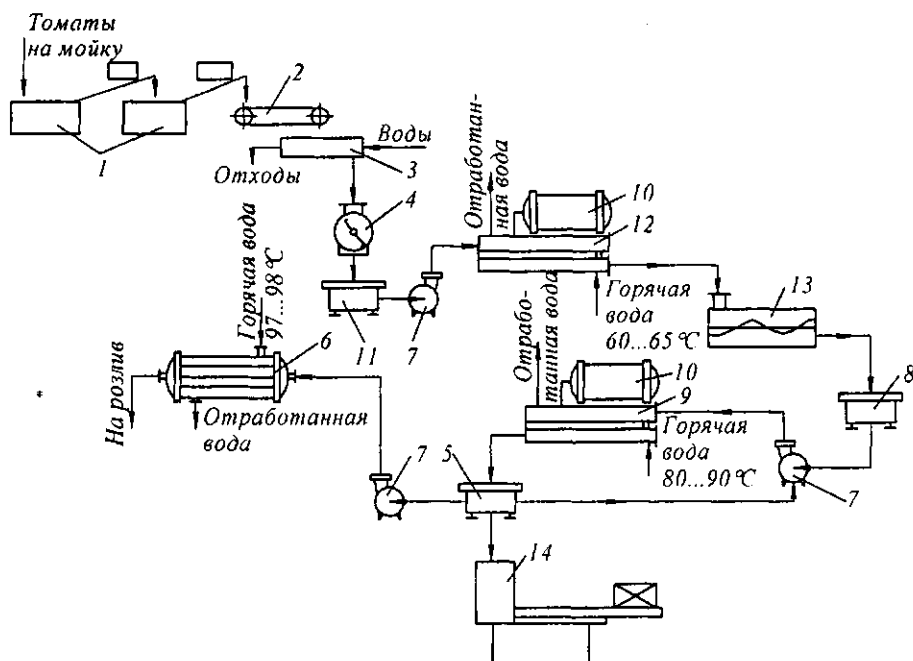


Рис. 2.9 Машинно-аппаратурная схема линии производства томатного сока

Проинспектированное сырье ополаскивается водой на наклонном участке конвейера, после чего измельчается в дробилке 4. Дробленая масса собирается в емкость 11, откуда перекачивается насосом 7 в двоянный вакуум-подогреватель 12 с вакуум-бачком 10, где нагревается до температуры 60...65 °С для облегчения отжима сока в шнековом прессе 13. Линия оснащена резервным шнеком для обеспечения безостановочной работы.

Шнеки расположены на эстакаде, поэтому отжатый сок самотеком поступает в сборник 8 под эстакадой. Сборник оборудован поплавковым сигнализатором уровня. Сок из сборника 8 перекачивается насосом 7 в вакуум-бачок 10, а затем в двоянный вакуум-подогреватель 9, где нагревается до температуры 85...90 °С, а из подогревателя – в сборник 5. При температуре ниже установленной сок снова направляется насосом 7 на повторный подогрев в вакуум-подогреватель 9.

При упаковывании в тару вместимостью 0,25...0,5 л сок к фасовочной машине 14 поступает из сборника 5. При горячем розливе в бутылки сок из сборника 5 подается насосом в теплообменник 6 для нагрева до температуры 97...98 °С. Если линия была остановлена и сок в сборнике 5 остыл, его снова перекачивают в вакуум-подогреватель 9. Сок циркулирует в системе до тех пор, пока температура его достигнет 85 °С.



Кто испытал наслаждение творчества, для того  
уже все другие наслаждения не существуют.  
ЧЕХОВ АНТОН ПАВЛОВИЧ (1860–1904)  
русский писатель

## 2.10 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАМОРОЖЕННЫХ ОВОЩЕЙ, ФРУКТОВ И ЯГОД

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Замороженные овощи, плоды и ягоды – консервированные продукты на основе обезвоживания их тканей путем превращения содержащейся в них влаги в лед.

Для замораживания используют сырье только высокого качества, отсортированное по размерам, вымытое с удаленными дефектными экземплярами. Некоторые виды сырья для инактивирования ферментов перед замораживанием бланшируют.

Сырье замораживают россыпью или в таре в морозильных камерах или в скороморозильных аппаратах в потоке холодного воздуха. Замороженные продукты хранят при температуре  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха не менее 95 %.

Выпуск быстрозамороженных овощей и смесей из них включает следующий ассортимент изделий: картофель резаный, капуста белокочанная резаная, капуста цветная соцветиями, морковь резаная, свекла резаная, перец сладкий очищенный, томаты резаные, горошек зеленый и др.

Выпуск быстрозамороженных плодов может быть в целом и резаном виде, с косточкой и без нее, а также соответствовать трем товарным сортам – высшему, первому и столовому по трем группам: плоды семечковые, косточковые и ягоды. Замороженные плоды и ягоды могут быть использованы в пищу как в монокультуры, в виде различных компотов, а также служить исходным сырьем для производства джемов, повидла, варенья, желе, мармеладов, различных начинок и фруктового пюре для мороженого.

К основным ягодным культурам, пригодным к замораживанию, относятся: земляника, клубника, клюква, брусника, малина, крыжовник, смородина, рябина, ежевика, облепиха и др. Высокое качество в замороженном виде сохраняет виноград, плоды вишни, сливы, персиков, абрикосов, яблок и др.

Овощи, плоды и ягоды, предназначенные для переработки замораживанием, должны соответствовать определенным требованиям: они должны быть зрелыми, иметь соответственную окраску, быть чистыми, одного сорта, не пораженными болезнями и вредителями, без постороннего запаха, привкуса и механических повреждений.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В зависимости от характера воздействия на перерабатываемое сырье применяют два основных способа:

- при первом способе перед замораживанием проводится инактивации ферментов сырья путем тепловой обработки или добавления консервирующих веществ;
- при втором способе замораживают натуральное сырье без предварительной обработки.

Для инактивации ферментов овощей применяется главным образом бланширование, при котором из материала удаляется большая часть воздуха и наступает гибель большинства микроорганизмов. Бланширование проводится при температуре

около 90...95 °С в течение 2...8 мин путем использования нагретой воды, пара или пароводяной смеси.

Из очищенного и вымытого картофеля вырабатывают различные замороженные продукты: обжаренные брусочки, бланшированный картофель, картофельное пюре, соломку, ломтики и др. Кочанную капусту после мойки шинкуют, фасуют в бумажную или полиэтиленовую упаковку и замораживают в плиточных морозильных аппаратах в виде блоков-плит толщиной 5...6 см. Огурцы, нарезанные кубиками или кружочками, сразу же замораживают во взвешенном состоянии и упаковывают. Очищенный и промытый водой лук замораживают в псевдокипящем слое нарезанным или целыми головками.

Овощи, плоды и ягоды замораживаются при температуре холодного воздуха -35...-40 °С, доводя температуру продукта до -18 °С. При этом вымерзает около 90 % влаги, содержащейся в сырье.

Лед образуется при температуре от -2 до -6 °С, а в некоторых видах овощей – от -1 до -3 °С. Чем быстрее происходит процесс замораживания, тем больше образуется кристаллов, меньше их размеры и выше качество продукта.

Скорость замораживания оказывает решающее влияние на консистенцию плодов, а скорость размораживания – на потери сока. Установлено, что потери массы замороженной обычным способом земляники за счет вытекания сока при размораживании в течение 1,5 ч составили 30 %, а земляники, замороженной с помощью азота, всего 6...8 %. Смородину и ежевику замораживают в 40...50 %-ном сахарном растворе или в смеси с сахаром-песком в соотношениях от 9 : 1 до 4 : 1. Такие продукты обладают более высоким качеством, но для их фасования требуется водонепроницаемая упаковка.

Для приготовления пюре из свежих ягод получают протертую массу и смешивают с сахаром-песком до содержания сухих веществ 25...30 %. Пюре упаковывают только в водонепроницаемую тару, поскольку при хранении у замороженного пюре при -18 °С часто происходит выделение концентрированного сиропа.

Плоды вишни, черешни и сливы замораживают во флюидизированных или ленточных аппаратах, а затем сортируют по размеру в барабанных машинах. Замороженная вишня без косточек используется для приготовления коктейлей, мучных и кондитерских изделий. Иногда такие плоды после упаковки в тару заливают 30...60 %-ным сахарным раствором с добавлением лимонной кислоты и используют для приготовления компотов.

**Стадии технологического процесса.** Процесс производства замороженных овощей, плодов и ягод охватывает следующие стадии:

- инспекция, сортирование, очистка и мойка овощей и плодов;
- измельчение и бланширование (при необходимости);
- замораживание продукции;
- упаковывание в потребительскую и транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия производства замороженных овощей, плодов и ягод начинается с комплекса оборудования для подготовки сырья, в который входят сортировочные машины (струнные, вальцовые и др.), машины для очистки и измельчения сырья, замочные чаны, мочные машины и ополаскиватели сырья чистой питьевой водой.



Оборудование для бланширования овощей и плодов делится на две группы: бланширователи непрерывного действия (паровые, водяные или комбинированные) и котлы-дубликаторы.

Ведущим является комплекс оборудования для замораживания овощей, плодов и ягод в туннельных или плиточных морозильных аппаратах.

Завершающий комплекс включает оборудование для фасования замороженных продуктов в полиэтиленовые мешки.

На рис. 2.10. показана машинно-аппаратурная схема линии производства замороженных овощей, фруктов и ягод.

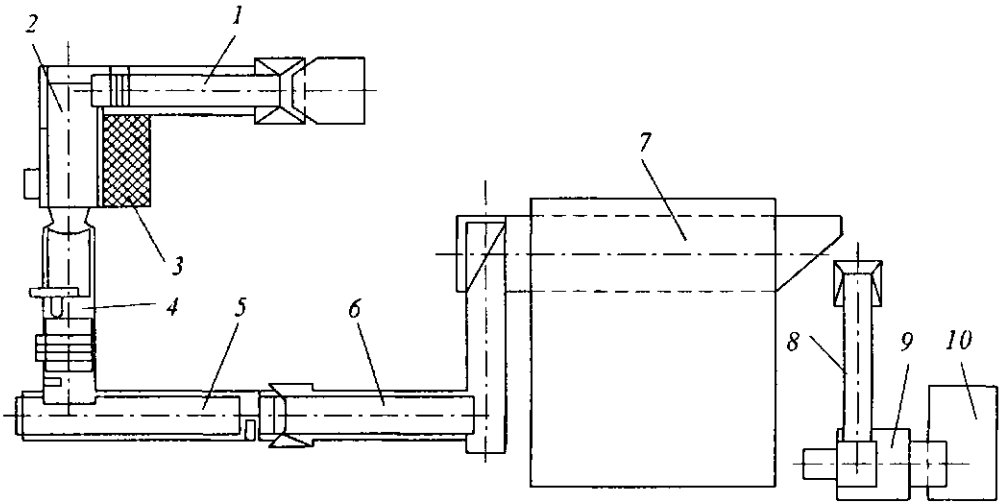


Рис. 2.10 Машинно-аппаратурная схема линии производства замороженных овощей, фруктов и ягод

**Устройство и принцип действия линии.** Производства замороженных овощей и фруктов начинается с высыпания сырья из деревянных лотков в приемный бункер элеватора 1. При этом из сырья ручным способом удаляются посторонние предметы (ветки, камушки, земля и т. п.). Элеватором 1 качественные плоды поднимаются до приемного бункера машины 2 для удаления плодоножек. Плоды, которые поступили в бункер, проходят между вращающимися роликами, которые захватывают плодоножки и листья и вытаскивают их этих плодов. Очищенные плоды продолжают двигаться по наклонной площадке и попадают в выходную воронку, а плодоножки с водой попадают в отдельную емкость, размещенную под машиной.

В зависимости от качества и количества плодов с плодоножками регулируется угол наклона рабочей площадки. Для обслуживания и регулирования на определенный вид продукции предназначена платформа 3.

Мойка плодов осуществляется с помощью моечной машины-барботера 4. Плоды из машины 2 попадают в приемную ванну моечной машины 4, которая заполнена водой и имеет двойное дно с маленькими отверстиями, в котором размещена трубная система, через которую подводится сжатый воздух. При барботировании воздуха через воду осуществляется интенсивная мойка плодоовощей. Количество подводимого воздуха регулируется клапанами в зависимости от сорта и качества сырья.

После мойки плоды удаляются из ванной отдельным элеватором, над которым размещены распыливающие устройства для ополаскивания сырья. Скорость ленты элеватора регулируется в зависимости от производительности.

На инспекционном конвейере 5 производится окончательная инспекция и удаление бракованных плодов перед их поступлением в морозильный туннель 7. Элеватор 6 служит для подъема сырья до вибрационного питателя, размещенного на входе морозильного туннеля. Заморозка плодов производится в морозильном туннеле непрерывного действия 7 сначала в зоне предварительного замораживания во флюидизированном слое, а затем в зоне окончательного замораживания при температуре холодного воздуха в туннеле – 32 °С.

При входе в туннель 7 непосредственно над транспортной лентой размещен вибрационный питатель плодов, который равномерно их распределяет по ширине транспортной ленты морозильного туннеля. Скорость движения ленты регулируется в зависимости от сорта плодов и остается постоянной в течение всего времени замораживания одного сорта.

При выходе из морозильного туннеля 7 размещен бункер с двумя выходами: один подключен прямо на фасовочную машину 9, а другой предусмотрен для подачи продукции в короба. Элеватором 8 замороженная продукция поднимается в приемный бункер машины 9 для фасования в пакеты.

Рабочий стол 10 служит для приема этих пакетов и их укладки в картонные короба для складирования в охлаждаемые камеры. Если фасовочная машина 9 не используется, то после морозильного туннеля 7 продукцию укладывают в тележки или картонные ящики и взвешивают, после чего складывают в холодильные камеры.



Крупный ученый подбирает себе достойных учеников и сам учится у них. Плох тот научный работник, который не может ничему научить своего учителя, не может доставить ему радость гордиться его успехами.  
*КИКОИН ИСААК КОНСТАНТИНОВИЧ (1908–1984), физик, академик АН СССР*

## 2.11 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА ИЗ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Растительные масла – сложные смеси органических веществ – липидов, выделяемых из тканей растений (оливки, подсолнечник, соя, рапс и др.). По своему составу липиды делятся на две группы: простые и сложные. Основными компонентами простых липидов являются жиры, составляющие до 95...97 % липидов. В состав жиров входят в основном триглицериды – вязкие жидкости или твердые вещества с низкой (до 40 °С) температурой плавления, без цвета и запаха, легче воды (при 15 °С плотность 900...980 кг/м<sup>3</sup>), нелетучие. Они хорошо растворимы в органических растворителях и нерастворимы в воде. Жиры содержат также насыщенные и ненасыщенные кислоты и воски. Важными компонентами сложных липидов являются фосфолипиды.

Растительные жиры и масла являются обязательными компонентами пищи, источником энергетического и пластического материала для человека, поставщиком необходимых для него веществ, которые участвуют в регулировании обмена веществ, кровяного давления, выделении из организма избыточного количества холе-

стерина и др. Наиболее важными компонентами жиров являются полиненасыщенные кислоты – линолевая и линоленовая. Они не синтезируются в организме человека и получили название незаменимых или эссенциальных кислот. Длительное ограничение в питании незаменимых жирных кислот приводит к физиологическим отклонениям: нарушается деятельность центральной нервной системы, снижается иммунитет организма, сокращается продолжительность жизни. Но избыточное потребление жиров также нежелательно, оно приводит к ожирению и сердечно-сосудистым заболеваниям.

В России выпускают следующие виды растительных масел: рафинированное (дезодорированное и недезодорированное), гидратированное (высший, I и II сорта), нерафинированное (высший, I и II сорта). В торговую сеть и на предприятия общественного питания необходимо направлять только рафинированное дезодорированное масло, которое упаковывают в стеклянные или пластмассовые бутылки.

Согласно стандарту в готовом масле определяют физико-химические показатели допустимого содержания вредных веществ, количества влаги, значений кислотного и йодного чисел и др., а также органолептические показатели: прозрачность, запах и вкус.

Рекомендуемое содержание жиров в рационе человека составляет в среднем 100...108 г в сутки, в том числе непосредственно в виде жиров 50...52 г. Оптимальный химический состав пищи по жирам обеспечивается при использовании в рационе 1/3 растительных и 2/3 животных жиров.

Сырьем для производства растительных масел служат в основном семена масличных культур, а также мякоть плодов некоторых растений. По содержанию масла семна подразделяют на три группы: высокомасличные (свыше 30 % – подсолнечник, арахис, рапс), среднемасличные (20...30 % – хлопчатник, лен) и низкомасличные (до 20 % – соя). В России основной масличной культурой является подсолнечник. В производство поступают семена подсолнечника с масличностью 40...50 %, влажностью 6...8 %, содержанием сорных примесей не более 3 %.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Переработка семян подсолнечника в растительное масло предусматривает реализацию процессов обрушивания и измельчения семян, гидротермической обработке мятки, извлечения и рафинации масла.

**Обрушивание семян подсолнечника.** Запасы масла в тканях масличных семян распределены неравномерно: главная часть сосредоточена в ядре семян – в зародыше и эндосперме. Плодовая и семенная оболочки содержат относительно небольшое количество масла, имеющего другой (худший по пищевой ценности) химический состав. В связи с этим оболочки отделяют от основных маслосодержащих тканей путем разрушения покровных тканей семян – обрушивания и последующего разделения полученной смеси – рушанки на ядро и лузгу.

Важнейшее требование к операции обрушивания – разрушение оболочки не должно сопровождаться измельчением ядра. Качество рушанки характеризуется содержанием в ней нежелательных фракций – целых и частично разрушенных семян, так называемые целяк и недоруш, раздробленного ядра (сечки) и масличной пыли. Наличие таких фракций увеличивает засоренность (лузжистость) ядра, повышает потери частиц ядра с отделяемой лузгой.

Разделение рушанки на ядро и лузгу основано на различии в их размерах и аэродинамических свойствах. Поэтому сначала получают фракции рушанки, содер-

жащие частицы ядра и лузги одинакового размера, а затем в потоке воздуха рушанку разделяют на ядро и лузгу. Качество операции разделения рушанки оценивают по величине остаточного содержания лузги в готовом ядре и потерями масла с отделяемой лузгой.

**Измельчение семян.** Масло содержится во внутриклеточной структуре ядра семян, которые для выделения масла необходимо разрушить. Требуемая степень измельчения достигается путем воздействия на обрабатываемый материал механических усилий, производящих раздавливающее, раскалывающее, истирающее и ударные действия. Обычно измельчение достигается сочетанием нескольких видов указанных усилий.

Полученный после измельчения полуфабрикат называется мяткой и отличается очень большой удельной поверхностью, так как помимо разрушения клеточных оболочек при измельчении нарушается также внутриклеточная структура маслосодержащей части клетки, значительная доля масла высвобождается и сразу же адсорбируется на поверхности частиц мятки.

Хорошо измельченная мятка должна состоять из однородных по размеру частиц, проходящих через сито с отверстиями 1 мм, не должна содержать целых, неразрушенных клеток, и в то же время содержание очень мелких (мучнистых) частиц в ней должно быть невелико. Конечным результатом операции измельчения является перевод масла, заключенного в клетках семян, в форму, доступную для дальнейших технологических воздействий.

**Гидротермическая обработка мятки.** Масло, адсорбированное в виде тонких пленок на поверхности частиц мятки, удерживается значительными поверхностными силами. Эти силы можно существенно ослабить при увлажнении и последующей тепловой обработке мятки.

Интенсивное кратковременное нагревание мятки с одновременным увлажнением способствует равномерному распределению влаги в мятке и частичной инактивации гидролитических и окислительных ферментов семян, ухудшающих качество масла. Затем мятку нагревают и высушивают. В результате такой обработки мятка превращается в мезгу, подготовленную к отжиму масла.

**Извлечение масла.** В практике производства растительных масел существуют два принципиально различных способа извлечения масла из растительного маслосодержащего сырья: механический отжим масла – прессование и растворение масла в легколетучих органических растворителях – экстракция. Эти два способа производства растительных масел используются либо самостоятельно, либо в сочетании одного с другим.

В настоящее время для извлечения масла сначала используют способ прессования, при котором получают  $\frac{3}{4}$  всего масла, а затем – экстракционный способ, с помощью которого извлекают остальное масло.

Масло отжимается в шнековых прессах различных конструкций. Давление, развиваемое шнековым прессом, достигает 30 МПа, степень уплотнения (сжатия) мезги 2,8...4,4 раза. При этом частицы мезги сближаются, масло отжимается, а прессуемый материал уплотняется в монолитную массу-жмых.

Прессовым способом невозможно добиться полного обезжиривания мезги, так как на поверхности частиц жмыха, выходящего из пресса, всегда остаются тонкие слои масла, удерживаемые поверхностными слоями, во много раз превышающими давление, развиваемое современными прессами. Даже на прессах, работающих с

максимальным съемом масла и развивающих высокое давление, получают жмых масличностью 4...7 %.

Экстрагирование – извлечение масла из жмыха, производимое с помощью растворителей. В качестве растворителей для экстрагирования растительных масел применяют экстракционный бензин и нефрас с температурой кипения в пределах 63...75 °С. Масло, которое находится на поверхности вскрытых клеток, при омывании бензином легко растворяется в нем. Значительное количество масла находится внутри не вскрытых клеток или внутри замкнутых полостей (капсюль). Извлечение этого масла требует проникновения растворителя внутрь клетки и капсуль и выхода растворителя в окружающую среду. Процесс этот происходит за счет молекулярной и конвективной диффузии.

В результате экстракции получают раствор масла в растворителе, называемый мисцеллой, и обезжиренный материал – шрот.

Для удаления из мисцеллы механических примесей ее фильтруют. После этого она состоит из легкокипящего растворителя и практически нелетучего масла. В масложировой промышленности операцию отгонки растворителя называют дистилляцией. При относительно невысоких концентрациях масла в мисцелле процесс удаления растворителя вначале сводится к обычному процессу выпаривания. По мере повышения концентрации масла температура кипения мисцеллы очень быстро возрастает. В связи с этим для снижения температуры отгонки и ускорения процесса применяют отгонку растворителя под вакуумом, а также с водяным паром.

**Рафинация масла.** Рафинацией называют процесс очистки масла от нежелательных групп липидов и примесей. Вследствие разнообразия физических и химических свойств липидов, входящих в состав природных масел и жиров, современная рафинация представляет собой комплексный процесс, включающий последовательную цепь технологических операций, отличающихся по характеру химических и физических воздействий на удаляемые группы липидов.

Объем и последовательность операций при рафинации зависят от вида и назначения масла. Гидратация применяется для удаления из масла с помощью воды группы веществ с гидрофильными свойствами (фосфолипиды, слизистые и белковые вещества), которые при хранении масла выпадают в осадок. Нейтрализация масла щелочью позволяет очистить его от свободных жирных кислот, способных к омылению. Охлаждение масла необходимо для вымораживания восков и отделения их кристаллов. Дезодорация масел представляет собой дистилляционный процесс удаления летучих веществ, определяющих запах и вкус масла, а также чужеродных соединений, ядохимикатов и токсичных продуктов.

При выполнении всех перечисленных операций происходят изменения химического состава и физического состояния нежелательных веществ, в результате которых они превращаются в твердые частицы и взвеси. Их можно удалить из масла различными физическими методами механической рафинации: фильтрацией, отстаиванием и центрифугированием.

Обязательное условие применяемых технологических операций – это сохранение, имеющей пищевую ценность, триацилглицериновой части масла в нативном состоянии.

Полная рафинация необходима при получении салатного масла, поступающего для непосредственного употребления в пищу, для масел и жиров, используемых при производстве маргарина, кондитерских, кулинарных жиров и майонеза.

Шрот, полученный в результате экстракционной обработки жмыха, также очищают от растворителя методом отгонки и используют в качестве корма для животных. Из шрота по специальной технологии можно извлекать пищевой белок.

При гидратации подсолнечного масла высшего и I сорта получают пищевой фосфатидный концентрат, содержащий 40...70 % поверхностно-активного вещества – лецитина и используемый в качестве эмульгатора, а при гидратации масла II сорта производят кормовой фосфатидный концентрат.

Соапсток, образующийся при щелочной нейтрализации масла, применяется в производстве мыла.

**Стадии технологического процесса.** Производство растительного масла из семян подсолнечника состоит из следующих стадий и основных операций:

- приемка семян и очистка их от примесей;
- обрушивание семян, разделение ядра и лузги;
- измельчения семян и гидротермическая обработка мятки;
- прессование мезги и очистка прессового масла;
- структурирование жмыха и экстрагирование из него масла;
- дистилляция мисцеллы;
- рафинация масла: гидратация, нейтрализация, дезодорация, охлаждение, механическая очистка примесей;
- отгонка растворителя из шрота;
- упаковывание готового масла в потребительскую и транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для очистки семян, состоящего из весов, силосов, сепараторов, магнитных уловителей, расходных бункеров, норий и конвейеров.

Следующий комплекс оборудования для получения ядра семян, в состав которого входят центробежные рушильные машины, семеновейки, аспирационные системы, рассев, нории и конвейера.

Ведущий комплекс оборудования линии предназначен для получения прессового масла, включающий вальцовые мельницы, инактиватор, маслоотжимной пресс, фильтры и насосы, а также оборудование для измельчения форпрессового жмыха и окончательного отжима из него масла.

В состав комплекса оборудования для получения экстракционного масла входят дробилка и плющильный станок для форпрессового жмыха, экстрактор, фильтры для мисцеллы, подогреватели и дистилляторы, холодильник для масла, конвейеры, насосы и емкости, оборудование для отгонки растворителя из шрота, а также оборудование для очистки растворителя.

Комплекс оборудования для полной рафинации масла содержит гидрататор, нейтрализатор, отбельный и сушильный аппараты, фильтры, дезодоратор, насосы и сборники.

В завершающий комплекс линии входят дозирующие устройства, машины для фасования масла и упаковывания продукции в транспортную тару.

Машинно-аппаратурная схема линии производства растительного масла из семян подсолнечника представлена на рис. 2.11.

**Устройство и принцип действия линии.** Семена подсолнечника, поступающие в производство, освобождаются от ферромагнитных примесей на магнитном сепараторе, взвешиваются, затем винтовым конвейером 1 подаются на воздушно-ситовой сепаратор 2 для очистки от минерального и органического сора (рис. 2.11, а).

Крупный сор, идущий сходом с верхнего (сортировочного) сита, винтовым конвейером 5 выводится из производства. Мелкий сор, идущий через нижнее (подсеивное) сито и выходящий из циклонов 3 аспирационной системы сепараторов, снабженных вентиляторами 4, также винтовым конвейером 5 выводится из производства. Содержание масляных примесей в отходящем соре не более 3 %.

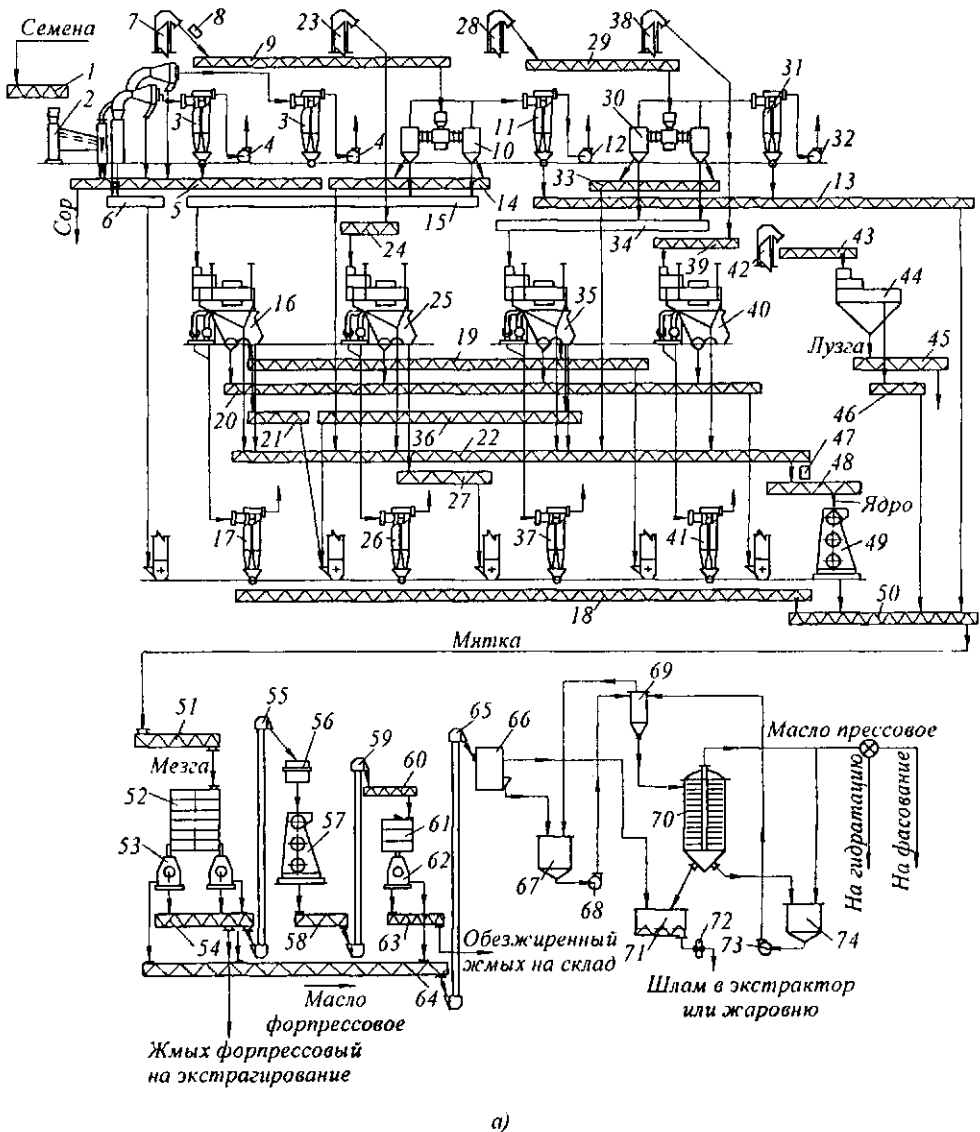
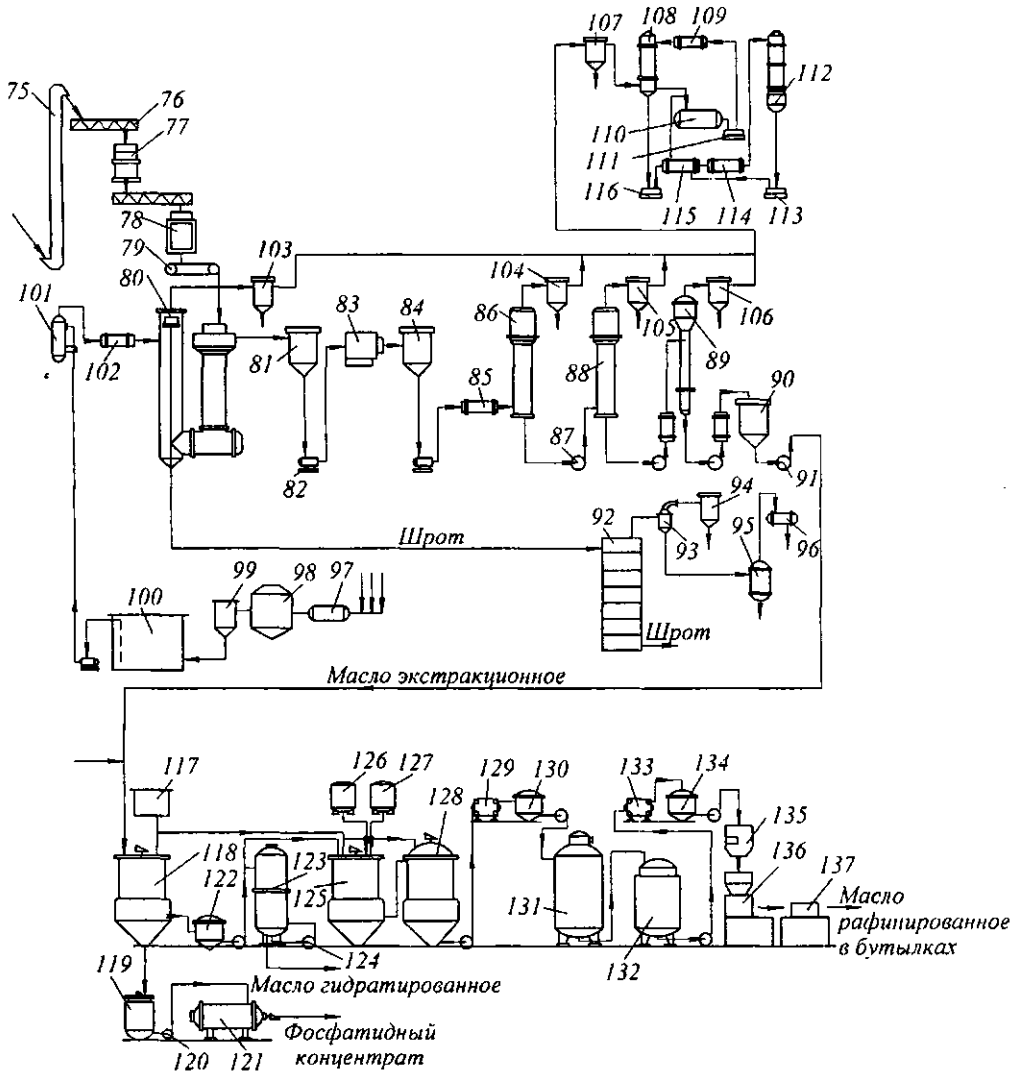


Рис. 2.11 Машинно-аппаратурная схема линии производства растительного масла из семян подсолнечника



б)

Рис. 2.11 (Продолжение)

Очищенные на ситах от крупного и мелкого сора семена поступают на вибродлот пневмосепарирующего канала сепаратора 2. При проходе воздуха через поток семян легкие примеси выделяются из массы семян и выносятся воздухом через пневмосепарирующий канал и воздуховоды в осадочное устройство – горизонтальные циклоны. Они предназначены для предварительной очистки воздушного потока от примесей, выделенных из семян подсолнечника в пневмосепарирующем канале сепаратора. Из горизонтальных циклонов легкие примеси через противоподсосный канал поступают на винтовой конвейер 5.

Воздух, выходящий из горизонтальных циклонов, дополнительно очищается в циклонах 3, выделенные примеси из которых также выводятся винтовым конвейером 5.



Очищенные семена подсолнечника из пневмосепарирующего канала скребковым конвейером 6, норией 7, винтовым конвейером 9 подаются на обрушивание в центробежные рушильные машины (рушки) 10. Перед поступлением семян в рушки на самотеке из нории 7 в конвейер 9 установлен магнитный сепаратор (железоотделитель) 8 для удаления металлопримесей.

Семена, получив ускорение на центробежном вращающемся диске, попадают в радиальные направляющие каналы рушки, футерованные вкладышами из износостойкой керамики, откуда выбрасываются на кольцевую деку, ударяются о нее острым или тупым концом семени (т.е. получают удар по наиболее слабому направлению – вдоль длинной оси семени, что в основном и обеспечивает лучший эффект обрушивания). При ударе о деку наибольшая часть семян обрушивается и в виде рушанки поступает в цилиндрическое сито, расположенное внутри циклона рушки. При движении рушанки, вниз по сити, происходит отделение части маслянистой пыли из рушанки, которая выводится из рушки винтовым конвейером 14 на винтовой конвейер ядра 22, где смешивается с ядром.

Обрушенные в рушках семена подсолнечника (рушанка) состоят из целых ядер, их крупных частиц, сечки, маслянистой пыли, целых семян, недоруша, различного размера лузги и сора (растительного и минерального). Рушанка с содержанием целяка и недоруша до 25 %, маслянистой пыли до 10 %, сечки до 12 % самотеком поступает в семеновейки 16 с помощью скребкового конвейера 15.

Основное назначение семеновеек заключается в отделении необходимого количества лузги из рушанки при минимальной потере масла с лузгой. Одновременно в семеновейках удаляется и часть оставшегося сора.

В семеновейках происходит разделение на фракции обрушенных семян подсолнечника. Рушанка, пройдя через рассев семеновейки, разделяется на шесть фракций, из которых пять, поступает на вейку, а шестая выводится из машины, минуя вейку. Каждая из пяти фракций продукта, поступившего на вейку, попадает в предназначенную для нее камеру, где происходит провенвание продукта потоком воздуха и отделение лузги от ядра по разности аэродинамических характеристик.

Ядро с лузжистостью не более 12 % из второго-пятого разделов семеновеек 16 винтовыми конвейерами 22, 48 подается в бункеры для ядра над вальцовыми станками и затем в вальцовые станки 49 для измельчения. Перед поступлением ядра в вальцовые станки на самотеке из конвейера 22 в конвейер 48 установлен железоотделитель 47 для удаления металлопримесей.

При измельчении ядра подсолнечных семян преследуют основную цель – добиться полного разрушения клеточной структуры ядра, что способствует более полному извлечению масла как прессованным, так и экстракционным способами. Оптимальная влажность ядра, при которой происходит максимальное разрушение клеточной структуры, лежит в пределах 5,5...6,0 %. Повышение влажности ядра по сравнению с указанной ухудшает качество измельчения (помола).

Ядро, попадая в проходы между размольными валками вальцового станка, за счет разности окружных скоростей валков, наличия рифлений на их поверхностях, а также разной величины зазора между валками измельчается, т.е. превращается в мятку.

Мятка (проход через 1 мм сито не менее 60 %) влажностью 5...6 % после вальцовых станков винтовым конвейером 50 подается на прессование.

Недоруш с первых разделов рабочих семеновеек 16 винтовым конвейером 21, а также недоруш с первых разделов семеновейки для недоруша 35 винтовым конвейе-

ром 36 подается для контроля норией 23, винтовым конвейером 24 в семеновейки 25, где происходит отделение из него лузги.

Из семеноек 25 недоруш винтовым конвейером 27, норией 28, винтовым конвейером 29 подается на повторное обрушивание на центробежную рушку недоруша 30. Часть масличной пыли, выделенной из рушанки в центробежной рушке, выводится из нее винтовым конвейером 33 в винтовой конвейер ядра 22, где происходит смешение масличной пыли с ядром.

Рушанка самотеком поступает в семеновейки для недоруша 35 с помощью скребкового конвейера 34, разделение в них на фракции происходит также, как в рабочей семеновейке 16. Ядро винтовыми конвейерами 22, 48 подается в бункеры для ядра над вальцовыми станками и затем в вальцовые станки 49. Недоруш из семеноек 35 соединяется с недорушем из рабочих семеноек 16 и с помощью нории 23 и винтового конвейера 24 поступает на контроль в семеновейки 25 для отделения лузги. Перевей из семеноек 35 соединяется с перевеем из рабочих семеноек 16 и винтовым конвейером 19, норией 38, винтовым конвейером 39 подается в семеновейку 40 для контроля перевея с целью отделения лузги. Ядро из нее поступает в винтовой конвейер ядра 22 над вальцовыми станками.

Лузга с масличностью не более 0,8 % выше ботанической из рабочих семеноек 16, семеноек для контроля недоруша 25 и перевея 40, семеноек для недоруша 35 винтовым конвейером 20, норией 42, винтовым конвейером 43 направляется на рассевы для контроля лузги 44, где происходит отделение масличной пыли от лузги. Лузга винтовым конвейером 45 подается в пневмотранспорт лузги и выводится из производства.

Масличная пыль из рассевов 44 винтовым конвейером 46 подается на смешение с мяткой в винтовой конвейер 50.

Аспирация рабочих семеноек 10 и 30 осуществляется при помощи вентиляторов 12 и 32. Масличная пыль осаждается в циклонах 11 и 31, а затем винтовым конвейером 13 подается в винтовой конвейер мятки 50.

Масличная пыль от аспирации рабочих семеноек 16 осаждается в циклонах 17 и подается винтовым конвейером 18 также в винтовой конвейер мятки 50.

Масличная пыль от аспирации рабочих семеноек 16, семеноек для контроля недоруша 25 и перевея 40 и семеноек для недоруша 35 осаждается в циклонах 17, 26, 41, 37 и подается винтовым конвейером 18 на смешение с мяткой также в винтовой конвейер мятки 50.

Получение прессового масла на линии осуществляется следующим образом. Мятка поступает в шнековый инактиватор 51, где подвергается интенсивному нагреву острым паром до температуры 80...85 °С и увлажнению смесью водяного пара и конденсата до 8...9 % через форсунки непосредственно в поток мятки. Перемещаемая шнековыми валками мятка через выпускной патрубок поступает в верхний чан жаровни 52.

С помощью ножевых мешалок материал постепенно перемешивается и перемещается из чана в чан, подвергаясь дополнительной влажно-тепловой обработке. Влажность мятки доводится до 7...9 %, температура до 100...105 °С. Испаряющаяся при этом влага удаляется из чанов через вертикальный коллектор с помощью вентилятора. Подготовленная в жаровнях мезга питателем подается в отжимные прессы (форпрессы) 53, где происходит предварительный отжим масла. Отжимаемое масло, содержащее в себе твердые частицы прессуемого материала, которые выносятся по-

током через зерные щели, поступает в поддон станины и далее маслосборным шнеком 64 и норией 65 направляется на очистку.

Для первичной очистки форпрессовое масло поступает в виброклассификатор 66, откуда предварительно очищенное от крупных взвешенных частиц направляется в маслосборник 67 и затем насосом 68 через напорный коллектор 69 подается на фильтр 70. Первые, еще мутные, порции фильтрованного масла и оставшееся в фильтрате масло после очистки его фильтровальных поверхностей направляют в емкость 74, откуда насосом 73 вновь подают в напорный коллектор 69.

При выработке нерафинированного прессового масла продукт из фильтра 70 подается на охлаждение и последующее фасование. Для получения рафинированного масла из фильтра 70 продукт направляют на гидратацию.

Фильтрованный осадок и осадок из виброклассификатора поступают в накопитель-дозатор 71, из которого его непрерывно и равномерно перекачивают насосом 72 в экстрактор или жаровню 61.

Технология обработки форпрессового жмыха зависит от вида выпускаемого масла. Если линия предназначена для выпуска прессового масла, то форпрессовый жмых с пониженным содержанием масла, после грубого измельчения резаками, установленными на валу отжимного пресса, направляется винтовым конвейером 54 и норией 55 для дальнейшего измельчения. Толщина жмыховой ракушки должна быть 7...8 мм, масличность жмыха не более 18 %.

Жмых измельчают на дисковых 56 и вальцовых 57 мельницах. Измельченный форпрессовый жмых по степени измельчения должен быть однородным с содержанием прохода через сито 1 мм не менее 80 %.

Измельченный форпрессовый жмых шнековым конвейером 58, норией 59 и распределительным шнековым конвейером 60 подается в маслоотжимные агрегаты окончательного прессования. В их состав входят жаровни 61 и отжимные прессы 62. Масло из прессов 62 направляется в маслосборный винтовой конвейер 64 на первичную очистку.

Толщина жмыховой ракушки, выходящей из пресса, должна быть 5...7 мм, масличность жмыха – не выше 7 %. Из прессов 62 жмых винтовым конвейером 63 подают в склад.

Машинно-аппаратурная схема комплексов оборудования для получения экстракционного рафинированного масла, входящих в состав линии, изображена на рис. 2.11, б.

Форпрессовый жмых элеватором 75 и винтовым конвейером 76 подается на молотковую дробилку 77. Полученная крупка винтовым конвейером транспортируется на плющильный вальцевый станок 78 и выходит из него в виде лепестков. Толщина лепестка 0,3...0,4 мм, проход через сито 1 мм не более 4 %, влажность 8...9 %. Подготовленный жмых в виде лепестков скребковым конвейером 79 направляется в загрузочную колонну экстрактора 80.

В экстракторе 80 жмых обезжиривается растворителем (бензином), поступающим в экстракционную колонну. Экстрагирование проходит по принципу противотока, т.е. чистый растворитель, нагретый до 55...65 °С, поступает на наиболее обезжиренный материал, а концентрированная мисцелла – на свежезагруженное сырье. Соотношение экстрагируемого материала и растворителя 1,0 : 1,1.

Пройдя экстракционную колонну растворитель опускается книзу, переходит в горизонтальный шнек и поступает в нижнюю часть загрузочной колонны. Поднима-

ясь вверх, растворитель (бензин) все более насыщается маслом и образует мисцеллу, которая и выходит из экстрактора. Концентрация мисцеллы 20...25 % масла.

Мисцелла из экстрактора 80 сливается в сборник нефильтованной мисцеллы 81, откуда насосом 82 подается на дисковый фильтр 83. Давление на фильтре не выше 0,2 МПа, температура 50...60 °С, содержание механических примесей до фильтра – 0,4 %, после фильтра – не более 0,02 %. Из него мисцелла поступает в сборник фильтрованной мисцеллы 84.

Шлам из фильтра (осадок) возвращается в нижнюю часть загрузочной колонны экстрактора.

Дистилляция осуществляется в три стадии:

I ступень при температуре 60...85 °С и атмосферном давлении доводит концентрацию масла в мисцелле до 55...60 %;

II ступень при 90...100 °С и атмосферном давлении концентрация масла в мисцелле до 90...95 %;

III ступень при 95...110 °С и разрежении (вакуум) 0,04...0,06 МПа получают масло без растворителя.

Отфильтрованная мисцелла из сборника 84 нагнетается насосом через подогреватель 85 в предварительный дистиллятор I ступени 86. Частично упаренная мисцелла насосом 87 подается на II ступень дистилляции 88, откуда высококонцентрированная мисцелла через подогреватель откачивается насосом на III ступень дистилляции в дистиллятор 89 для окончательной отгонки растворителя. Все три дистиллятора обогреваются паровыми рубашками, в дистиллятор 89 также подается острый пар.

Полученное экстракционное масло из дистиллятора 89 непрерывно откачивается насосом через холодильник, охлаждается до 50...60 °С и поступает в сборник 90. Из него масло насосом 91 подают на гидрогенизацию.

Обезжиренный материал (шрот), содержащий не более 0,8...1,2 % масла, пройдя загрузочную колонну, горизонтальный шнек и экстракционную колонну выгружается из экстрактора 80 через отверстие в верхней части колонны в чанный испарителя (тостер) 92. Перепуск шрота из чана в чан происходит автоматически с помощью перепускных клапанов. В каждом чане шрот нагревается и подвергается обработке острым паром, что обеспечивает эффективную отгонку растворителя. Из нижнего чана тостера 92 шрот, окончательно очищенный от растворителя, направляется в элеватор (склад).

Растворитель (бензин) из резервуара оборотного растворителя 100 подается в экстрактор 80 насосом через водоосадитель 101 и подогреватель 102. Пары растворителя из экстрактора 80 поступают в конденсатор 103. Пары растворителя из дистилляторов 86, 88, 89 поступают соответственно на конденсаторы 104, 105, 106.

Пары растворителя и воды с примесью шротовой пыли из чанного испарителя 92 поступают в мокрую шротоловушку 93, где очищаются распыленной через форсунки горячей водой. Очищенные пары поступают в конденсатор 94. Промывные воды и шлам из мокрой шротоловушки направляются в испаритель отходящей воды 95 для отгонки из них растворителя, пары которого поступают в конденсатор 96.

Бензоводный конденсат из конденсаторов 103, 104, 105, 106, 94, 96, 107, пройдя охладитель конденсата 97, поступает в водоотделитель 98, где происходит разделе-

ние бензина и воды. Бензин сливается в рабочий бак 99 и далее в резервуар оборотного растворителя 100. Вода сливается в бензолушку и далее в канализацию.

Улавливание паров растворителя из паровоздушной смеси осуществляется в масляноабсорбционной установке. Паровоздушная смесь из конденсаторов 103, 104, 105, 106, 94, 96 поступает в конденсатор 107 и далее в абсорбер 108. В верхнюю часть абсорбера 108 насосом 111 дозируются из сборника 110 минеральное масло, предварительно охлажденное в охладителе 109. Паровоздушная смесь, поднимаясь вверх в абсорбере 108, орошается стекающим минеральным маслом, насыщая его растворителем. Очищенный от растворителя воздух через огнепреградитель выбрасывается в атмосферу. Обезбензинное минеральное масло (насыщенное растворителем) из абсорбера 108 насосом 116, предварительно подогретое в теплообменниках 114 и 115, подается в десорбер 112, где проходит интенсивная отгонка растворителя из минерального масла. Обезжиренное минеральное масло (освобожденное от растворителя) из десорбера 112 насосом 113 через теплообменник 115 возвращается в сборник 110.

Рафинация подсолнечного масла на описываемой линии выполняется следующим образом. Сырое пресловое и рафинированное масло подается в гидрататор 118, одновременно из сборника 117 в гидрататор поступает горячая вода. Для проведения гидратации растительное масло обрабатывают небольшим количеством умягченной воды (конденсатом). Количество конденсата для гидратации определяют для однородной партии масла в лабораторных условиях пробной гидратацией.

Гидрататор снабжен рубашкой, необходимой для поддержания оптимальной температуры масла 45...50 °С. В гидрататоре при медленном вращении мешалки происходит коагуляция и формирование хлопьев увлажненных фосфатидов. После заполнения гидрататора и образования хорошо сформированных хлопьев фосфатидов останавливают мешалку и отстаивают масло в течение 1...2 ч. Отстоявшееся масло откачивают по шарнирной трубе в сборник для гидратированного масла 122. Из сборника масло может быть направлено с помощью насоса в вакуум-сушильный аппарат 123 на сушку либо на щелочную рафинацию в нейтрализатор 125.

Гидратационный осадок из гидрататора 118 поступает в сборник 119, откуда насосом 120 подается в горизонтальный ротационно-пленочный аппарат 121 на сушку для получения фосфатидного концентрата.

В вакуум-сушильном аппарате 123 происходит обезвоживание жиров под вакуумом. В аппарате поддерживается остаточное давление 20...40 мм рт. ст. с помощью парожекторного вакуум-насоса. Влага, содержащаяся в масле, попадая в зону пониженного давления, интенсивно испаряется и в виде пара отсасывается парожекторным вакуум-насосом. Температура масла в аппарате 85...90 °С. Высушенное гидратированное масло направляется на отгрузку потребителю. Масло с повышенным содержанием влаги насосом 124 возвращают в аппарат 123.

Гидратированное масло из сборника 122, направленное на щелочную рафинацию, насосом подается в нейтрализатор 125, где происходит удаление из масла свободных жирных кислот. Масло в аппарате подогревается с помощью паровой рубашки до температуры 45...50 °С при перемешивании мешалкой. В аппарат подается раствор щелочи из сборника 126 и водно-солевой раствор из сборника 127 и происходит дальнейшее перемешивание в течение 20...30 мин. Затем повышают температуру масла до 55...60 °С, перемешивание продолжают до образования хорошо оседающих хлопьев соапстока, который отделяют путем отстаивания. Продолжительность отстаивания до

6 ч. Образовавшиеся в результате нейтрализации свободных жирных кислот мыльные пленки, осаждаясь, попадают в водно-солевой раствор, мыло растворяется, а увлеченный нейтральный жир освобождается. Соапсток жирностью 35 % отводится в специальный бак. Остаточное содержание мыла в масле не более 0,01 %. Масло из аппарата поступает на промывку, сушку и отбелку в аппарат вакуум-промывной отбеливающий 128. Промывка в аппарате осуществляется горячим конденсатом. Промывка ведется при атмосферном давлении и температуре 75...85 °С до полного удаления мыла. На каждую промывку расходуется 8...10 % воды от массы масла. После промывки масло подвергают сушке, для этого включают мешалку и в аппарате создается вакуум. Сушку ведут при температуре, не превышающей 95 °С, и остаточном давлении 110...160 мм рт. ст. Соблюдение режима сушки гарантирует остаточную влажность порядка 0,2 %.

По окончании сушки перекрывают кран на вакуумной линии, останавливают вакуум-насос, ликвидируют вакуум и, не прекращая перемешивание, перекачивают масло на фильтрацию в фильтр-пресс 129. Водно-жировая эмульсия отводится в жиroleвушку.

Рафинированное масло из фильтр-пресса 129 поступает в сборник рафинированного масла 130, откуда насосом подается в дезодоратор 131. В нем создается вакуум парозежкторным вакуум-насосом. Рафинированное масло нагревают в дезодораторе до 100 °С, после чего, не прекращая дальнейшего нагрева, подают в масло через барботер необходимое количество острого (перегретого) пара (до 250 кг/ч), имеющего температуру 325...375 °С. Подъем температуры масла до 180 °С должен продолжаться не более 30 мин. При периодической дезодорации температура процесса не ниже 210 °С. Остаточное давление в аппарате при работе с эжекционной установкой должно быть не более 0,66 кПа.

Для улучшения качества непосредственно в масло в дезодоратор вводят лимонную кислоту в виде 30 % раствора. Продолжительность дезодорации в среднем от 1,5 до 3 ч. Контроль за качеством масла осуществляется органолептически. Если дезодорат не имеет вкуса и запаха, дезодорацию прекращают. По окончании дезодорации масло охлаждают в дезодораторе до 100 °С, после чего дезодорированное масло поступает в охладитель 132, в котором предварительно создан вакуум, где масло охлаждается до 25...30 °С. При этом образуются и удаляются кристаллы восков. Охлажденное дезодорированное масло насосом подается на фильтрацию на фильтр-пресс 133, откуда направляется в сборник 134.

Готовое масло после взвешивания на весах 135 подается в машину 136 для фасования в бутылки, которые затем упаковывают в транспортную тару в машине 137.



Один опыт я ставлю выше, чем тысячу мнений,  
рожденных только воображением.  
**ЛОМОНОСОВ МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ (1711-1765),**  
русский ученый-энциклопедист, мыслитель, поэт

## 2.12 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖАРЕНОГО И РАСТВОРИМОГО КОФЕ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Кроме кофе для приготовления кофейных напитков используют следующие виды сырья: цикорий сушеный, ячмень продовольственный и кормовой, рожь продовольственная, овес продо-

вольственный и кормовой, соя, желуди дубовые сушеные и каштаны, орехи арахис, буквые и кедровые, шиповник, ванилин, корица, яблоки, груши сушеные и др.

Кофепродукты делят на четыре основные группы: кофе натуральный жареный, кофе натуральный растворимый, кофейные напитки нерастворимые, кофейные напитки растворимые.

Кофе жареный представляет собой продукт, полученный обжариванием кофейных зерен. Такая обжарка перед применением кофе в пищу оправдывает себя, так как в свежееобжаренном кофе полнее выражен аромат. Аромат кофе обусловлен комплексом эфирных масел и других летучих соединений, образующихся во время обжаривания.

Основным сырьем для производства кофе являются в основном два вида, получивших наибольшее распространение: Аравийский (*C. Arabica*) и Робуста (*Canephora*). Они представляют собой зерна средние по размеру, неоднородные по величине и окраске, несколько удлинённые и слегка вздутые, плоской и округлой формы. Их цвет может быть различен: от светло-желтого с зеленоватым оттенком до синевато-зеленого с серым оттенком.

Растворимый кофе представляет собой продукт, полученный из кофейных зерен в результате их обжаривания, дробления, экстрагирования водой и сушки полученного экстракта.

**Особенности производства и потребления готового продукта.** Кофе натуральный жареный и растворимый получают по непрерывной поточной технологической схеме. Одной из важнейших технологических операций при производстве жареного натурального кофе является обжарка, от режима проведения которой зависят качественные показатели готовой продукции, являющиеся результатом биохимических, физических и коллоидно-химических изменений.

Важными технологическими операциями при производстве растворимого натурального кофе являются экстракция и сушка экстракта, от режима проведения которых зависят качественные показатели готовой продукции.

**Стадии технологического процесса.** Производство жареного натурального кофе состоит из следующих основных операций:

- приемка, очистка и сепарирование сырья;
- обжаривание зерен;
- размол зерен (при изготовлении молотого кофе);
- просеивание обжаренного полуфабриката;
- смешивание компонентов;
- упаковывание.

Производство растворимого натурального кофе состоит из следующих основных операций:

- приемка, очистка и сепарирование сырья;
- обжаривание зерен;
- гранулирование обжаренных зерен кофе;
- экстрагирование водорастворимых веществ;
- сушка экстракта;
- упаковывание и маркирование.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства кофепродуктов выполняются с помощью комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству кофе.

Для хранения сырого кофе используют бункеры. На небольших предприятиях для транспортирования зерен кофе применяют погрузчики, норрии, цепные и винтовые конвейеры. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспорта крупы.

Подготовку сырья осуществляют с помощью просеивателей, сепараторов, магнитных уловителей и вспомогательного оборудования.

Ведущий комплекс линии состоит из обжарочных аппаратов, испарительных чаш, грануляторов и просеивателей.

Завершающий комплекс оборудования линии включает смесительно-дозировочные станции для дозирования и смешивания рецептурных компонентов, фасовочные машины и оборудование экспедиций и складов готовой продукции.

Кофе жареный вырабатывают по технологической схеме, представленной на рис. 2.12,а.

**Устройство и принцип действия линии.** Каждый вид кофе-сырья отдельно засыпают из мешков в бункер, подают ковшом элеватором на автоматические весы, взвешивают и нагнетают пневмотранспортером низкого давления в вибрационный сепаратор 1, отделяющий примеси путем аспирации, просеивания и пропуска через магнитные уловители. Легкие примеси (пыль) отбираются вентилятором и осаждаются в съемных бочках циклонов. Сепаратор 1 снабжен штампованными металлическими ситами с отверстиями следующих размеров (в мм): ловушка с овальными ячейками 9×16 или 13×16, сортировочное (проходное с ромбическими ячейками) 10×17, сходовое проволочное сито с квадратными ячейками 2×6 или 1,5×20.

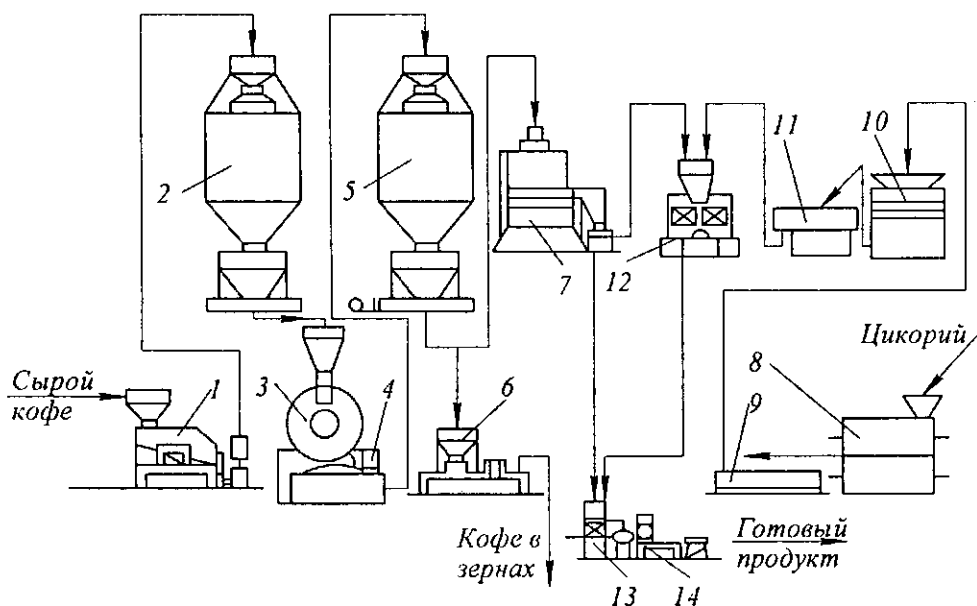


Рис. 2.12, а Машинно-аппаратурная схема линии производства жареного кофе

Сырой кофе из сепаратора поступает в систему пневмоконвейера высокого давления и транспортируется потоком очищенного воздуха через распределитель в четырёх- или шестисекционный бункер 2. Загрузка секций бункера фиксируется датчиком.



Перед подачей в сепаратор следующего вида кофе предыдущий вид должен быть полностью загружен в соответствующую секцию. По окончании работы сепаратора убираются отходы из приемников и очищаются магниты.

Очищенные зерна кофе обжаривают в обжарочном барабане 3 и охлаждают в охлаждаемых чашах 4.

Обжаривание каждого вида кофе, а также цикория производят отдельно. Режимы обжаривания кофе и цикория приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4 Режимы обжаривания кофе и цикория

Сырье	Аппарат	Масса загружаемого сырья, кг	Температура, °С	Продолжительность обжаривания, мин
Кофе натуральный	«Пробат»	240...300	180...215	14...20
	«Рапидо»	240	180...210	8...10
Цикорий	А-9ЖК-А	120...150	140...160	35...40
	«Линдгрэнц»	120...150	155...160	30...40

Обжарка кофе является пироженным процессом (пиролизом), при котором органические вещества нагреваются до высоких температур без доступа воздуха. В кофейных зернах происходят значительные химические изменения. Зерна увеличиваются в объеме, масса их уменьшается в результате испарения влаги и разложения сахаров, клетчатки и других органических веществ зерен. Сахар, карамелизуясь, образует карамелен – вещество, придающее зернам кофе коричневую окраску. От степени обжаривания зависит количественное накопление карамелена, а следовательно, и интенсивность окраски зерен.

Клетчатка в результате высокой температуры подвергается сухой перегонке с образованием уксусной и других органических кислот и ацетона.

Разложению подвергаются и пентозаны, содержание их в кофе достигает 6...7%. Разлагаясь, они образуют фурфурол и фурфуроловый спирт.

Жир кофе, состоящий в основном из олеиновой кислоты, которого содержится в зернах 10...13%, при обжаривании изменяется мало; количество его несколько уменьшается из-за частичного разложения с образованием акролеина.

Белковые вещества кофе, которых содержится 9...11%, под действием высокой температуры обжаривания также претерпевают изменения, образуя аммиак, амины, пиррол и т. п. Все вещества, выделяющиеся из сложных органических соединений кофейных зерен, под воздействием высокой температуры вступают между собой в реакции, образуя новые соединения, которые и обуславливают аромат ценного кофе. Этот комплекс соединений носит общее название кофеоль.

Равномерное обжаривание сырья является важным фактором получения продукта с хорошим вкусом, цветом и ароматом. Режимы обжаривания регулируют, и оптимальную степень обжаренного полуфабриката устанавливают по достижению обжаренным кофе рН 4,0...5,6, цикорием – 4,6...4,8.

Незадолго до окончания обжаривания кофе увлажняют до 4%, для чего внутри барабана специальным устройством распыляется вода. Количество воды для увлажнения кофе составляет 8...10% от массы загружаемого сырья.

Увлажнение кофе после обжаривания непосредственно в обжарочном барабане, осуществляемое также автоматически по заданной программе, преследует цель – повысить влажность продукта для более быстрого охлаждения, предотвращения стгорания мелкой фракции и уменьшения пылевидной фракции при последующем размоле.

Охлажденные зерна кофе собирают в бункере 5 по секциям в зависимости от сорта и вида.

Зерна кофе в целом виде фасуют в пакеты или жестяные банки на машинах 6. Для изготовления молотого кофе обжаренные зерна размалывают на грануляторе 7 по видам кофе или в виде смесей, дозированных по рецептурам.

Гранулятор 7 состоит из пяти валков, три из которых предварительно измельчают кофе, а два доводят частицы продукта до требуемых размеров.

Поступающий в производство сушеный цикорий инспектируют и обжаривают в обжарочных аппаратах 8, охлаждая в охлаждающих барабанах этих же аппаратов, затем инспектируют на ленточном конвейере 9, размалывают на вальцовом станке 10 и просеивают на рассеве 11. Продукты помола кофе и цикория смешивают в соотношении 4 : 1 в смесителе 12. Смесь фасуется на машине 13. Если выпускают кофе без цикория, его после гранулятора сразу направляют на фасовочную машину 13. Фасованный в пачки или банки кофе упаковывают в ящики на машине 14.

Машинно-аппаратурная схема линии производства растворимого кофе представлена на рис. 2.12,б.

**Устройство и принцип действия линии.** Каждая партия сырых зерен кофе взвешивается на автоматических весах порциями по 20 кг и пневмотранспортером 1 низкого давления подается в вибрационный сепаратор 2, отделяющий посторонние примеси путем аспирации, просеивания и пропусканием через магнитные уловители, при этом кофе обрабатывают отдельно по видам и сортам. Затем зерна пневмотранспортом 3 высокого давления через циклон-разгрузитель 4 направляют в четырех- и шестисекционный бункер 5 для хранения различных видов и сортов кофе. Оттуда зерна кофе поступают на весы 6, которые могут отвешивать кофе, поступающий из разных секций бункера, и далее – в обжарочный барабан 7.

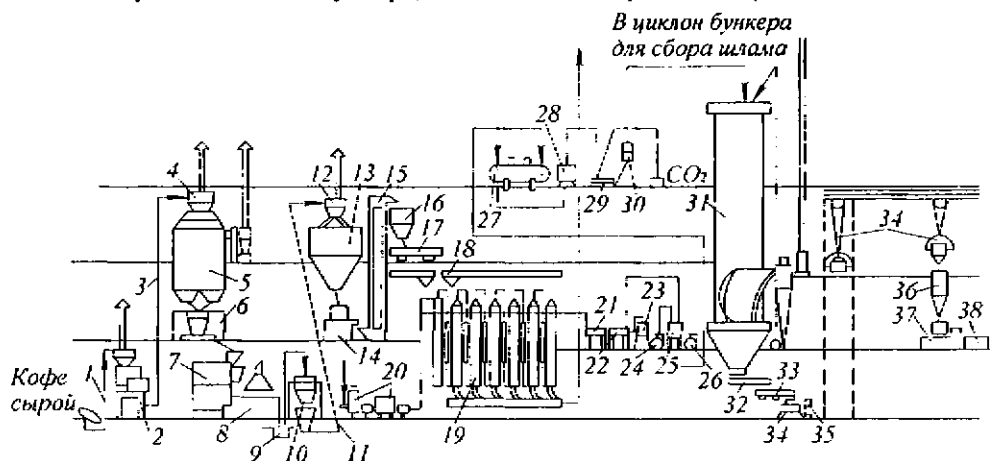


Рис. 2.12,б Машинно-аппаратурная схема линии производства растворимого кофе

Продолжительность обжаривания одной порции кофе (240...300 кг) составляет 13...18 мин при температуре 180...215 °С в аппарате типа «Пробат». Обжаренный кофе увлажняют непосредственно в обжарочном барабане, доводя влажность до 5...7 %, чтобы избежать образования мелких частиц при размоле. Для этого к концу обжаривания в барабан в течение 50 с подают 20 л воды и закрывают выход дымовым

газом. Это уменьшает дезодорацию кофе и снижает потери ароматических веществ. Кислотность обжаренного кофе должна составлять 5,2...5,4 рН, а содержание экстрактивных веществ для кофе I сорта не менее 25 %, для кофе II сорта – 27,5 %. Затем обжаренный кофе охлаждают в охладительной чаше 8 и через камнеотборник 9 и весы 10 пневмотранспортером высокого давления 11 направляют с разгрузкой в циклон-осадителе 12 в бункер 13, предназначенный для хранения жареного кофе. Отсюда обжаренные зерна поступают на гранулятор 14, где их дробят, превращая в крупку.

Важное значение имеет размер гранул измельченных зерен. Известно, что скорость процесса экстракции обратно пропорциональна размеру частиц, она уменьшается при их увеличении, поэтому выгодно иметь как можно более мелкие частицы продукта, подвергаемого экстракции. Но значительное уменьшение размера частиц приводит к ухудшению смачиваемости и условий фильтрации экстракта. Оптимальный размер частиц измельченных зерен зависит от типа экстракционного оборудования. При работе на экстракционных батареях фирмы «Ниро Атомайзер» принят размер гранул 1...2 мм.

Крупку (гранулированный кофе) ковшовым элеватором 15 загружают в бункер 16, а оттуда вибротранспортером 17 через передвижные весы 18 в экстракторы экстракционной батареи 19, где с целью получения экстракта кофе обрабатывают горячей водой, предварительно умягченной на установке 20, которая состоит из ионизирующего бака и сатуратора. Для очистки воду обрабатывают поваренной солью. Жесткость воды после обработки солью не должна быть более 0,35 мг-экв/л. Экстракционная установка 19 представляет собой агрегат, состоящий из шести экстракторов со съемными трубчатыми фильтрами, имеющими отверстия диаметром 1,0...1,5 мм, шести промежуточных теплообменников со змеевиками, в которых проходит экстракт, обогреваемый снаружи паром, одного водонагревателя для нагрева воды, поступающей в батарею. Полный цикл экстракции длится 7...8 ч. За это время через каждый экстрактор проходит 3500...4000 л воды. В экстракторы закладывают по 165 кг гранулированного кофе. Соотношение кофе и воды в экстракторе таким образом составляет 1 : 20...1 : 25, что является оптимальным. Температура и давление экстракции указаны в табл. 2.5.

Экстракт из батареи отбирают с содержанием 27...28 % сухих веществ. Полученный экстракт через пластинчатый фильтр 21 и охладитель 22 перекачивают в смесительный бак 23, где смешивают с порошком растворимого кофе, доводя содержание сухих веществ в продукте до 30 %. Из бака насосом 24 перекачивают экстракт кофе в сборник-весы 25, а оттуда насосом 26 в танк-накопитель 27.

Далее экстракт профильтровывают через фильтр 28 и питательным насосом 29 высокого давления через ресивер 30 подают в сушильную башню 31. Кофейный экстракт сушат на распылительной сушилке с форсуночным распылением продукта. Распыляемый в виде мельчайших капелек экстракт встречается с потоком горячего воздуха, подаваемого вверх вентилятором, и мгновенно высыхает. Температура воздуха на входе в сушильную башню 230...280 °С, на выходе из сушильной башни – не более 105...115 °С.

Полученный сухой экстракт кофе из сушильной башни выгружают на вибросито 32 и с него через виброохладитель 33 – в контейнер 34. Контейнеры взвешивают на весах 35. Контейнеры с порошком растворимого кофе подъемником подают к загрузочному бункеру 36 фасовочной машины 37. Готовый продукт фасуется по 100 или 50 г в жестяные банки. Для закатывания донышек у банок используют машину 38.

Таблица 2.5. Режим экстракции растворимого кофе

Показатель	Число работающих экстракторов					Разгр.-загр.
	70...80	105...110	120...140	150...160	170...180	
Первый экстрактор: температура, °С	70...80	105...110	120...140	150...160	170...180	Разгр.-загр.
давление, МПа	0	0,3	0,6	0,9	1,2...1,5	
Второй экстрактор: температура, °С	Загрузка	70...80	105...110	120...140	150...160	170...180
давление, МПа		0	0,3	0,6	0,9	1,2...1,5
Третий экстрактор: температура, °С	Загрузка	70...80	105...110	120...140	150...160	170...180
давление, МПа		0	0,3	0,6	0,9	1,2...1,5
Четвертый экстрактор: температура, °С	Загрузка	70...80	105...110	120...140	150...160	170...180
давление, МПа		0	0,3	0,6	0,9	1,2...1,5
Пятый экстрактор: температура, °С	Загрузка	70...80	105...110	120...140	150...160	170...180
давление, МПа		0	0,3	0,6	0,9	1,2...1,5
Шестой экстрактор: температура, °С	Загрузка	70...80	105...110	120...140	150...160	170...180
давление, МПа		0	0,3	0,6	0,9	1,2...1,5



Задача профессора высшего учебного заведения – научить студента не только знать, но и понимать те или иные явления природы, самостоятельно разбираться в них и по некоторым известным критериям определять новые неизвестные факты.  
*БАРДИН ИВАН ПАВЛОВИЧ (1883–1960),  
ученый-металлург, академик АН СССР*

### 2.13 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Солод – пророщенное зерно злаковых культур (ячмень, рожь, рис, пшеница, овес, просо) в специально созданных и регулируемых условиях. После высушивания свежепросожденного солода при температуре 40...85 °С получается ферментативно-активный светлый солод. При более высоких температурах высушивания (выше 105 °С) образуется темный, ферментативно-неактивный солод. Солод получают в виде зерен или измельченным.

По органолептическим показателям пивоваренный солод имеет свежий огуречный запах, от светло-желтого до желтого цвета и сладковатый вкус. Светлый солод высокого качества содержит не более 4,5 % влаги с продолжительностью осахаривания 15 мин и экстрактивностью 79 % на сухие вещества. Темный карамельный (жженный) солод имеет содержание влаги не более 6 % с экстрактивностью 70 % на сухие вещества.

Ржаной солод содержит не более 8 % влаги с продолжительностью осахаривания (неферментированного) 25 мин и экстрактивностью 80 % на сухие вещества.

Кроме светлого и темного солодов в пивоваренном производстве находят применение специальные ячменные сорта солода, которые интенсифицируют технологические процессы приготовления пивного сусла, брожения и дображивания (I группа) или для улучшения цвета, вкуса и аромата пивного сусла и готового сусла (II группа).

К I группе относится высокоферментативный солод (диастатирующий солод, диафарин) длительного и ускоренного проращивания, а также солод для подкисления затора (протеолитический солод). Применение такого солода дает определенные преимущества, особенно при использовании несоложенного сырья. Группа II представле-

на красящими (карамельный и темный), цветным (жженный), ароматным (томленный или ферментированный), меланоидиновым и витаминным солодами. Эта группа обеспечивает сортовые особенности пива, улучшает его качество и стойкость.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Солодоращение – накопление в зерне максимально возможного или заданного количества ферментов (в основном гидролитических). Под действием ферментов при солодоращении часть сложных веществ зерна превращается в мальтозу, глюкозу, мальтодекстрины и высшие декстрины, лептоны, лептиды, аминокислоты и др.

Технологические особенности проращивания зерна характеризуются температурой, при которой происходит данный процесс на отдельных стадиях (18...21 °С), содержанием влаги в зерне (44...48 %), соотношением кислорода и диоксида углерода в слое зерна (в первые 2...3 дня должно быть больше единицы), а также продолжительностью проращивания (7...8 сут).

Сушка солода обеспечивает снижение его влажности с 40...50 до 3...6 % и придание солоду специфического вкуса, цвета и аромата при сохранении высокой ферментативной активности. Ферментативный гидролиз сложных углеводов и белков при сушке солода проявляется сильнее, чем при солодоращении, так как оптимальные температуры, повышающие ферментативную активность, находятся в пределах 40...70 °С. Оптимальный режим сушки солода обеспечивает высокое качество готового продукта при минимальных энергозатратах.

Солод используют при производстве пива, полисолодовых экстрактов, получаемых из смеси кукурузного, овсяного и пшеничного солодов, концентрата квасного сусле, хлебного кваса, безалкогольных напитков и этилового спирта и хлебобулочных изделий.

При производстве пива, полисолодовых экстрактов, концентрата квасного сусле и безалкогольных напитков в качестве основного сырья используют сухой солод, который служит источником ферментов, витаминов, ароматических красящих и минеральных веществ. Среди общего выпуска солода различных видов наибольшее потребление имеет выдержанный солод для производства пива.

В спиртовом производстве применяется смесь свежепросохших солодов различных злаковых культур, которая служит источником ферментов для осахаривания крахмалосодержащего сырья (пшеницы, кукурузы, картофеля и др.). Качество солода, предназначенного для производства этанола, оценивается как хорошее, среднее и удовлетворительное по следующим показателям соответственно: декстринолитическая способность (ДС) – 35; 30; 20...25 мг/(г·ч) и осахаривающая способность (ОсП) – 3,5; 2,6 и 1,75 сд/г.

В хлебопекарном производстве применяют измельченный ржаной светлый неферментированный и темный ферментированный солод.

**Стадии технологического процесса.** Приготовление солода – сложный комплекс специфических процедур, состоящий из следующих стадий:

- очистка и сортировка зерна;
- мойка, дезинфекция и замачивание ячменя;
- проращивание ячменя (свежепросохший солод для производства спирта и ферментации);
- сушка солода;
- обработка сухого солода (солод для производства хлебобулочных изделий, солодовых экстрактов и концентрата квасного сусле);

– выдержка сухого солода (выдержанный солод для производства пива).

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования, состоящего из зерноочистительных и сортирующих машин – воздушных и зерновых сепараторов, цилиндрических и дисковых триеров, магнитных сепараторов.

Следующий комплекс линии включает аппараты для мойки и замачивания ячменя. К ним относятся моечные и замочные аппараты, входящие в комплекс замочного отделения, а также установки непрерывного замачивания зерна.

Ведущий комплекс линии состоит из оборудования для солодоращения, представленного ящичными солодорастильными установками, солодовнями с передвижной грядкой, статическими солодовнями с совмещенным способом, солодорастильными барабанами и кондиционерами для пневматических солодовен.

Наиболее значимым комплексом оборудования линии является оборудование для сушки солода. К нему относятся сушилки периодического (горизонтальные и вертикальные) и непрерывного (шахтные и карусельные) действия с топочными устройствами и калориферами.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает обработку сухого солода и содержит росткоотбойные, солодополировочные и машины для измельчения солода.

На рис. 2.13 показана машинно-аппаратурная схема линии производства солода.

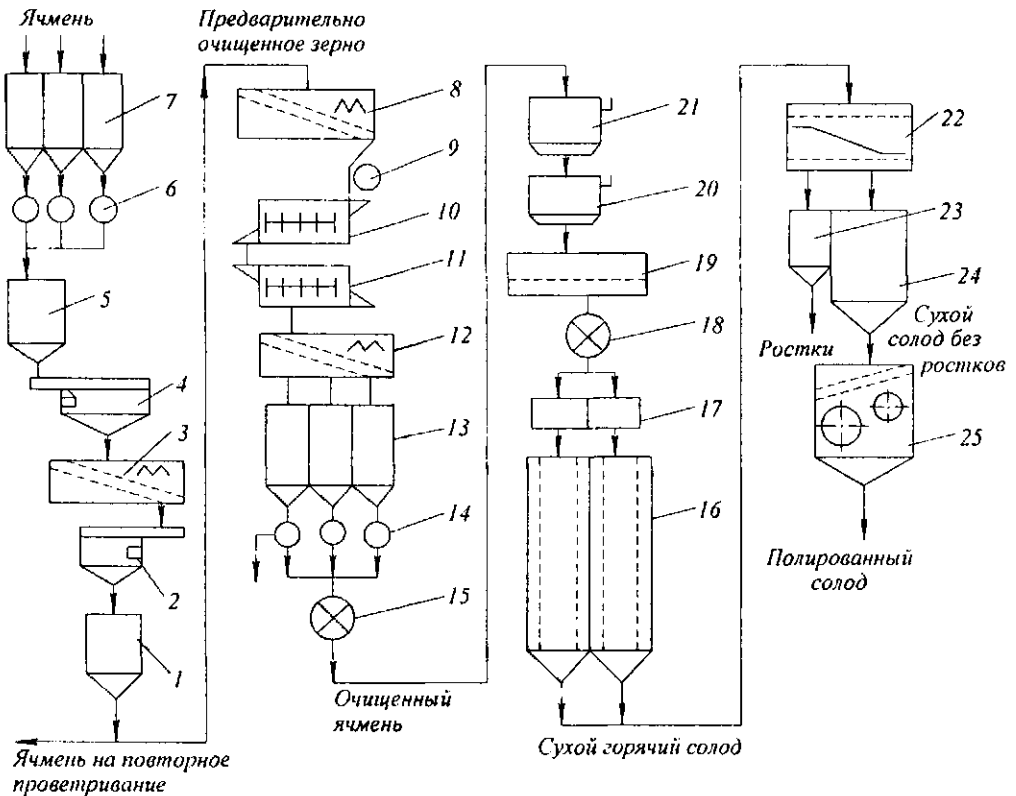


Рис. 2.13 Машинно-аппаратурная схема линии производства солода

**Устройство и принцип действия линии.** По принятой в производстве схеме поступивший на предприятие ячмень направляется на хранение в бункер 1, откуда с помощью переключателей потока 2 подается в промежуточный бункер 3. Из него после взвешивания на весах 4 ячмень первично очищается в воздушно-ситовом сепараторе 5. Предварительно очищенное зерно взвешивается на весах 6 и направляется в силос 7, где сохраняется до момента вторичной переработки. При необходимости проветривания ячмень из силоса 7 направляется снова в бункер 1.

Вторичная очистка ячменя предусматривает воздушно-ситовую сепарацию в машине 8, отделение ферропримесей в магнитном сепараторе 9, отбор куколя и овсюга в триерах 10 и 11 и разделение ячменя по крупности в ситовой машине 12. Фракции ячменя I и II сортов собираются в бункерах 13, а фракция III сорта направляется на корм скоту. На выходе из бункеров 13 установлены распределители потока 14.

Очищенный и отсортированный ячмень в определенном количестве дозатором 15 засыпается в замочный чан 16, где отмывается от загрязнений и при необходимости обрабатывается дезинфицирующими средствами. В чан 16 подаются вода и воздух, обеспечивающий перемешивание зерна.

Легкое зерно и мелкие примеси (сплав) во время мойки всплывают на поверхность и удаляются вместе с мочной водой. Вымытое зерно перекачивается в замочный чан 17, где его влажность повышается до 41...42 %. После окончания замачивания зерно с водой перекачивается в солодорастильный аппарат 18 для проращивания в течение 6...8 сут. В нем зерно продувается воздухом с относительной влажностью 96...98 % и температурой 12 °С. При необходимости зерно орошается водой температурой 12 °С. Температура зерна при этом должна быть 14...18 °С.

Из солодорастильного аппарата 18 продукт питателем 19 загружается в камеру подвяливания 20, а затем в вертикальные сетчатые каналы сушилки 21. Сушилка имеет до четырех зон, благодаря чему теплый воздух несколько раз проходит сквозь слой солода. Температура воздуха 40...85 °С, продолжительность сушки 24...36 ч в зависимости от конструкции сушилки.

Сухой горячий солод из сушилки 21 очищается от ростков в росткоотбойной машине 22. Ростки собираются в бункере 23. Сухой солод без ростков направляется в силос 24 на отлежку в целях повышения влажности оболочки и ее эластичности. Он очищается от загрязнений, полируется в полировочной машине 25 и направляется на склад готового солода. Часть свежепросошедшего солода, минуя сушилку, направляется в обжарочный барабан 26 для приготовления карамельного солода.



Думаю, что все сколько-нибудь ценное,  
чему я научился, приобретено мною путем  
самообразования.

ДАРВИН ЧАРЛЬЗ РОБЕРТ (1809–1882).

английский биолог и естествоиспытатель

## 2.14 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВИНМАТЕРИАЛОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Виноматериалы – молодое вино, полученное в результате спиртового брожения продуктов переработки винограда непосредственно на заводе первичного виноделия и используемое в качестве основного сырья для производства разнообразного ассортимента виноградных вин. Виноматериалы различают по природе спирта, содержащегося в них, цвету, концентрации экстрактивных веществ, спирта и сахара. Выпускают два основных вида виноматериалов: виноматериалы для получения столовых вин и крепленые виноматериалы.

Виноматериалы для столовых вин содержат только спирт, полученный в результате естественного брожения на чистых культурах винных дрожжей натурального виноградного сока. Объемная доля такого спирта в вине составляет 9...14 %. По массовой доле остаточного сахара эти виноматериалы подразделяются на сухие (не более 0,3 %), до 1 %, полусухие (1,0...2,5 %) и полусладкие (3...8 %). Последние предназначены для десертных вин.

Крепленые виноматериалы наряду со спиртом естественного брожения содержат добавленный спирт-ректификат. В России установлены обязательные минимальные нормы объемной доли спирта, получаемого в результате естественного брожения: для крепких вин не менее 3 %, для десертных – не менее 1,2 %.

По цвету различают белые и красные виноматериалы. Белые виноматериалы, как правило, характеризуются светло-желто-соломенным цветом, нежным вкусом, тонким ароматом без терпкости и грубости. Красные виноматериалы существенно отличаются от белых не только по цвету, но и по химическому составу, вкусу и аромату. Характерные качества красных виноматериалов обусловлены тем, что в их сложении участвуют не только вещества виноградного сока, но и вещества в основном фенольной природы, которые содержатся в кожице и семенах.

Сырьем для получения виноматериалов является виноград, достигший технической (промышленной) зрелости, необходимых для данного типа вина содержания сахара и кислотности. Виноматериалы для столовых вин производят из винограда, содержащего 17...20 % сахара и имеющего кислотность 6...8 г/дм<sup>3</sup>. Для десертных вин требуется виноматериал, полученный из винограда, содержащего не менее 25 % сахара, кислотностью – 5...7 г/дм<sup>3</sup>. Из сортов винограда, сок которых не окрашен, готовят белые виноматериалы. Для производства красных виноматериалов основное значение имеет подбор сортов винограда с большим технологическим запасом красящих веществ.

Основными полуфабрикатами являются мезга – дробленый виноград и сусло – виноградный сок. Виноградная мезга представляет собой грубую суспензию, состоящую из двух резко разграниченных фаз: жидкой – сусла и твердой – кожицы и семян. Семена технически зрелого винограда достаточно твердые, а кожица упругая, благодаря чему обеспечивается хорошее дренирование всей массы мезги и создаются благоприятные условия для выделения из нее сока. Его содержание в мезге достигает



80 %, и он распределен в смеси с твердыми тканями ягод – кожицей и семенами. Качество виноматериала существенно зависит от способа извлечения сока из мезги.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** С момента сбора винограда до начала его переработки допустим промежуток времени не более 4 ч, так как вытекающий из поврежденных ягод сок легко сбраживает и закисает. Поэтому производство виноматериалов является сезонным и размещается вблизи виноградников. Винзавод первичной переработки характеризуется тем, что переработка винограда на этом заводе заканчивается получением молодого вина. За 2..3 месяца до начала сезона виноделия следующего года все вина с завода удаляют.

Производство виноматериалов связано с процессами получения виноградной мезги и суслу, брожения суслу, дображивания и осветления виноматериала.

При получении *виноградной мезги* ягоды раздавливают для облегчения выделения сока и повышения его выхода. После дробления ягод проницаемость их тканей резко увеличивается и диффузионные процессы ускоряются. Степень измельчения ягод выбирается в зависимости от требований, предъявляемых к химическому составу вина. При производстве вин сортов Кагор, Портвейн, Мадера применяют высокоэкстрактивные виноматериалы из ягод, подвергнутых механической обработке в центробежных дробилках. В производстве столовых вин, а также шампанских, хересных и др. применяют малоэкстрактивные виноматериалы, которые можно получить в валковых дробилках при мягком механическом режиме, полностью исключая перетирацию кожицы, а также раздавливание и измельчение гребней, из которых могут извлекаться нежелательные вещества, придающие вину грубость и неприятные привкусы.

При получении виноматериала для красных вин в отличие от белых обеспечивают хороший контакт суслу с мезгой для более полного извлечения из них красящих, дубильных и ароматических веществ. Они придают красному вину характерные для него цвета и вкусовую полноту. Для этого мезгу подвергают предварительной тепловой обработке при 55...60 °С до приобретения суслу требуемой окраски, после чего мезгу охлаждают и прессуют. Для получения ароматизированных вин типа Вермут используют виноматериалы со слабовыраженным ароматом.

При получении *виноградного суслу* первоначально сок выделяют из мезги способом стекания под действием силы тяжести. Это суслу, называемое суслу – самотеком, по химическому составу и технологическим свойствам представляет собой самую ценную фракцию. Выход самотечного суслу не превышает 55 % от массы перерабатываемого винограда. Увеличение выхода виноматериалов связано с интенсификацией процессов дробления винограда и выделения из мезги суслу. Для этого используют ударно-центробежные воздействия при дроблении винограда, а мезгу при отделении суслу подвергают сжатию (прессованию). В результате общий выход суслу достигает 80 % от массы винограда. Однако по сравнению с самотечным в прессовом суслу повышается содержание взвесей частиц оболочки и мякоти, дубильных веществ и металла, а также содержится меньше сахара. Прессовое суслу 1-го давления используют полностью или частично для получения марочных вин. Прессовое суслу 2-го и частично 1-го давления идет на обычные и крепленые вина. Прессовое суслу 3-го давления, имеющее наиболее низкое качество, применяется в производстве крепких обычных вин.

Виноградные выжимки поступают на специальную переработку для получения спирта и винно-кислотного сырья.

Получаемое сусло для выделения из него взвешенных частиц направляют на осветление. От полноты *осветления сусла* в значительной мере зависит качество будущего вина. В зависимости от назначения получаемого виноматериала и конкретных технологических условий применяют различные способы осветления сусла: отстаивание, центрифугирование, электрофлотация и др. Одно из основных технологических условий нормального осветления сусла – исключение забраживания, в результате жизнедеятельности паразитных микроорганизмов. Для предупреждения этого применяют сульфитацию, охлаждение сусла или комбинацию этих двух приемов. Желательные низкие дозировки  $\text{SO}_2$  (50...75 мг/дм<sup>3</sup>) и охлаждение до 10...12 °С.

Соприкосновение твердых частиц винограда с отжатым соком и сока с воздухом должно быть по возможности минимальным, чтобы избежать окисления сока и обогачения его избытком экстрактивных веществ.

*Брожение виноградного сусла.* Спиртовое брожение – основной технологический процесс виноделия. Вещества, образующиеся в результате спиртового брожения, сообщают продукту характерные особенности, свойственные вкусу и букету вина. При производстве сухих виноматериалов исходный сок сбраживается полностью (весь сахар используется дрожжами), "насухо", и в готовом вине сахар практически отсутствует. Белые и красные сухие виноматериалы используют для производства марочных вин и шампанского, а также столовых вин.

Полусладкие виноматериалы получают в результате неполного сбраживания сока путем остановки брожения (охлаждением, оклейкой, пастеризацией) в момент, когда в бродящем сусле остается необходимое количество сахара (3...8 %).

Виноматериал для крепленых вин: Портвейн, Мадера, Херес, Мускат, Токай, Кагор и др. готовят путем неполного сбраживания виноградного сока из сортов, обладающих способностью к высокому накоплению сахара при созревании или к заваливанию и заизюмливанию при перезревании. Процесс брожения останавливают спиртованием, добавляя ректификационный спирт. При изготовлении десертных вин спиртование осуществляют на начальных стадиях брожения, когда в сусле остается еще довольно высокое количество сахаров. Введение повышенного количества спирта перед окончанием брожения приводит к получению крепкого вина. Введение спирта не только обуславливает требуемую крепость, но и способствует созданию необходимой устойчивости и характера готового вина.

Хересные виноматериалы получают по технологии белых столовых вин, затем его подспиртовывают до объемной доли спирта 15...16 %, выдерживают при температуре 16...20 °С под пленкой (солерой) специально выращенных хересных дрожжей. Хересные дрожжи потребляют питательные вещества вина, крепость вина снижается, а количество альдегидов, ацеталей и эфиров возрастает. В результате вино приобретает ярко выраженный специфический аромат и вкус. В нашей стране разработан метод непрерывного хересования.

При получении виноматериалов высокоэкстрактивных вин обычно применяют брожение сусла на мезге, при котором происходит не только сбраживания сахара, но и экстрагирования фенольных, азотистых и других веществ из кожицы и семян. Для интенсификации процессов экстрагирования брожения сусла на мезге проводят в открытых или закрытых резервуарах, в специальных аппаратах периодического и непрерывного действия при температуре 28...30 °С.

При производстве красных виноматериалов сброшенный виноматериал пропускают через экстрактор, содержащий свежую мезгу.

*Дображивание и осветление виноматериала.* После основного брожения вино-материал еще мутный и нестойкий. При дображивании продолжается алкогольное брожение и идет постепенное оседание дрожжевых клеток. Происходит образование кристаллов винной кислоты. При выпадении кристаллов в осадок к их поверхности прилипают твердообразные частицы взвеси. В результате этих процессов винома-териал осветляется, улучшается его вкус и повышается стойкость. Однако вышеука-занные преобразования являются лишь первой стадией созревания вина. Получен-ные виноматериалы еще незрелое молодое вино, которое требует дальнейшей обра-ботки и выдержки.

Различают необработанные и обработанные виноматериалы. Обработанным на-зывают виноматериал, приготовленный по установленным технологическим схемам, прошедшим технологическую обработку и выдержку. Виноматериал в принципе должен быть пригоден для фасования в бутылки (после отдыха и фильтрации) и реализации в качестве столового вина.

**Стадии технологического процесса.** Производство виноматериалов включает следующие основные стадии и операции:

- приемку, контроль качества и транспортирование винограда;
- дробление винограда и отделение гребней;
- отделение сусла-самотека и прессования сусла;
- осветление и очистку сусла;
- брожение сусла;
- брожение и осветление виноматериала;
- фасование, хранение и транспортирование виноматериалов виноматериала.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальный комплекс оборудова-ния линии включает бункера-питатели, валковые или ударно-центробежные дро-билки-гребнеотделители, сульфитодозировочные установки. Этот комплекс обеспе-чивает переработку винограда в стерилизованную мезгу.

Ведущий комплекс оборудования линии состоит из камерных или шнековых стекателей и прессов периодического или непрерывного действия. В стекателях под действием гравитации из мезги выделяется сусло-самотек, а прессы из остатков мез-ги отжимают прессовую фракцию сусла.

Каждую из полученных фракций сусла перерабатывают в сухой или крепленный виноматериал при помощи одинаковых комплексов оборудования. В такой комплекс входят сульфитодозировочные установки, отстойники, бродильные аппараты, спирто-дозаторы и резервуары для хранения виноматериалов. Применяют металлические, железобетонные или деревянные резервуары вместимостью от 15 до 270 м<sup>3</sup>.

На рис. 2.14. изображена машинно-аппаратурная схема линии производства бе-лых виноматериалов.

**Устройство и принцип действия линии.** Виноград доставляется специальным автотранспортом 1. После точного учета количества поступившего винограда и ин-спекции его качества по сортовому и химическому составу виноград шнековым пи-тателем 2 подается в дробилки-гребнеотделители 3, в которых одновременно с раз-давливанием ягод винограда отделяются гребни.

Отделенные гребни, выходящие из дробилки, подают конвейером на весы, а за-тем на шнековый пресс для извлечения гребневого сусла.

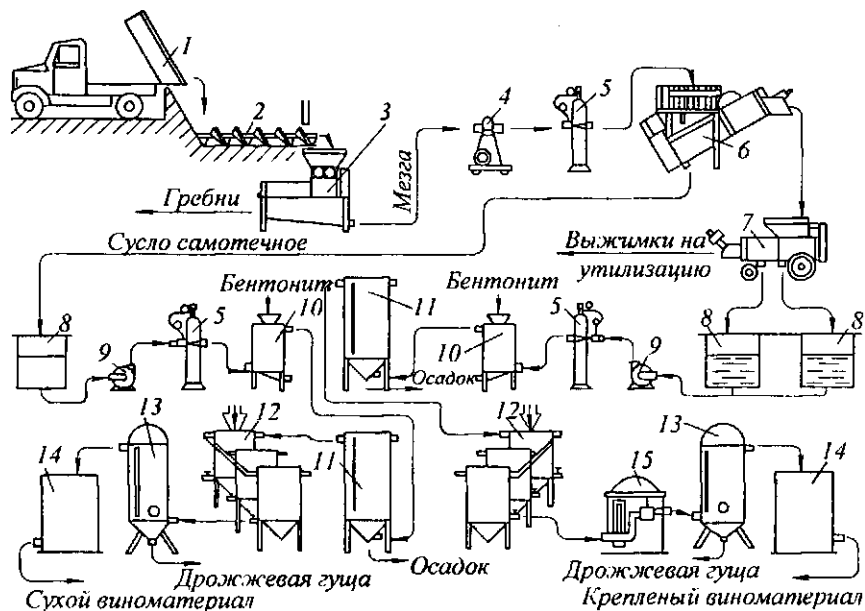


Рис. 2.14 Машинно-аппаратурная схема линии производства белых виноматериалов

Ягоды винограда разрушают дробилкой-гребнеотделителем валкового типа 3, работающей в режиме, исключающем сильное измельчение кожицы и гребней. Раздавленный виноград (мезгу) подают мезгонасосом 4 на стекатель 6 для выделения из нее сусла-самотека. В процессе транспортирования мезгу и сусло стерилизуют с помощью сульфитаторов 5. Сусло-самотек отбирают на стекателях, обеспечивающих быстрое отделение сусла и достаточно высокое его качество для белых столовых вин. Сусло-самотек направляют в сборники 8, а стекающую мезгу отжимают на шнековых прессах 7. Прессовые фракции сусла поступают в соответствующие сборники 8. Для получения белых столовых вин используют только сусло-самотек, отбираемое в количестве не более 60 дал из 1 т винограда. Сусло, получаемое на шнековых прессах 7, идет на приготовление обычных крепленых виноматериалов.

Сусло-самотек и прессовое сусло осветляется в осветлителях 11 непрерывного действия. В осветлители сусло подается из сборников 8 и насосом 9 через сульфитатор 5 и специальный аппарат 10, в котором оно обрабатывается бентонитом для ускорения процесса осветления.

После введения чистой культуры дрожжей осветленное сусло-самотек подается в установку непрерывного брожения 12, представляющую собой систему резервуаров, соединенных между собой. В основу работы установки заложен принцип создания перепадов избыточного давления за счет выделения при брожении диоксида углерода, воздействующего на находящиеся внутри резервуара сусло и способствующего перетекания его из одного резервуара в другой по переливным трубам. Во время брожения поддерживают оптимальную температуру (14...18 °С) сусла, контролируют его подачу в головные резервуары бродительных аппаратов и обеспечивают его постоянный расход. Содержание остаточного сахара на выходе из последнего резервуара бродительной установки 12 для сухих столовых виноматериалов составляет 1...3 %. Такой виноматериал направляют в емкости 13 для дображивания и осветления.

После полного прекращения брожения молодое вино снимают с дрожжей (первая переливка), сульфитируют из расчета 25...30 мг/дм<sup>3</sup> и направляют в емкости 14 для выдержки и хранения. Вторую переливку проводят обычно через 1...1,5 мес после снятия с дрожжей также с введением 25...30 г/дм<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>. В процессе хранения емкости систематически доливают не реже 1 раза в неделю, чтобы в них не было газовых камер и поверхность вина не соприкасалась с воздухом.

Аналогичным образом устроен и работает комплекс оборудования для обработки прессовой фракции сусла. Но на определенной стадии незавершенного брожения это сусло спиртуется в спиртодозаторах 15. Из прессового сусла получают крепленые виноматериалы путем приостановки естественного процесса брожения при добавлении в виноматериал спирта-ректификата.

Транспортирование виноматериалов на предприятиях вторичного виноделия осуществляют в железнодорожных или автомобильных цистернах вместимостью от 7 до 28 м<sup>3</sup> либо в деревянных бочках.



Когда ты хочешь показать твоему собеседнику в разговоре какую-нибудь истину, то самое главное при этом не раздражаться и не сказать ни одного недоброго или обидного слова.

*ЭПИКТЕТ (50 - около 140), греческий философ-стоик*

## 2.15 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛОВОГО РЕКТИФИКАЦИОННОГО ПИЩЕВОГО СПИРТА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Спирт этиловый (этанол, винный спирт), выработанный из пищевых видов сырья (зерно, картофель, сахар, свеклосахарная и тростниковая меласса, сахарная свекла), – прозрачная бесцветная жидкость без привкуса и запаха посторонних веществ. Температура кипения безводного спирта этилового 78,35 °С при давлении 0,1 МПа, температура вспышки 13 °С. Спирт гигроскопичен, летуч, смешивается с водой в любых соотношениях и является хорошим растворителем.

В зависимости от степени очистки, характеризуемой объемной долей спирта, различают ректификационный спирт четырех сортов: I сорт (96,0 %), высшей очистки (96,2 %), «Экстра» (96,5 %) и «Люкс» (96,3 %).

В спирте этиловом ректификационном кроме воды содержатся в макроколичествах различные примеси (альдегиды, эфиры, высшие спирты и другие химические соединения), которые формируют у спирта свойственные ему вкус и аромат в зависимости от вида перерабатываемого сырья.

Зерно и картофель относят к крахмалосодержащему сырью, мелассу и свеклу – к сахаросодержащему. Зерно поступает на заводы с содержанием влаги 12...15 % и более. В зависимости от культуры оно содержит 45...55 % крахмала и 9...16 % белка. Картофель – сочное сырье, которое содержит 9...18 % крахмала и до 2 % белка.

Меласса – густая сиропообразная непрозрачная жидкость коричневого и темного бурого цвета, сладкая на вкус с горьким привкусом. Массовая доля, содержащихся в ней сухих веществ, составляет не менее 75 %, в том числе не менее 43 % сахарозы. Сумма сбраживаемых веществ составляет не менее 44 %.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Спирт этиловый пищевой получают микробиологическим способом, в основе которого лежит сбраживание сахара в спирт дрожжами семейства сахаромycетов. Спирт из пищево-

го сырья получают непрерывным и периодическим способами. При этом 45...55 % вырабатывают из зерна, 10...15 % – из картофеля, 2...3 % – из свеклы и 38...45 % – из мелассы.

Спирт этиловый ректификационный получают на брагоректификационных и ректификационных установках из бражек крахмалосодержащего и сахаросодержащего сырья и из спирта-сырца, полученного из тех же видов сырья.

Брагоректификационные установки бывают косвенного действия (включают бражную, элюрационную и ректификационную колонны), косвенно-прямоточного действия (включают брагоэлюрационную, элюрационную и ректификационную колонны) и работающие под вакуумом.

При выработке спирта ректификационного из спирта-сырца применяют ректификационные установки, состоящие из элюрационной и ректификационной колонн.

Для повышения выхода и качества ректификационного спирта, улучшения выделения сивушного масла брагоректификационные и ректификационные установки дооснащают дополнительными колоннами: окончательной очистки спирта, сивушной или экстрактивно-ректификационной, для выделения этилового спирта из головной фракции.

Пищевая промышленность – главный потребитель этилового спирта, который используется для изготовления ликероводочных изделий, виноградных и плодово-ягодных вин, уксусов и пищевых ароматизаторов. Спирт этиловый также используют в медицинской, фармацевтической, парфюмерной и других отраслях промышленности.

**Стадии технологического процесса.** Переработка зерна и картофеля на спирт осуществляется по однотипной технологии и состоит из следующих стадий:

- подготовка сырья к переработке;
- разваривание крахмалосодержащего сырья;
- осахаривание крахмалосодержащего сырья;
- культивирование дрожжей;
- сбраживание осахаренной массы;
- перегонка бражки;
- ректификация спирта.

Стадия разваривания крахмалосодержащего сырья паром повышенного давления может быть заменена гидроферментативной обработкой замеса с помощью бактериальной  $\alpha$ -амилазы при температурах клейстеризации крахмала 60...90 °С.

Получение спирта из мелассы включает меньше технологических стадий:

- подготовка мелассы к сбраживанию;
- культивирование дрожжей;
- сбраживание мелассного сусле;
- извлечение спирта из бражки;
- очистка спирта.

Основное различие технологического процесса при переработке крахмало- и сахаросодержащего сырья состоит в подготовке сырья и приготовлении питательной среды (субстрата) для сбраживания дрожжами в спирт.

Технологический процесс на брагоректификационных установках дифференцирован по стадиям, которые осуществляются последовательно в отдельных колоннах:

– в бражной (перегонка бражки с получением бражного дистиллята и отводом барды в виде отхода производства);

– в элюрационной (выделение из бражного дистиллята или спирта-сырца и концентрирование головных примесей и их отбор с фракцией головного этилового спирта – побочным продуктом производства);

– в ректификационной (концентрирование спирта и его пастеризация, а также выделение в процессе концентрирования спирта промежуточных примесей в виде сивушных фракций);

– в сивушной или экстрактивно-ректификационной (концентрирование сивушного масла и выделение его в виде товарного побочного продукта производства);

– в колонне окончательной очистки (дополнительная очистка ректификационного спирта с отводом на повторную ректификацию спиртовых фракций с примесями);

– в колонне для выделения спирта из головной фракции (выделение из головной фракции и концентрирование метанола, альдегидов и сложных эфиров).

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для мойки, очистки и измельчения крахмалосодержащего сырья, в состав которого входят картофелемойки, камнеловушки, водоотделители, барабанные камнеловушки, дробилки для измельчения картофеля и зерна, а также измельчители для тонкого измельчения зернового сырья.

В состав линии входят комплекс, состоящий из установок для тепловой обработки крахмалосодержащего сырья – смесителей предразварников, варочных аппаратов и паросепараторов, аппаратов гидродинамической обработки замеса, обеспечивающих различные схемы разваривания.

Следующим в линии является комплекс оборудования для охлаждения и осахаривания заторов, в состав которого входят аппараты с непрерывным осахариванием и вакуум-охлаждением, аппараты с двухступенчатым вакуум-охлаждением, а также аппараты с непрерывным охлаждением и осахариванием при атмосферном давлении.

Комплекс оборудования для брожения и культивирования дрожжей состоит из бродильных аппаратов и устройств для мойки, спиртоловушек и дрожжевых аппаратов.

В линии для производства спирта из мелассы комплекс оборудования состоит из рассиропников, аппаратов для размножения дрожжей и пеноловушек, а также устройств для отбора проб, измерения расходов мелассы и контроля плотности рассиропки.

Ведущий комплекс оборудования в линии предназначен для перегонки и ректификации спирта. В его составе имеются брагоректификационные и ректификационные установки, установки для получения безводного спирта, холодильники и кипятильники брагоперегонных аппаратов, вспомогательное оборудование ректификационных установок, а также оборудование для учета и хранения спирта.

На рис. 2.15 представлена машинно-аппаратурная схема линии производства спирта из крахмалосодержащего сырья с использованием механико-ферментативной обработки.

**Устройство и принцип действия линии.** Измельченное зерно после молотковой дробилки 3 поступает в смеситель 5 через лоток 2, где смешивается с теплой водой температурой 60...65 °С и  $\alpha$ -амилазой ферментативного препарата, поступающего из расходного сборника 1. Соотношение зерна и воды, поступающих в смеситель, составляет 1 : 3, а температура замеса поддерживается на уровне 50...55 °С. Продолжительность пребывания замеса в смесителе 5 составляет 10...12 мин. В смесителе 5 происходит начальная стадия разжижения крахмала и растворения сухих веществ, а также обеспечивается нормальная текучесть массы за счет действия  $\alpha$ -амилазы.

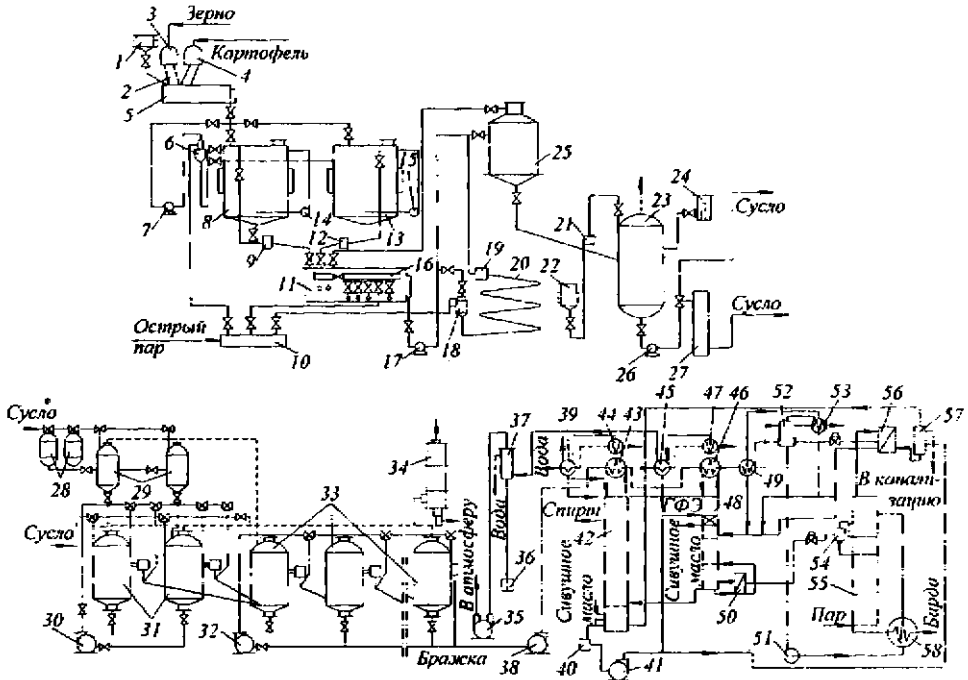


Рис. 2.15 Машинно-аппаратурная схема линии производства спирта этилового  
ректификационного пищевого

При переработке картофеля измельченная на молотковой дробилке 4 картофельная кашка также подается в смеситель 5, где смешивается с ним с жидким ферментным препаратом.

Из смесителя 5 зерновой замес насосом 7 подается на контактную головку 6, где подогревается из распределителя 10 паром до 70...72 °С, и далее в аппараты 8 и 13 гидродинамической и ферментативной обработки I ступени, объем которых обеспечивает выдержку в нем замеса не менее 3,5...4,0 ч. После заполнения аппарата примерно на 1/3 подключается циркуляционный контур, включающий центробежные насосы 14 и 15, обеспечивающие перемешивание массы в аппарате при ее температуре 65...70 °С. Во время гидродинамической обработки сырья происходит дальнейшее разжижение, растворение крахмала и сухих веществ зерна за счет действия  $\alpha$ -амилазы. При переработке измельченный картофель, смешанный с  $\alpha$ -амилазой, закачивается насосом 7 через контактную головку 6 в аппараты 8 и 13. Далее процесс осуществляется по параметрам, применяемым при переработке зерна.

Ферментативно-тепловая обработка сырья осуществляется следующим образом. Замес или картофельная кашка из аппаратов I ступени 8 и 13 с помощью дозировочных устройств 9 и 12 отводится в горизонтальный, разделенный на три отсека аппарат 11 гидродинамической и ферментативной обработки II ступени, снабженный мешалками 16. В первой секции аппарата 11 крахмалосодержащая масса выдерживается при перемешивании 15...16 мин при 65...72 °С, после чего перетекает через переливное отверстие во второй отсек, нагревается в нем острым паром из распре-



делителя 10 до 72...75 °С и выдерживается 15...16 мин. В третьем отсеке температура массы путем подачи в нее пара поднимается до 85...95 °С.

Хорошо разжиженная и гидролизованная крахмалосодержащая масса из аппарата 11 насосом 17 закачивается через трубчатый стерилизатор 20 и регулирующий клапан 19 в паросепаратор 25, из которого отводится на осахаривание. Учитывая, что на заводах часто перерабатывается некачественное дефектное сырье, требующее более высокой температуры стерилизации, предусматривается контактная головка 18. В этом случае вторичный пар из паросепаратора 25 направляется в первый отсек аппарата 11. В процессе осахаривания стерилизованная масса в испарителе-осахаривателе 23 смешивается с глюкоамилазой, поступающей из расходного сборника 22 через дозатор 21, и выдерживается при 55 °С в течение 30...35 мин. Основное количество формалина, подавляющее развитие кислотообразующих бактерий при сбраживании, подается из сборника 24.

Сусло из испарителя-осахаривателя 23 плунжерным насосом 26 закачивается в теплообменный аппарат 27 и после охлаждения до температуры складки 18...20 °С поступает в бродильные аппараты 31 и 33, где сбраживается непрерывно-поточным способом. При этом способе приготовленные в дрожжанках 28 дрожжи поступают во взбраживатель 29, откуда подаются в головной бродильный аппарат 31. Сбраживаемое сусло из головного бродильного аппарата 31 последовательно по переточным трубам поступает в бродильные аппараты 33. Из последнего бродильного аппарата зрелая бражка насосом 38 подается на перегонку в дефлегматор ректификационной колонны 43. Насосами 30 и 32 сусло удаляется из бродильных аппаратов на случай дезинфекции. Из выделившегося при брожении диоксида углерода спирт улавливается в спиртоловушке 34.

Выделение спирта из бражки и очистка спирта-сырца (ректификация) от примесей производится в брагоректификационном вакуумном аппарате, который состоит из трех колонн: брагоэпюрационной 55, эпюрационной 48 и ректификационной 42, теплообменной аппаратуры, сборных емкостей, насосного хозяйства и системы КИПиА.

В дефлегматоре 43 бражка нагревается теплом конденсации спиртовых паров ректификационной колонны 42 до 40...50 °С. Из теплообменника бражка поступает в дефлегматор эпюрационной колонны 46, догревается в нем водно-спиртовыми парами эпюрационной колонны 48 до 50...55 °С и переходит в дополнительный подогреватель бражки 49, где ее температура за счет утилизации тепла не сконденсировавшихся в дефлегматоре-испарителе 56 водно-спиртовых паров брагоэпюрационной колонны 55 доводится до 70...75 °С. Окончательный догрев бражки до 85...90 °С осуществляется в подогревателе бражки 50.

Нагретая бражка из теплообменника 49 поступает в сепаратор 52, освобождается от диоксида углерода в конденсаторе 53 и из него дополнительным насосом 51 подается на верхнюю тарелку брагоэпюрационной колонны 55. Колонна 55 состоит из 34 тарелок, 18 из которых расположены в отгонной части колонны, 11 – в эпюрирующей и 5 (пенулавливающие) – над эпюрирующей частью колонны. Эпюрирующая и отгонная части брагоэпюрационной колонны 55 разграничены между собой цилиндрической обечайкой с патрубком для отбора эпюрированных водно-спиртовых паров.

В эпюрирующей части колонны 55 из бражки отгоняется часть спирта с сопутствующими спирту головными и промежуточными примесями, который в виде па-

рового потока поступает в межтрубное пространство испарителя, испаряет лютерную воду, конденсируется и поступает в коллектор бражного дистиллята 56.

Эпюрированная бражка переходит в отгонную часть брагоэпюрационной колонны 55, где из нее полностью отгоняется спирт. Барда отводится в теплообменник 58, где отдает тепло бражке и охлаждается до 70...75°C. Колонна 55 работает при давлении 150...170 кПа.

Эпюрированные водно-спиртовые пары из брагоэпюрационной колонны 55 через пеноловушку 54 поступают в кипятильник 50, обогревая при этом эпюрационную колонну. Конденсат эпюрированных паров и кипятильника 50 направляется на 10-ю или 15-ю тарелку эпюрационной колонны 48. Бражной дистиллят из коллектора 56 поступает на 20-ю и 25-ю тарелки эпюрационной колонны 48.

Эпюрационная колонна 48 содержит 39 многоколпачковых тарелок, из которых 20...25 работают в режиме выварки примесей, 6...11 – в режиме гидроселекции примесей и 8 – на концентрирование примесей. Работает колонна при давлении 50...65 кПа. Конденсат с дефлегматора 46 и избыток дистиллята из конденсатора 47 и спиртоловушки 45 возвращаются на верхнюю тарелку колонны для ее орошения флегмой. Лютерная вода в колонну 48 подается насосом 41 из сборника лютерной воды 40.

Эпюрат из эпюрационной колонны 48 поступает на 16-ю тарелку ректификационной колонны 42. Ректификационная колонна 42 состоит из 81 многоколпачковой тарелки, 16 из которых работают на отгонку спирта, 10...15 – на пастеризацию спирта и 55 – на укрепление спирта. Колонна снабжена дефлегматором 43, конденсатором 44 и спиртоловушкой 39. Не выделенные в эпюрационной колонне 48 примеси конденсируются в нижней части ректификационной колонны 42 и отводятся с 7...10-й тарелки из паровой фазы. Ректификационная колонна 42 орошается флегмой из дефлегматора и конденсаторов 44 и 39. Отбор ректификационного спирта производится с 72...75-й тарелок ректификационной колонны 42. Ректификационная колонна 42 работает при давлении 50... 70 кПа. Отбор головной фракции этилового спирта производится из дополнительного конденсатора 45 эпюрационной колонны 48, откуда фракция отводится в сборник головных фракций.

Вакуум в колоннах 55, 46 и 42 создается вакуум-насосом 35. В вакуумную систему входит барометрический конденсатор 37, где в качестве абсорбера используется 10-тарельчатый аппарат с многоколпачковыми тарелками. Вода, поступающая на орошение в барометрический конденсатор 37, отводится в сборник барометрической воды 36.



Умение ставить разумные вопросы есть уже важный и необходимый признак ума и прощательности.  
КАНТ ИММАНУИЛ (1724–1804), немецкий философ

## 2.16 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Дрожжи – одноклеточные микроорганизмы, относящиеся к классу грибов сахаромисетов. Дрожжевая клетка содержит в среднем 67 % воды и 33 % сухого вещества. Сухое вещество дрожжевой клетки содержит 37...50 % белков, 35...40 % углеводов, 1,2...2,5 % сырого жира и 6...10 % зольных веществ.

Качество хлебопекарных дрожжей определяется требованиями технологии хлеба. Они должны иметь плотную консистенцию, легко ломаться, обладать серым с желтоватым оттенком цветом и характерным дрожжевым запахом, пресным вкусом, содержание влаги не более 75 %, кислотность (в пересчете на уксусную кислоту) не более 120 мг на 100 г дрожжей в день выработки и не более 360 мг спустя 12 сут. Стойкость при температуре 35 °С дрожжей, выработанных на дрожжевых заводах, не менее 60 ч, а на спиртовых – 48 ч, подъемная сила (подъем теста до 70 мм) – не более 70 мин.

Предусматривается выпуск сушеных хлебопекарных дрожжей высшего и 1 сортов в виде гранул, вермишели, крупы или порошка от светло-желтого до светлорыжичного цвета. Содержание влаги в дрожжах высшего сорта – 8 %, в дрожжах 1 сорта – 10 %. Подъем теста до 70 мм для высшего сорта – 70 мин, для 1 сорта – 90 мин. Сохранность со дня выработки составляет для сушеных дрожжей не менее 12 мес для высшего сорта и 5 мес для 1 сорта.

Показатели качества дрожжей, дрожжевого молока (водной суспензии): концентрация дрожжей – не менее 450 г/л в пересчете на влажность 75 %, подъемная сила не более 75 мин, кислотность не более 120 мг на 100 г дрожжей в день выработки и не более 360 мг через 72 ч.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Дрожжевое производство основано на способности дрожжевых клеток (микроорганизмов) расти и размножаться. В основе технологии хлебопекарных дрожжей на дрожжевых заводах лежат биохимические процессы, связанные с превращением питательных веществ культуральной среды при активной аэрации в клеточное вещество дрожжей. При аэрации дрожжи окисляют сахар питательной среды до воды и диоксида углерода (аэробное дыхание). Выделившаяся при этом тепловая энергия используется дрожжами для синтеза клеточного вещества и обменных процессов. В аэробных условиях в субстрате накапливаются значительно большие биомассы, чем при анаэробном дыхании.

Состав и концентрация питательной среды для культивирования дрожжей обуславливает скорость их размножения и конечный выход продуктов. Для конструктивного и энергетического обмена дрожжей используют сахара, азотистые соединения, зольные элементы и кислород воздуха.

Хлебопекарные дрожжи культивируют на мелассных средах, разбавленных водой. Сахар такой среды легко усваивается дрожжами. Теоретический выход биомассы дрожжей с 75%-ным влагосодержанием находится в пределах 97...117 % по отношению к массе мелассы, содержащей 46 % сахара. В заводских условиях выход дрожжей составляет лишь 68...92 %.

Дрожжи используют в хлебопечении в качестве возбудителя спиртового брожения и разрыхлителей теста. Их применяют также для получения кваса, витаминов, лекарственных препаратов и питательных сред. На дрожжевых заводах вырабатывают прессованные и сушеные дрожжи, а также дрожжевое молоко. На мелассно-спиртовых заводах получают только прессованные дрожжи. Жидкие дрожжи и хлебные закваски готовят непосредственно на хлебозаводах.

На мелассно-спиртовых заводах вырабатывают 15 % хлебопекарных дрожжей от общего их выпуска. Эти дрожжи получают в качестве отходов производства при сепарации зрелой спиртовой бражки, в 1 м<sup>3</sup> которой содержится 18...35 кг дрожжей. Выход прессованных дрожжей составляет до 3,5 кг на 1 дал спирта. Себестоимость хлебопекарных дрожжей, получаемых на спиртовых заводах, на 30 % ниже, чем на дрожжевых.

**Стадии технологического процесса.** Процесс получения хлебопекарных дрожжей на дрожжевых заводах складывается из следующих стадий:

- подготовка питательной среды;
- выращивание дрожжей;
- выделение дрожжей из бражки;
- формование и улаковывание дрожжей;
- сушка дрожжей (при необходимости).

Получение дрожжей из спиртовой бражки на спиртовых заводах состоит из стадий:

- выделение дрожжей из зрелой бражки сепарированием;
- промывание и концентрирование дрожжевой суспензии;
- дозревание дрожжей;
- окончательное промывание и концентрирование дрожжей;
- прессование, формование и упаковка дрожжей;
- хранение.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для обработки сырья, состоящего из аппаратов для приготовления питательных сред, сепараторов-кларификаторов для мелассы и пароконтактных установок для стерилизации.

Ведущий комплекс линии представляют дрожжерастильные аппараты, снабженные азрационной системой для насыщения суспензии кислородом, и воздуходувные машины.

Следующий комплекс линии состоит из аппаратов для выделения дрожжей, в составе которого имеются дрожжевые сепараторы, фильтр-прессы и барабанные вакуум-фильтры.

Наиболее энергоемким комплексом оборудования линии являются сушильные установки, представленные конвейерными ленточными сушилками, установками с виброкипящим слоем, а также вакуумными и сублимационными сушилками.

Завершающий комплекс оборудования линии состоит из машин для формования и завертывания брикетов дрожжей.

На рис. 2.16 представлена машинно-аппаратурная схема линии производства хлебопекарных дрожжей.

**Устройство и принцип действия линии.** Меласса поступает на заводы в железнодорожных цистернах 1. Ее сливают в промежуточный сборник 2 и перекачивают шестеренным насосом 40 в сборник 3, установленный на весах 4. Меласса через промежуточный сборник 5 перетекает в мелассохранилище 6. Через промежуточный сборник 7 меласса поступает в смеситель 8, где ее разбавляют водой, подкисляют и далее насосом 20 перекачивают в стерилизатор 9. Далее меласса поступает на охлаждение в теплообменник 10 и на очистку в кларификатор 11. Очищенная разбавленная меласса разделяется на два потока, один из которых поступает в приточный аппарат 12 питательной среды для получения дрожжей ЧК и ЕЧК, а другой – в аппарат 13 для получения двух стадий товарных дрожжей. Из сборника 14 вода, согласно, технологическому регламенту направляется в различные аппараты (15...19, 21, 22 и др.). В цехе чистых культур дрожжей питательная среда стерилизуется в стерилизаторе 15, после чего поступает в инокуляторы чистых культур: малый 16 и большой 17.

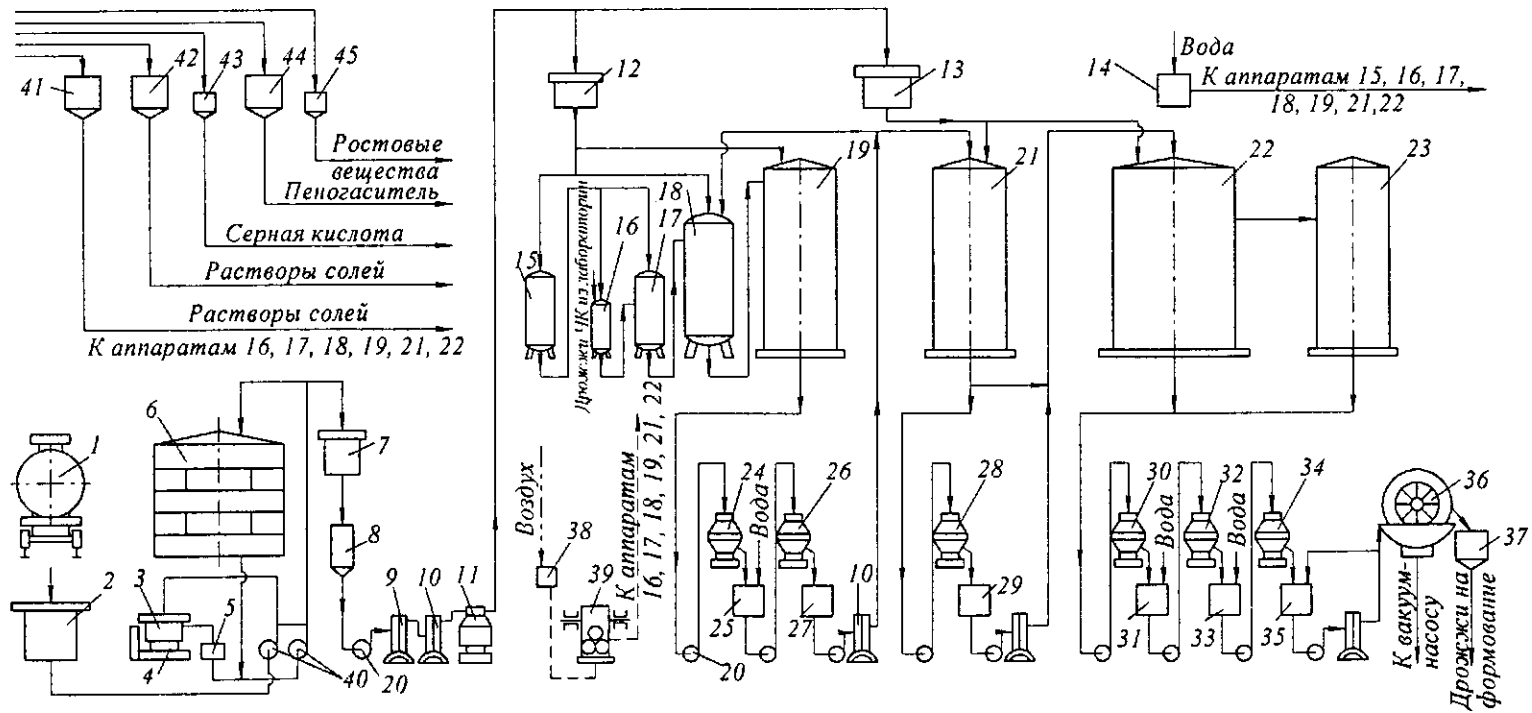


Рис. 2.16 Машинно-аппаратурная схема линии производства хлебопекарных дрожжей

Чистые культуры дрожжей выращивают последовательно на двух стадиях в дрожжерастительных аппаратах. Дрожжи чистых культур ЧК-1 и ЕЧК-1 направляют в дрожжерастительный аппарат 18, а дрожжи чиста культур ЧК-2 и ЕЧК-2 – в аппарат 19. Естественно-чистая культура 1 дрожжевым насосом подается на концентрирование в сепаратор 24 и далее в промежуточный сборник 25. На второй стадии концентрирования для этих дрожжей используют сепаратор 26, сборник концентрата 27.

После охлаждения в теплообменнике 10 дрожжевое молоко поступает в дрожжерастительный аппарат 21 на первую стадию выращивания товарных дрожжей. Из этого аппарата дрожжевая масса со значительно большей концентрацией микроорганизмов через сепаратор 28, сборник концентрата товарных дрожжей 29 насосом подается в теплообменник-охладитель и далее в дрожжерастительный аппарат 22 на вторую стадию получения товарных дрожжей. Из аппарата 22 дрожжи поступают в отборочный аппарат 23. Сгущение товарных дрожжей идет последовательно на трех стадиях в сепараторах 30, 32 и 34. На первых двух стадиях дрожжевую массу промывают водой и направляют последовательно в сборники 31 и 33. Сгущенное дрожжевое молоко сборника 35 после охлаждения насосом перекачивается на вакуум-фильтр 36. Далее прессованные дрожжи из сборника 37 поступают на автоматизированные линии для формования и фасования. Воздух – важный технологический фактор в производстве хлебопекарных дрожжей. Очищенный на фильтре 38 воздух с помощью воздуходувной машины 39 возвращается обратно в технологический цикл (16...19, 21, 22). Отработанный воздух, содержащий CO<sub>2</sub> и другие примеси, выводится из аппаратов в атмосферу. Станции питательных веществ, пеногасителей, растворов антисептиков оборудованы специальными сборниками-мерниками 41...45. Из этих мерников растворы указанных веществ направляют в аппараты 16...22.



Природа - не храм, а мастерская и человек  
в ней работник.  
ТУРГЕНЕВ ИВАН СЕРГЕЕВИЧ (1818-1883).  
русский писатель

## 2.17 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Ферментные препараты представляют собой концентраты ферментов, полученные с помощью микроорганизмов, содержащие в своем составе наряду с ферментами балластные вещества. Ферментные препараты применяют в пищевых производствах как катализаторы соответствующих биохимических процессов.

В качестве продуцентов ферментов используют разнообразные источники: растения, животные ткани и микроорганизмы. Основные промышленные микроорганизмы для производства ферментных препаратов — это микроскопические грибы рода *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium* и другие, а также бактерии рода *Bacillus* и актиномицеты. Они являются активными синтезаторами амилолитических, протеолитических, пектолитических и других ферментов.

Способностью активно продуцировать целлюлолитические ферменты обладают представители ряда несовершенных грибов родов *Alternaria*, *Trichoderma*, *Fusarium* и др. Важным требованием к применяемому продуценту является его способность к

образованию большого количества какого-либо одного фермента при незначительном количестве других ферментов.

Микроорганизмы культивируют на средах, богатых углеводами, азотистыми и минеральными веществами, витаминами. В производстве ферментных препаратов используют синтетические и комплексные среды, являющиеся смесью синтетических сред с естественными материалами растительного, животного и микробного происхождения.

Синтетические среды готовят из различных минеральных солей и органических соединений, являющихся источником углерода – углеводов, спиртов, органических кислот. В качестве естественных материалов применяют отходы пищевых производств: отруби, мелассу, жмыхи, кукурузный экстракт, солодовые ростки, пивные дрожжи, зерно-картофельную барду и др.

Для накопления ферментов в культуральной среде необходимо обеспечить оптимальные условия для их синтеза: состав среды, температуру, значение pH, снабжение клеток кислородом воздуха. Для нужд пищевой промышленности вырабатываются амилалитические ферментные препараты Амилоризин П10Х и Амилосубтилин Г10Х. Препараты представляют собой тонкоизмельченные порошки бежевого или светло-серого цвета влажностью не более 13 %. Они хорошо растворимы в воде, без постороннего запаха и вкуса. В состав Амилоризина П10Х входит комплекс ферментов с преобладающим действием  $\alpha$ -амилазы. В качестве сопутствующих имеются протеолитические ферменты, мальтаза,  $\alpha$ -эндополиглюканаза и др.

Стандартные уровни ферментативной активности промышленного ферментного препарата (ФП) Амилоризин П10Х составляют, ед/г, не менее: амилалитическая способность (АС) – 2000; осаживающая способность (ОС) – 1000; протеолитическая активность (ПА) – 30 при pH 4,7...5,4 и температуре 40...45 °С.

Амилосубтилин Г10Х представляет собой очищенный ФП, образуемый *Bac. subtilis*. Препарат содержит  $\alpha$ -амилазу,  $\alpha$ -глюканазу и протеазу. АС этого препарата не менее 3000 ед/г, а ПА – не более 2 ед/г. Оптимальные для действия Амилосубтилина Г10Х условия: pH 6,0...6,3; температура 50...55 °С. Бактериальная  $\alpha$ -амилаза по сравнению с грибной обладает более высокой термостабильностью.

Протосубтилин Г10Х отличается высокой протеолитической активностью. Это порошок светло-серого или светло-бежевого цвета с влажностью не более 13 %, характеризуется ПА не менее 70 ед/г.

Протеолитические ферментные препараты используют в мясной промышленности для мягчения мяса, придания ему нежного вкуса и консистенции; в молочной промышленности – для получения гидролизатов белков молока, в пивоварении – для стабилизации пива от помутнения и др.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Применяют два способа выращивания продуцентов ферментов: поверхностный и глубинный.

Поверхностный способ предусматривает выращивание микроорганизмов на поверхности твердых, жидких, полужидких или сыпучих материалов. Этот способ создает хорошие условия для максимального контакта микроорганизмов с кислородом воздуха. Его используют в основном при выращивании мицелиальных грибов.

Глубинный способ предусматривает выращивание микроорганизмов на жидких средах. Этот способ применяют преимущественно при использовании в качестве продуцентов ферментов бактерий и других микроорганизмов, способных интенсивно развиваться в условиях недостаточного контакта клеток с кислородом. Он может

быть применен и для культивирования аэробных микроорганизмов, какими являются плесневые грибы и некоторые бактерии, но для этого необходимо интенсивно аэрировать среду.

При поверхностном способе культивирования оптимальная температура для развития мицелиальных грибов 28...30 °С, бактерий 32...38 °С, относительную влажность воздушной среды на поверхности субстрата необходимо поддерживать в пределах 60...70 %. Обязательным условием этой технологии является аэрация растительной камеры.

Микроорганизмы синтезируют различные ферменты в определенной последовательности. Так, например, при использовании грибов *Asp. oryzae* максимальное количество амилазы накапливается за 21...30 ч, образование же цитолитических ферментов начинается значительно позже и для максимального накопления этих ферментов требуется увеличить длительность культивирования до 48 ч.

Регулируя состав питательной среды, условия и длительность культивирования, можно достичь преобладающей активности одного фермента в комплексе ферментов препарата. Температура культивирования зависит от видовых особенностей микроорганизмов и колеблется в широких пределах. Для равномерного распределения клеток по объему аппарата, улучшения их контакта с питательными веществами, обеспечения отвода от клеток продуктов их жизнедеятельности осуществляют перемешивание культуральной среды.

При получении культуры поверхностным способом ферменты из питательной среды экстрагируют водой, отделяют экстракт от твердой фазы, сгущают до концентрации сухих веществ 50 % или высушивают.

При глубинном культивировании отделяют клетки микроорганизмов от культуральной жидкости фильтрацией или центрифугированием. Фильтрат или центрифугат сгущают до концентрации сухих веществ 40 % или высушивают.

Полученные таким образом технические ферментные препараты могут использоваться в жидком виде или в виде порошка. Для очистки ферментов применяют осаждение их из водных растворов органическими растворителями такими, как метиловый, этиловый, изопропиловый спирты, ацетон; высаливание сульфатами аммония, натрия, цинка, хлоридом натрия; фракционирование. Высушивание предварительно очищенных и сконцентрированных препаратов осуществляют в распылительных сушилках или методом сублимации.

Наименование ферментных препаратов сочетает в себе сокращенное название основного фермента, активность которого в препарате преобладает, и видовое название микроорганизма-продуцента. Так, препарат, в котором преобладающим ферментом является амилаза, синтезированная мицелиальным грибом *Asp. oryzae*, называют амилоризином, если применялась культура *Bac. subtilis* – амилосубтилином.

В наименовании препарата отражаются способ культивирования микроорганизмов, степень очистки препарата и степень концентрирования ферментов. С этой целью после наименования препарата ставится индекс. Например, Амилоризин П10Х или Амилосубтилин Г20Х. В индексе буква П означает, что препарат получен поверхностным способом культивирования, а буква Г – глубинным. Буква Х условно обозначает количество фермента в стандартной (обладающей строго определенной активностью на единицу массы), глубинной или поверхностной культурах. Цифра перед буквой Х отражает степень очистки препарата.



**Стадии технологического процесса.** Ввиду перспективности остановимся на глубинном способе культивирования. Производство ферментных препаратов глубинным способом на жидких питательных средах можно разделить на следующие стадии:

- приготовление, стерилизация и охлаждение питательной среды;
- приготовление посевного материала и выращивание производственной культуры;
- отделение и сушка биомассы;
- фасовка отходов и отделение фильтрата;
- концентрирование и сушка концентрата;
- осаждение, сушка и стандартизация препарата;
- фасование препарата.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования, в состав которого входят циклон-разгрузитель, экстракторы, стекатель, шнек-пресс, ленточный вакуум-фильтр, смеситель, а также нагревательная колонка, выдерживатель и теплообменники.

В состав линии входит комплекс оборудования, состоящий из инокулятора и ферментатора.

Следующий комплекс оборудования представляют камерный фильтр-пресс и барабанная сушилка.

Далее следует комплекс оборудования для фасования и упаковывания ферментных препаратов, а также сепараторы.

Ведущим является комплекс оборудования, включающий вакуум-выпарные аппараты и распылительные (сублимационные) сушилки.

Завершающий комплекс оборудования линии состоит из установки непрерывного осаждения, аппарата обсушки препарата, центрифуги, барабанной вакуум-сушилки, установки для измельчения и смешивания.

Финишным комплексом оборудования являются фасовочные машины.

Машинно-аппаратурная схема линии производства ферментных препаратов глубинным способом на жидких питательных средах представлена на рис. 2.17.

**Устройство и принцип действия линии.** В соответствии с компонентным составом питательных сред производят их предварительную подготовку и смешивание. Например, для получения питательной среды используют свекловичный жом, который через циклон-разгрузитель 1 и циклон чистки воздуха 2 направляется на весы 3 и далее в экстрактор 4 свекловичного жома.

Полученный экстракт насосом перекачивается в стекатель 5, шнек-пресс для отжима 6 и далее в смеситель 20, куда подводят питание соли и остальные компоненты с таким расчетом, чтобы при последующем соединении этих растворов была достигнута требуемая регламентом концентрация в среде.

Солодовые ростки из бункера 8 взвешиваются на весах 10 и винтовым гибким подъемником 9 направляются в экстрактор 11 и далее в ленточный вакуум-фильтр 12, откуда промывные воды отводятся в ресивер 13, а осадок спускается в бункер 14. Над вакуум-фильтром 12 размещены барометрический конденсатор 16 и ловушка 17, а ниже установлен барометрический ящик 18. Полученный экстракт солодовых ростков из ресивера для фильтрата 15 насосом через приемник 19 закачивается в смеситель 20. Приготовленные смеси поступают в сборник питательной среды 21, а далее в стерилизатор 23, выдерживатель 24 нагрева питательной среды до 130 °С и на охлаждение среды в теплообменники 25 и 26, откуда охлажденная питательная среда поступает в ферментатор 33, заполняя его на 70...75 %.

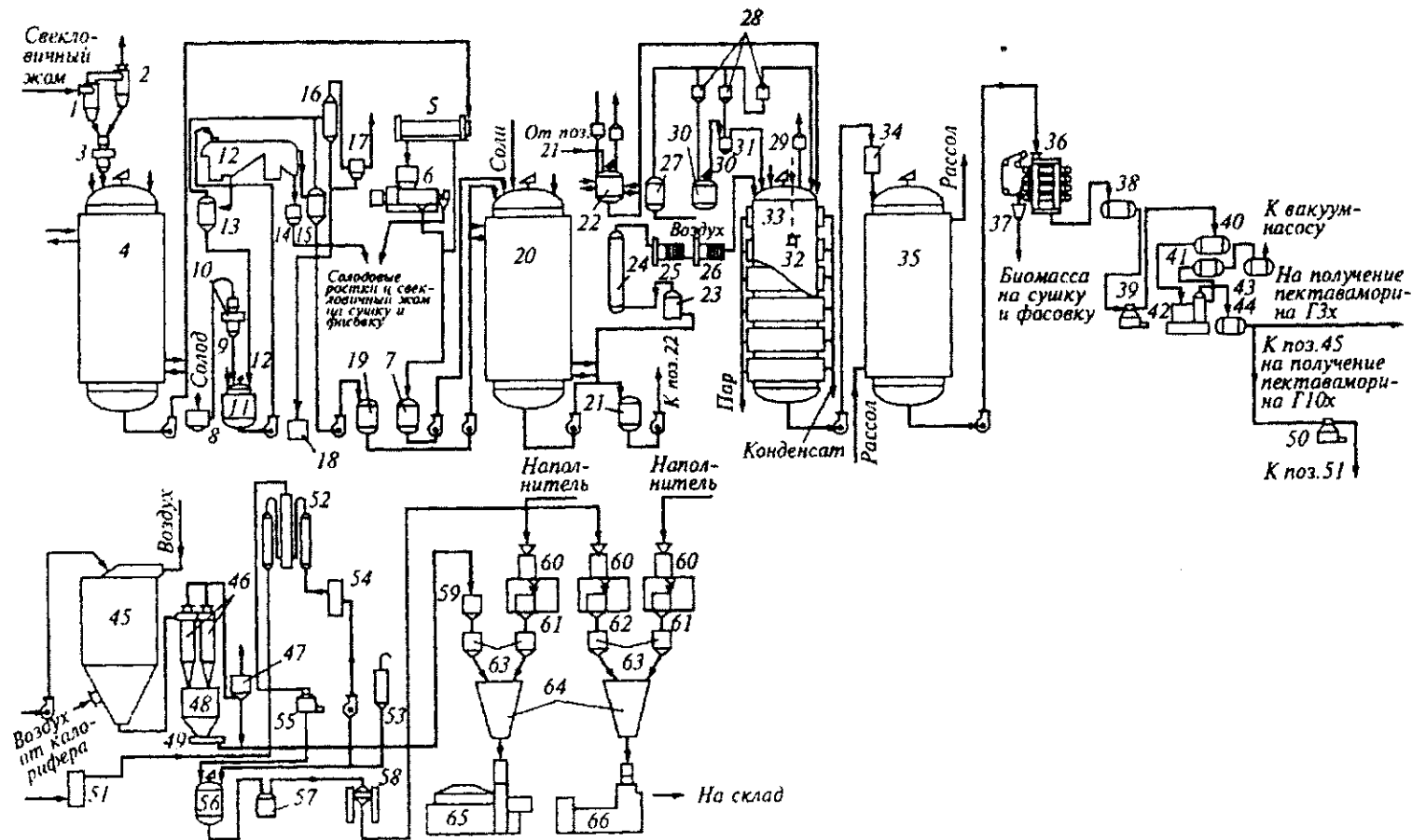


Рис. 2.17 Машинно-аппаратурная схема линии производства ферментных препаратов на жидких питательных средах глубинным способом

Для начала ферментации в среду вводят посевной материал. Приготовление посевного материала осуществляется в аппарате 22, откуда он направляется в ферментатор 33 с форсуночным разбрызгивателем 32. Здесь же установлены фильтры 27, 28 и 29 для очистки воздуха, а также стерилизатор пеногасителя 30 с мерником 31. Забираемый из атмосферы воздух очищается от грубой взвеси, сжимается и охлаждается.

Длительность культивирования зависит от продуцента и условий введения в процесс питательных веществ. Готовую культуральную жидкость, содержащую биомассу продуцента, твердую взвесь среды и всю сумму веществ насосом подают через теплообменник 34 для охлаждения и далее в сборник 35.

После окончания ферментации отделение биомассы от культуральной жидкости происходит в камерном фильтр-прессе 36, откуда биомасса через бункер 37 направляется на сушку и фасовку, а отделенная в сборнике 38 культуральная жидкость – на сепараторы 39, 50 и 55. После сепаратора концентрат поступает в теплообменник 51 для охлаждения.

Перед выпариванием культуральная жидкость подогревается до температуры 95...100 °С и далее поступает в вакуум-выпарной аппарат 42, а конденсат из конденсатора 41 отводится в сборник 43. После выпаривания культуральная жидкость с содержанием сухих веществ около 40 % представляет собой жидкий концентрат, который перекачивается в сборник 44. Концентрат культуральной жидкости может быть высушен в распылительной или сублимационной сушилке 45 и через циклон 46 и рукавный фильтр 47 направлен в бункер 48 высушенного препарата.

Шнековым транспортером 49 ферментный препарат транспортируется в установку непрерывного осаждения 52 этанолом, куда из мерника 53 через теплообменник для охлаждения спирта 54 подается спирт. Осажденный препарат поступает в аппарат для отсушки ферментного осадка 56, откуда после центрифугирования на центрифуге 57 препарат направляется на барабанную вакуум-сушилку 58.

Высушенный препарат собирают в бункере 59, измельчают на измельчителе 60 и направляют в бункер 61, добавляют наполнитель из бункера 62, взвешивают на весах 63 и направляют в смеситель 64. Фасование ферментных препаратов производят в фасовочных машинах 65 и 66 порциями по 17 или по 0,5 кг.



Есть... принцип в жизни и науке, который определяет лицо ученого. Это – уважение и любовь к своим учителям. Клятва Гиппокрита, которая определяет принципы врача, начинается именно с этого: «... считать научившего меня врачебному искусству наравне с моими родителями...».  
ЧАЗОВ ЕВГЕНИЙ ИВАНОВИЧ (р. 1929),  
ученый-кардиолог, академик РАН, РАМН

## 2.18 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПАСТЕРИЗОВАННОГО ПИТЬЕВОГО МОЛОКА И СЛИВОК

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Молоко – биологическая жидкость, секрет, вырабатываемый молочной железой млекопитающих животных.

В пищу чаще всего применяют коровье молоко. Натуральное сырое коровье молоко содержит многие необходимые организму человека вещества: молочный жир 2...6 %, белки 2...5 %, молочный сахар (лактозу) 4,3...5,3 %, минеральные вещества

в виде солей кальция, магния, калия, натрия и др. – 0,6...0,9 %, витамины, микроэлементы, различные ферменты и воду 85...89 %.

*Молоко* представляет собой сложную коллоидно-химическую систему. Находящиеся в нем вещества имеют частицы разных размеров и разной природы. Так, сахар и часть солей молока растворены в воде до мельчайших частиц не более 1 мкм. Белки и часть других солей образуют коллоидный раствор с более крупными частицами от 1 до 100 мкм. Жир в теплом молоке находится в состоянии эмульсии, а в холодном молоке в состоянии суспензии. Жировые шарики в молоке адсорбируют белки и имеют размер от 1 до 20 мкм.

Питьевое молоко как товарную продукцию разделяют по видам исходного сырья, содержания жира и сухих веществ, а также по видам бактерицидной обработки.

По видам исходного сырья выпускают натуральное, восстановленное и белковое молоко. Натуральное молоко вырабатывают из заготавливаемого сырого молока. Восстановленное молоко получают из сухого молока, изготовленного на предприятиях молочноконсервной отрасли. Белковым называют молоко, содержащее сухие обезжиренные добавки, выработанные из молока. Кроме того, в молоко могут добавлять витамин С, кофе и какао.

По содержанию жира молоко может быть натуральным, с массовой долей жира не менее 3,2 % или нормализованным с рецептурным жировым составом. Нормализованное молоко выпускают нежирным или с массовой долей жира 1,5; 2,5; 3,2; 3,5; 6,0 %.

Молоко – скоропортящийся продукт, представляющий собой чрезвычайно благоприятную среду для размножения микроорганизмов, вызывающих кислотомолочное брожение. Степень этого брожения оценивают показателем кислотности молока, измеряемым в градусах Тернера. Молоко кислотностью выше 22 °Т при нагревании скисает (свертывается).

В молоке возможно наличие болезнетворных микроорганизмов, поэтому питьевым может быть только молоко, подвергнутое тепловой бактерицидной обработке: пастеризации или стерилизации.

*Сливки* – жидкообразная густая масса, образованная в результате частичного или полного выделения из натурального молока жиросодержащей фракции с пониженной плотностью. В отличие от натурального молока в сливках содержится больше жира, сухих веществ, а также жирорастворимых витаминов.

Сливки используют при нормализации молока, производстве сметаны, сливочного масла, кремов и других молочных продуктов с повышенным содержанием жира.

Для непосредственного употребления в пищу вырабатывают питьевые пастеризованные и стерилизованные сливки. Пастеризованные сливки выпускают с массовой долей жира 10, 20 и 35 %, а стерилизованные – 10 %.

Основными показателями молока как объекта технологической переработки являются состав, степень чистоты, органолептические, физико-механические свойства, а также наличие в нем болезнетворных микробов и токсических веществ.

Молоко сырое при сдаче-приемке на предприятиях молочной промышленности должно иметь температуру не выше +10 °С, плотность не менее 1027 кг/м<sup>3</sup>, а также нормативные значения других показателей: кислотности, степени чистоты по эталону, массовых долей жира, белка и сухих веществ, бактериальной обсемененности и содержанию соматических клеток.

В зависимости от этих показателей качества молоко сырое подразделяют на три сорта: высший, первый и второй, каждый из которых учитывается и перерабатывается отдельно.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Предприятия молочной промышленности размещаются, как правило, вблизи молочных животноводческих ферм.

Молочная промышленность подразделяется на четыре отрасли:

- цельномолочная для производства питьевого молока, кисломолочных продуктов, сливок, сметаны, творога и др.;
- маслодельная для производства сливочного масла;
- сыродельная для производства сычужных твердых, полутвердых и мягких сыров, рассольных сыров и брынзы;
- молочноконсервная для производства сгущенных молока или сливок, сгущенного молока с какао, кофе и др.

Во всех перечисленных производствах молоко подвергают механической и тепловой обработке.

Механическая обработка заключается в очистке, сепарировании, нормализации и гомогенизации молока.

*Очистку* молока проводят в два этапа:

- предварительная очистка при приеме холодного сырого молока от механических примесей с помощью фильтров;
- очистка нормализованного молока, подогретого до температуры 35...45 °С. от мельчайших частиц загрязнений, в том числе частицы бактериального происхождения и нетермостойких скоагулированных белковых частиц, с помощью центробежных сепараторов-молокоочистителей.

*Сепарирование* – это процесс разделения цельного молока на сливки (с требуемой массовой долей жира) и обезжиренное молоко. На процесс сепарирования существенное влияние оказывают температура и кислотность молока. Оптимальная температура сепарирования 35...45 °С. Нарастание кислотности затрудняет процесс сепарирования молока.

Обезжиренное молоко содержит менее 0,1 % жира и все остальные составные части натурального сырого молока, кроме жирорастворимых витаминов. Влажность этого молока 91,4 %.

Обезжиренное молоко используется для выработки продуктов (творог нежирный, молоко нежирное сгущенное, молоко сухое обезжиренное), для нормализации молока и для производства закваски.

*Нормализация* состоит в регулировании массовой доли жира и сухих веществ в используемом сырье. Нормализацию молока по жиру осуществляют с таким расчетом, чтобы в готовом продукте массовая доля жира была не более значения, предусмотренного стандартом.

Молоко по жиру нормализуют следующим образом:

- сепарируют часть молока в сепараторах-сливкоотделителях или в сепараторах-нормализаторах с целью отбора сливок или обезжиренного молока при сепарировании;
- добавляют к натуральному молоку обезжиренное молоко;
- добавляют к обезжиренному молоку сливки.

*Гомогенизация* – это процесс дробления (диспергирования) жировых шариков при воздействии на молоко внешних усилий, вызванных перепадом давления. Жиры в молоке находятся в виде эмульсии: множество жировых шариков, взвешенных в плазме молока. Чем меньше жировые шарики, тем выше вкусовые достоинства молочных продуктов, жиры лучше усваиваются организмом человека, а также повышается стойкость продукта от расслоения.

Гомогенизация молока и сливок используется в технологических процессах производства питьевого пастеризованного молока, сливок, кефира, сметаны, творога и др.

В зависимости от вида обрабатываемого продукта поддерживают оптимальный режим гомогенизации по температуре и величине давления в клапане гомогенизатора.

Тепловая обработка молока заключается в охлаждении, пастеризации и стерилизации.

*Охлаждение* молока производят с целью сохранения его качества и ограничения роста количества микроорганизмов перед переработкой или употреблением в пищу. Молоко является хорошей средой для молочнокислых, болезнетворных и других бактерий, попавших в молоко из окружающей среды. Рост и развитие молочнокислых бактерий, вызывающих сквашивание молока, приостанавливаются при температуре около 10 °С и прекращается при 2...4 °С. Однако приостановить развитие всех микроорганизмов в молоке можно только их замораживанием. Поэтому охлажденное молоко обычно хранится не более 10 ч.

*Пастеризация* – нагревание и выдержка молока при повышенной температуре, обеспечивающей требуемый бактерицидный эффект. Пастеризация предназначена для уничтожения вегетативных форм микроорганизмов, находящихся в молоке (возбудители кишечных заболеваний, бруцеллеза, туберкулеза, ящура и др.), сохраняя при этом его биологическую и питательную активность, в том числе витамины. Однако при пастеризации разрушается большинство ферментов.

Температура и продолжительность нагрева являются основными факторами, определяющими эффективность пастеризации. В зависимости от этих факторов различают следующие режимы пастеризации:

- длительный – продолжительность выдержки 10...15 мин при температуре  $87 \pm 2$  °С (кефир, сметана);
- кратковременный – продолжительность выдержки 20...30 с при температур  $76 \pm 2$  °С (молоко пастеризованное, творог, молоко нежирное сгущенное с сахаром);
- моментальный – продолжительность выдержки 4...8 с при температуре  $90 \pm 2$  °С (молоко цельное сгущенное с сахаром, какао или кофе со сгущенным молоком и сахаром, молоко сухое цельное и обезжиренное, сливки сухие).

При пастеризации молока уничтожается не менее 99,9 % микрофлоры, однако в нем сохраняются споровые формы микроорганизмов и часть термофильной микрофлоры.

*Стерилизация* – тепловая обработка молока при температуре более 100 °С с последующей его выдержкой. При стерилизации молока уничтожается как вегетативные, так и споровые формы микроорганизмов. Кроме этого стерилизованные продукты приобретают определенную стойкость при хранении.

Недостатком стерилизованного молока является то, что его пищевая и биологическая ценность ниже, чем пастеризованного. В частности, при стерилизации разрушаются некоторые витамины.

Тепловую обработку также применяют для преобразования биохимических свойств молока при производстве топленого молока.

**Стадии технологического процесса.** Производство питьевого пастеризованного коровьего молока и сливок состоит из следующих стадий и основных операций:

– приемка молока, сортирование по качеству и измерение количества принятого молока;

- очистка от механических примесей и охлаждение сырого молока;
- нагревание и сепарирование молока;
- дозирование различных фракций молочной смеси и нормализация молока;
- очистка подогретого нормализованного молока и его гомогенизация;
- пастеризация и охлаждение молока и сливок;
- фасование молока в потребительскую и транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия производства пастеризованного молока начинается с комплекса оборудования для подготовки сырого молока к переработке, включающего самовсасывающие насосы, счетчики-расходомеры, фильтры, охлаждательную установку и резервуары для хранения молока.

Ведущим в линии является комплекс оборудования для образования нормализованного молока и сливок, включающий насосы, сепаратор-нормализатор и гомогенизатор.

В завершающий комплекс получения готовой продукции входят пластинчатые пастеризационно-охладительные установки, резервуары для хранения охлажденного пастеризованного молока и сливок, фасовочные машины.

Топленое молоко получают с помощью комплекса оборудования, в который входят трубчатая пастеризационная установка, резервуар для выдержки молока и пластинчатая охлаждательная установка.

Машинно-аппаратурная схема линии производства питьевого молока и сливок показана на рис 2.18.

**Устройство и принцип действия линии.** Доставка молока, поступающего на предприятия молочной промышленности для переработки, осуществляется с помощью молочных автомобильных цистерн. После проверки качества молоко с помощью центробежных самовсасывающих электронасосов 1 отбирается через трубопровод с установленным на нем счетчиком-расходомером 2 и фильтром 3. В отличие от других центробежных насосов самовсасывающий снабжен воздухоотделителем, обеспечивающим работу насосов без залива всасывающего трубопровода.

Счетчик-расходомер 2 предназначен для измерения объема и массы молока и молочных продуктов. По результатам измерения производится вычисление объемного расхода и объема, а при наличии информации о плотности среды – массового расхода и массы. Учет принимаемого молока проводят в весовых единицах измерения (кг). При приемке молока по объему делают перерасчет объемных единиц в весовые в зависимости от его плотности.

Масса принимаемого молока может измеряться также с помощью емкостей с тензометрическим устройством или путем использования тарированных емкостей.

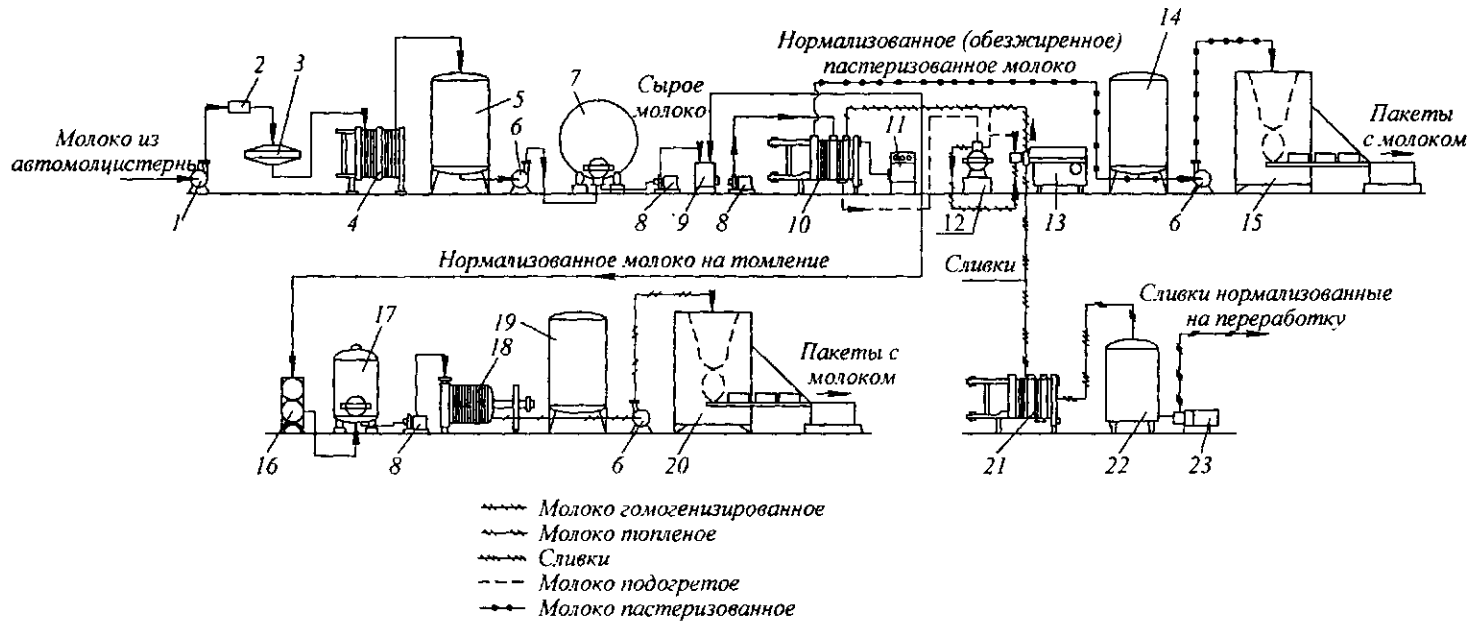


Рис. 2.18 Машинно-аппаратурная схема линии производства пастеризованного питьевого молока и сливок



Молоко очищается от механических примесей фильтром 3. Сразу после очистки сырое молоко охлаждают на пластинчатой охладительной установке 4. Она предназначена для охлаждения молока в непрерывном тонкослойном потоке при автоматическом регулировании процесса, что исключает выход недоохлажденного молока.

Пластинчатый аппарат установки 4 состоит из двух теплообменных секций. В первой секции циркулирует вода с температурой 8...13 °С, а во второй – рассол с температурой – 5 °С. Молоко после прохождения через секции охлаждается до температуры 4...6 °С и поступает в резервуар 5. В нем сырое молоко может храниться не более 12 ч.

Производство питьевого молока начинается с загрузки сырого молока насосом 6 в производственный резервуар 7. В последний для приготовления белкового молока могут дозировать сухое молоко или другие добавки. Затем молоко подают насосами – дозаторами 8 через уравнильный бачок 9 на тепловую и механическую обработку.

В линиях производительность 10 и 15 т/ч проводят нормализацию молока в потоке. Для этого в секции рекуперации пластинчатой пастеризационно-охладительной установки 10 сырое молоко нагревают до температуры 40...45 °С и подают в сепаратор-нормализатор 12, в котором непрерывная нормализация молока совмещается с очисткой его от механических примесей. В сепараторе 12 натуральное молоко разделяется на две фракции: нормализованное молоко и сливки.

Нормализованное молоко поступает во вторую секцию рекуперации установки 10. Последняя снабжена пультом управления 11 со стабилизатором потока, обеспечивающим равномерность подачи молока в пластинчатый аппарат. Из установки 10 нормализованное молоко нагнетается в гомогенизатор 13. При получении питьевого молока нормализованное молоко гомогенизируют при температуре 45...65 °С и давлении в клапане гомогенизатора 10...15 МПа.

Из гомогенизатора 13 молоко возвращается в пастеризационно-охладительную установку 10 для пастеризации при температуре 74...78 °С с продолжительностью выдержки 20 с и последующим охлаждением до 4...8 °С.

Охлажденное пастеризованное молоко подается в промежуточный резервуар 14, хранение в котором допускается не более 6 ч. Из резервуара 14 молоко перекачивают в приемный бункер фасовочной машины 15 и упаковывают в потребительскую тару.

Для получения топленого молока нормализованное молоко подогревают до 70...85 °С в пастеризационно-охладительной установке 10 и обрабатывают в гомогенизаторе 13. Затем молоко нагнетают в трубчатую пастеризационную установку 16, обеспечивающую нагревание до 95...99 °С, а затем в резервуар 17.

При выдержке молока в резервуаре 17, снабженном мешалкой, происходит процесс топления. Для молока с массовой долей жира 4 и 6 % продолжительность топления 3...4 ч, для молока нежирного с массовой долей жира 1 % – 4...5 ч. Чтобы предотвратить образование на поверхности слоя жира и белка, молоко перемешивают каждый час в течение 2...3 мин.

В процессе топления часть влаги выпаривается и жирность молока повышается. Молоко приобретает кремовый оттенок. Это связано с образованием меланоидинов вследствие реакции между лактозой и белками, а также между лактозой и некоторыми свободными аминокислотами. Меланоидины представляют собой вещества коричневого цвета с явно выраженным привкусом карамелизации.

Готовое топленое молоко нагнетают насосом – дозатором 8 через пластичный охладитель 18, охлаждая до температуры 4...6 °С, и размещают в резервуаре 19. Из по-

следнего топленое молоко перекачивают насосом *б* в загрузочную воронку фасовочной машины *20* и упаковывают в потребительскую тару. Сливки отделяют от натурального молока при производстве обезжиренного (нежирного) молока. При этом обезжиренное молоко из сепаратора *12* сразу направляют в установку *10*, минуя гомогенизатор *13*. После пастеризации и охлаждения обезжиренное молоко подают в резервуар *14* и далее в фасовочную машину *15*.

Сливки из сепаратора *12* поступают в гомогенизатор *13*. Сливки гомогенизируют при давлении 5...10 МПа и температуре 60...80 °С. Затем в пластичной пастеризационно-охладительной установке *21* их пастеризуют: сливки с массовой долей жира 10 % – при 78...82 °С, 20 и 30 % – при 83...87 °С с выдержкой 15...20 с. Далее в этой же установке *21* сливки охлаждают до температуры не выше 6 °С и загружают в резервуар *22*. Из последнего насосом *23* сливки перекачивают на переработку или на фасование в потребительскую тару.

Пастеризованное молоко выпускают в стеклянных бутылках и бумажных пакетах, пакетах из полимерной пленки, а также во флягах, цистернах с термоизоляцией, контейнерах различной вместимости.

Все шире используется для фасования пастеризованного молока тара разового потребления – полиэтиленовые и бумажные пакеты. Такая тара значительно легче бутылок, компактнее, исключает сложный процесс мойки, гигиеничнее, удобнее для потребления и транспортирования, требует меньше производственных площадей, трудовых и энергетических затрат.

Бумажные пакеты имеют форму тетраэдра (тетра-пак), снаружи покрыты парафином, внутри – полиэтиленом; формы бруска (брик-пак) с двусторонним покрытием полиэтиленом и применением аппликаторной ленты, что обеспечивает большую прочность швов по сравнению с пакетами тетра-пак.

Фасованное молоко должно иметь температуру не выше 8 °С и может сразу, без дополнительного охлаждения, передано в реализацию или направлено на временное хранение сроком не более 18 ч в холодильные камеры с температурой не выше 8 °С и влажностью 85...90 %.

В торговую сеть и предприятия общественного питания пастеризованное молоко доставляют специальным автотранспортом с изотермическими или закрытыми кузовами.



Глубокая мысль только выигрывает, если упростить ее выражение. К сожалению, в науке, как и в искусстве, истинная простота дается только мастеру. Простота требует больших усилий.  
МИГДАЛ АРКАДИЙ БЕЙНУСОВИЧ (1911–1991),  
физик-теоретик, академик АН СССР

## 2.19 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХОГО МОЛОКА

**Характеристика продукции сырья и полуфабрикатов.** Сухие молочные продукты являются разновидностью молочных консервов. Последние можно разделить на три группы: сгущенные с сахаром, стерилизованные и сухие. Сухие молочные продукты представляют собой порошок из агломерированных частиц молока разных форм и размеров, зависящих от вида продукции и способа сушки.

Сухие молочные продукты имеют высокую пищевую и энергетическую ценность. В сухом цельном молоке содержится 25,6 % белков, 25 % жира, 39,4 % лактозы, а в обезжиренном сухом молоке 37,9 % белков и 50,3 % лактозы. В этих продуктах также высокое содержание витаминов и минеральных веществ. Энергетическая ценность 100 г сухих молочных продуктов составляет 1500...2500 ккал. Влажность сухих молочных продуктов не превышает 4 %, что обеспечивает значительную продолжительность их сохранности в герметической упаковке. Одним из основных физико-химических показателей сухих консервов является растворимость, величина которой может составлять от 80 до 99,5 % в зависимости от способа сушки.

Ассортимент сухих молочных продуктов очень разнообразен. Основным видом сухих молочных продуктов, выпускаемых отечественной молочной отраслью, является сухое коровье молоко с массовой долей жира 15, 20, 25 % и обезжиренное молоко, сухие сливки, а также сухие кисломолочные продукты и пахта.

Сырьем для выработки сухих молочных продуктов являются молоко не ниже 2-го сорта и кислотностью не более 20 °Т, сливки с массовой долей жира не более 40 % и кислотностью не более 26 °Т, обезжиренное молоко и пахта кислотностью не более 20 °Т.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Объемы выпуска натурального молока и другой молочной продукции в течение года неравномерны, особенно в осенне-зимний период, когда поступление свежего молока сокращается. Одним из способов обеспечения ритмичного молочного производства является использование сухого молока, выработанного на специальных молочных производствах. Кроме того, сухое молоко дает возможность экономично хранить и транспортировать очень большие количества сухого вещества в отдаленные регионы и на экспорт.

Особенности производства сухих молочных продуктов по сравнению с получением питьевого молока предусматривают выполнение дополнительных операций тепловой обработки молока: выпаривания и сушки.

*Выпаривание* предназначено для удаления воды и повышения концентрации нелетучих сухих веществ (до 50 %), в результате чего образуется сгущенное молоко.

Такое молоко или молочная смесь представляют собой коллоидную систему. Соли и углеводы содержатся в сгущенном молоке в состоянии молекулярного раствора, белки – в коллоидном, а жир – в виде эмульсии.

Молоко обычно выпаривают под вакуумом, когда температура кипения продукта снижается. Этот способ позволяет улучшить технологические показатели оборудования и уменьшить отрицательное воздействие высокой температуры на качество сухого молока. В зависимости от числа ступеней выпаривания температуру кипения поддерживают от 70...80 °С до 43...48 °С.

Отношение конечной концентрации какого-либо компонента молока к его начальной концентрации принято называть степенью сгущения. Величина последней зависит от конструкции выпарного оборудования. Степень сгущения молока в циркуляционной вакуум-выпарной установке составляет 43...48 %, а в пленочной – 52...54 %, продолжительностью сгущения соответственно 50 и 3...4 мин.

*Сушка* предназначена для получения молочного продукта с концентрацией сухих веществ не менее 96 %. Молоко обычно сушат в контактных или в распылительных сушильных установках. В контактных сушилках молоко высыхает при непосредственном контакте с горячей поверхностью барабанов (вальцов). В зависимости от конструкции этих сушилок молоко можно сушить при атмосферном давлении

нии при температуре 110...130 °С и в вакууме при температуре 60...70 °С. В качестве сушильного агента используют водяной пар, подаваемой во внутреннюю часть барабанов и нагревающий их рабочие поверхности.

В распылительных сушильных установках молоко диспергируется с помощью вращающихся дисков или форсунок до мелких капель. Увеличение удельной поверхности продукта при сушке позволяет интенсифицировать выделение влаги. Вследствие малого размера капель молока (40...50 мкм) поверхность влагообмена достигает 150...250 м<sup>2</sup> на один кубометр сушильной камеры. Поэтому продолжительность сушки не превышает 4...6 с.

Срок хранения сухого цельного молока в герметичной упаковке при температуре 1...10 °С составляет не более 10 месяцев.

**Стадии технологического процесса.** Производство сухого молока состоит из следующих стадий и основных операций:

- приема молока, сортирование по качеству и измерение количества принятого молока;
- очистка от механических примесей и охлаждение сырого молока;
- нагревание и сепарирование молока;
- образование нормализованной молочной смеси: нормализация, очистка и пастеризация;
- сгущение нормализованного молока;
- гомогенизация сгущенного молока;
- сушка сгущенного молока;
- охлаждение сухого молока;
- фасование готового продукта в потребительскую и транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия производства сухого молока начинается с комплекса оборудования для подготовки сырого молока к переработке, включающего самовсасывающие насосы, счетчики-расходомеры, фильтры, охладительные установки и резервуары для хранения молока.

Следующим в линии является комплекс оборудования для образования нормализованной молочной смеси, содержащий насосы, теплообменные установки, сепараторы, дозаторы компонентов, резервуары и фильтры для нормализованной молочной смеси.

Далее линия содержит комплекс оборудования для сгущения молока, имеющий многокорпусные вакуум-аппараты или циркуляционные вакуум-выпарные аппараты, гомогенизаторы, фильтры и резервуары для охлаждения сгущенного молока.

Ведущим является комплекс оборудования для сушки молока, включающий сушилки, вибросита и устройства для охлаждения сухого молока.

Линия завершается комплексом оборудования для упаковывания сухого молока в потребительскую и транспортную тару.

Машинно-аппаратурная схема линии производства сухого молока представлена на рисунке 2.19.

**Устройство и принцип действия линии.** После проверки качества, учета, очистки и охлаждения сырое молоко загружают в приемные резервуары 1. На переработку сырое молоко перекачивают центробежным насосом 2 через пластинчатый подогреватель 3, сепараторы-молокоочистители 4 в сепаратор-нормализатор 5.

Нормализацию молока проводят, добавляя в него сливки, обезжиренное молоко или пахту. В нормализованной молочной смеси соотношение жира и сухого молоч-

ного обезжиренного остатка должно быть таким же, как и в готовом продукте. Нормализованное молоко из резервуара 6 перекачивают в пастеризационно-охладительную установку 7. Молоко пастеризуют при температуре 95 °С без выдержки, фильтруют и загружают в расходные резервуары 8.

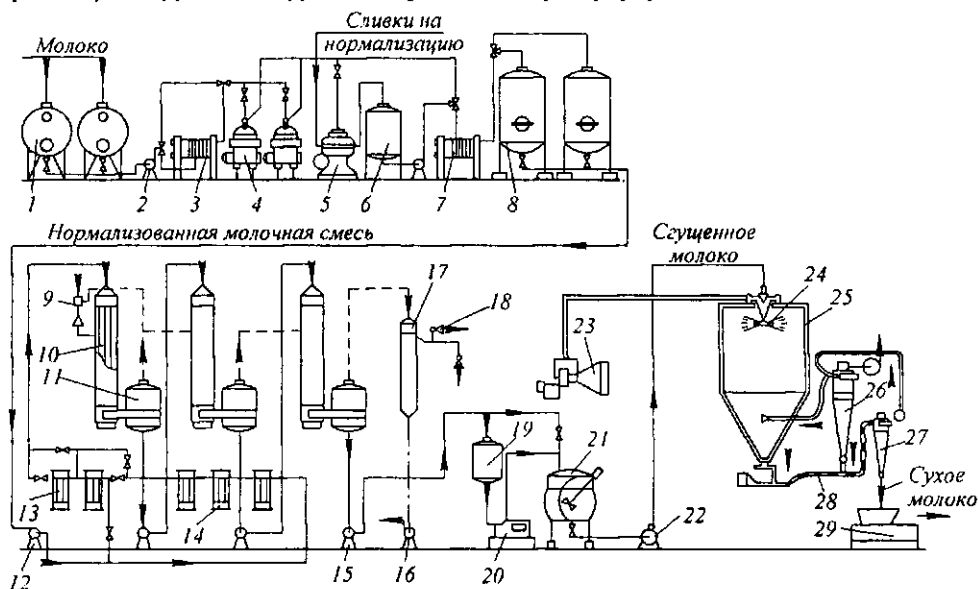


Рис. 2.19 Машинно-аппаратурная схема линии производства сухого молока

Молоко сгущают в вакуум-выпарной установке пленочного типа. В состав установки входят три греющие камеры 10 с сепараторами-пароотделителями 11, трубчатые подогреватели 13 и 14, продуктопровод с насосами 12, система подачи греющего пара 9, конденсатор 17 с пароструйными насосами 18 и насосы для перекачки сгущенного молока 15 и конденсата 16.

Для выпаривания молоко подается насосом сверху в трубы греющей камеры 10 и стекает вниз, образуя на внутренней поверхности трубок тонкую пленку. Греющий пар поступает в межтрубное пространство, нагревает продукт до температуры кипения. Парожидкостная смесь продукта из нижнего сечения греющей камеры поступает в сепаратор-пароотделитель 11. В нем поток разделяется на вторичный пар, который поступает на обогрев следующей камеры, и упаренный продукт, который перекачивается насосом в трубы следующей камеры. Из последней (третьей) камеры сгущенное молоко перекачивается насосом 15 в промежуточный бак 19, а вторичный пар поступает в конденсатор 17, превращается в жидкость и перекачивается насосом 16 в систему сбора конденсата.

С целью предупреждения отстоя жира сгущенное молоко гомогенизируют. Эту операцию проводят в двухступенчатом гомогенизаторе 20 клапанного типа. Продукт подогревают до 55...60 °С и гомогенизируют при рабочем давлении 11,5...12,5 МПа на первой ступени и 2,5...3,0 МПа на второй ступени. Гомогенизированное сгущенное молоко фильтруют и накапливают в ванне с мешалкой 21.

На сушку сгущенное молоко подают шестеренным насосом 22, пропуская через распылительный диск 24 для диспергирования. Распыленный продукт в рабочем объеме сушильной башни 25 высушивается в атмосфере горячего воздуха, нагне-

таемого через калорифер 23. Температура воздуха, поступающего в сушильную башню, 165...180 °С, а отработанного воздуха – 65...85 °С.

Сухое молоко выгружают из башни 25 с помощью циклонов 26 и 27, просеивают на сите с размером ячеек 2×2 мм и охлаждают до 15...20 °С в системе пневмотранспорта 28. Охлажденное сухое молоко фасуют в потребительскую тару с помощью машины 29. Пакеты с молоком укладывают в ящики.



Учителей у меня совсем не было, а потому мне приходилось больше создавать и творить, чем воспринимать и усваивать. Указаний, помощи ниоткуда не было, непонятного в книгах было много, а разъяснять приходилось все самому. Одним словом, творческий элемент, элемент саморазвития, самостоятельности преобладал. Я, так сказать, всю жизнь учился мыслить, преодолевать трудности, решать вопросы и задачи.  
**ЦИОЛКОВСКИЙ КОНСТАНТИН ЭДУАРДОВИЧ**  
(1857–1935),  
*русский ученый в области аэродинамики,  
ракетной техники и межпланетного сообщения*

## 2.20 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛИВОЧНОГО МАСЛА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Сливочное масло – пищевой продукт, вырабатываемый из коровьего молока, состоящий преимущественно из молочного жира и обладающий специфическим, свойственным ему вкусом, запахом и пластичной консистенцией. Кроме жира масло содержит воду, белки, молочный сахар, фосфатиды, витамины, минеральные вещества и др.

Низкая температура плавления (27...34 °С) и отвердевания (18...23 °С) молочного жира способствует его переходу в пищеварительном тракте в наиболее удобное для усвоения жидкое состояние (усвояемость молочного жира – 91,0 %, сухих веществ – 94,1 %). Пищевую ценность сливочного масла повышают содержащиеся в нем фосфолипиды, особенно лецитин, попадающий в масло вместе с оболочками жировых шариков.

Сливочное масло наиболее богато жирорастворимым провитамином А, из которого организм человека синтезирует витамин А. Благодаря высокой концентрации провитамина А (каротина) сливочное масло окрашивается в желтый цвет.

На структуру, качество, стойкость масла во время хранения влияет однородность распределения и размер капель воды, размер пузырьков воздуха и др.

Ассортимент сливочного (животного коровьего) масла обусловлен видом исходного сырья, условиями его переработки и составом готовой продукции. Сладкосливочное масло вырабатывают из свежих пастеризованных сливок, а кисломолочное – из заквашенных пастеризованных сливок. По способу обработки сырья различают масло, полученное путем сбивания сливок средней жирности или преобразования высокожирных сливок.

В нашей стране вырабатывается сливочное масло следующих наименований: сливочное масло, содержащее 82,5 % жира; любительское (78 %); крестьянское (72,5 %) и бутербродное (61,5 %). Масло может быть несоленым и соленым. Производят также вологодское масло (82,5 % жира) из сливок, обработанных при высокой температуре (105...110 °С), чтобы продукт имел специфический вкус и запах.

Каждый вид масла отличается своеобразным вкусом и ароматом. Сливочное масло делится на два сорта: высший и первый. По вкусовым достоинствам, пищевой ценности и усвояемости сливочное масло является наилучшим жиром, предназначенным в основном для потребления в натуральном виде. По вкусу и запаху сливочное масло хорошо сочетается со многими пищевыми продуктами и широко применяется для приготовления бутербродов и кулинарных приправ.

В ассортимент животных масел включают также топленое масло, полученное в результате отделения плазмы от свободного жира в расплавленном сливочном масле-сырце. В состав топленого масла входят до 99 % жира и около 1 % влаги. Остальные вещества (незначительная часть белков, органические кислоты, водорастворимые витамины и минеральные вещества) отделяются вместе с плазмой. Топленое масло используют при жарении кулинарных полуфабрикатов.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Производство сливочного масла относится к группе физических и биохимических технологий образования продукта из стойкой жировой эмульсии молочного жира – сливок. Основными процессами являются концентрирование жировой фазы сливок, разрушение эмульсии и формирование структуры продукта с заданными свойствами. Различают два способа производства сливочного масла: сбивание сливок средней жирности (30...40 %) и преобразование высокожирных сливок (до 80...82 %).

При выработке сливочного масла способом сбивания концентрирование жировой фазы достигается сепарированием молока и последующем разрушении эмульсии молочного жира с образованием масляного зерна и жидкой фракции – пахты. Масляное зерно – концентрированная суспензо-эмульсия, состоящая из полуразрушенных агрегатов жировых шариков. Зерно образуется в результате агрегирования (слияния) жировых шариков, содержащихся в сливках, в условиях интенсивного перемешивания. Текстура готового продукта формируется путем удаления избытка влаги прессованием, а иногда и вработкой (добавлением) недостающего количества воды и ее диспергирования. Регулирование влаги осуществляется во время обработки масла. Кристаллизация глицеридов молочного жира завершается во время физического созревания сливок до механической обработки масла.

При получении сливочного масла способом преобразования высокожирных сливок концентрирование жировой фазы молока осуществляется сепарированием. Высокожирные сливки – высококонцентрированная эмульсия молочного жира в плазме. Получение высокожирных сливок сводится к механическому разделению сливок в центробежном поле сепаратора на высокожирные сливки и плазму сливок – пахту. Нормализация высокожирных сливок по влаге проводится до начала термомеханической обработки. Разрушение эмульсии жира сливок и кристаллизация глицеридов молочного жира происходит главным образом во время термомеханической обработки. На завершающей стадии процесса вследствие механического воздействия продукт приобретает мелкокристаллическую структуру и пластичную консистенцию.

**Стадии технологического процесса.** Производство сливочного масла способом сбивания сливок состоит из следующих стадий и основных операций:

- приемка молока и сливок, сортирование по качеству и измерение количества принятых молока и сливок;
- нагревание и сепарирование молока;
- нагревание и созревание сливок;
- пастеризация, дезодорация и охлаждение сливок;

- сбивание сливок и отделение пахты;
- промывка масляного зерна и отделение воды;
- вакуумирование масла;
- посолка масла;
- механическая обработка: нормализация и распределение влаги, пластификация и образование пласта масла;
- упаковывание масла в потребительскую и транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия для производства сливочного масла начинается с комплекса оборудования для приемки и хранения молока, в состав которого входят насосы, емкости, приемные ванны и весы.

В состав линии входит комплекс оборудования для подогревания и сепарирования молока, состоящий из пластинчатых пастеризационно-охладительных установок и сепараторов-сливкоотделителей.

Следующим является комплекс оборудования для тепловой обработки сливок и их созревания, в состав которого входят пластинчатый теплообменник, пастеризационно-охладительная установка, вакуум-дезодорационная установка и резервуары для хранения и созревания сливок.

Ведущим является комплекс оборудования для сбивания сливок, промывки, посолки и механической обработки масла, представляющий маслоизготовители периодического и непрерывного действия.

Завершающий комплекс оборудования включает машины для фасования масла в ящики или в потребительскую тару.

На рис. 2.20 показана машинно-аппаратурная схема линии сливочного масла способом сбивания сливок (традиционным).

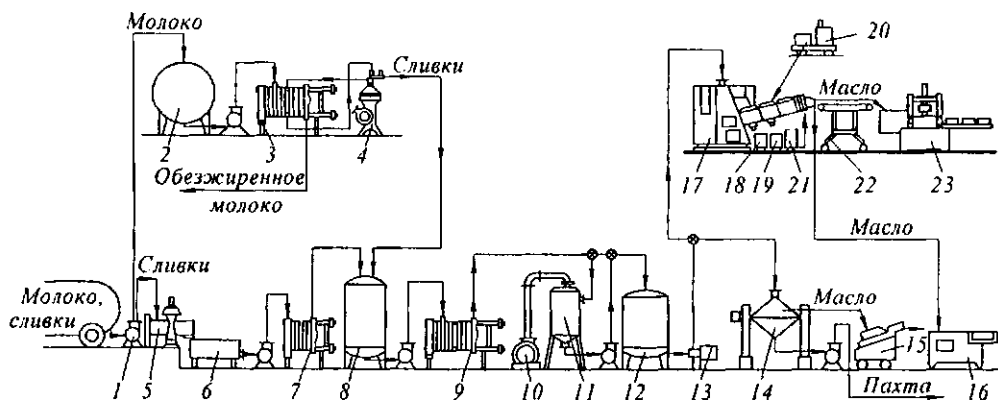


Рис. 2.20 Машинно-аппаратурная схема линии производства сливочного масла

**Устройство и принцип действия линии.** Принятое молоко с помощью насосов 1 направляется в емкость 2, подогревается в пластинчатой пастеризационно-охладительной установке 3 и сепарируется в сепараторе-сливкоотделителе 4.

Принятое молоко сепарируют при температуре 35...40 °С для получения сливок с желаемой массовой долей жира. Для выработки масла способом сбивания в маслоизготовителях непрерывного действия используются сливки с массовой долей жира



36...50 %. При выработке масла способом сбивания в маслоизготовителях периодического действия используют сливки средней жирности с массовой долей жира 32...37 %.

Обезжиренное молоко после сепарирования направляется в установку 3 на пастеризацию и охлаждение, а затем на переработку или для возврата сдатчикам.

Принятые сливки из сепараторных отделений взвешиваются на весах 5 и через приемную ванну 6 направляются на подогревание в пластинчатый теплообменник 7.

Сливки из сепаратора и сепараторных отделений поступают в резервуар 8 для промежуточного хранения, откуда их направляют на пластинчатую пастеризационно-охладительную установку 9, где нагревается до температуры пастеризации 85...90 °С, а затем охлаждаются до температуры созревания 2...8 °С.

Пастеризованные сливки поступают (при необходимости) в вакуум-дезодорационную установку 11, снабженную вакуум-насосом 10. После удаления в установке 11 посторонних запахов и привкусов сливки перекачивают в сливкосозревательный аппарат 12. В нем при замедленном развитии молочнокислой микрофлоры происходит изменение физико-химических свойств сливок, обеспечивающих благоприятные условия для маслообразования.

Сливки после созревания винтовым насосом 13 направляют либо в маслоизготовитель периодического действия 14, либо в маслоизготовитель непрерывного действия 17, где осуществляется сбивание сливок, промывка масляного зерна, посолка и обработка масла.

Сливки в маслоизготовитель периодического действия 14 подаются насосом-дозатором 13 и сбиваются до получения масляного зерна размером 3...5 мм. После этого выпускают пахту, промывают масляное зерно и осуществляют посолку масла сухой солью или рассолом.

Затем проводят механическую обработку масла для отделения влаги и образования пласта масла. Для улучшения консистенции и распределение влаги масло обрабатывают в гомогенизаторе-пластификаторе 15. Готовое масло выгружается в фасовочную машину 16.

В маслоизготовитель непрерывного действия 17 сливки из сливкосозревательного аппарата 12 перекачивают насосом-дозатором 13 через уравнильный бачок. Маслоизготовитель 17 состоит из последовательно размещенных составных частей: сбивателя, имеющего цилиндрический охлаждающий корпус и лопастную мешалку, и шнекового текстуратора.

В сбивателе процесс обработки сливок осуществляется в условиях энергичного перемешивания. В результате сбивания образуется масляное зерно, которое после выхода из сбивателя отделяется от пахты.

В текстураторе обработка вначале масляного зерна, а затем пласта масла заключается в отпрессовывании влаги: удаление избытка, а иногда и вработка недостающего количества воды и ее диспергирование. Текстуратор состоит из трех шнековых камер (первая – для обработки масла и отделения пахты в бачок 18, вторая – для промывки масляного зерна и отделения воды в бачок 19, третья – вакуум-камера для вакуумирования масла), блока посолки с дозирующим устройством 20 и блока механической обработки масла. Содержание влаги в масле регулируется внесением недостающего количества воды дозирующим насосом 21.

Готовое масло конвейером 22 направляется в фасовочную машину 23 для упаковывания в виде брикетов в пачки из пергаменты.



... Талант еще далеко не все; нравственные качества человека и его мировоззрение – вот что определяет лицо настоящего ученого.  
СЕЧЕНОВ ИВАН МИХАЙЛОВИЧ (1829–1905).  
русский естествоиспытатель, физиолог

## 2.21 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Крупный рогатый скот – наиболее ценный источник получения мясных и молочных продуктов, а также продуктов убоя. По продуктивности крупный рогатый скот делят на мясное, молочное и комбинированное направления.

Показателями мясной продуктивности животных являются *убойная масса* (масса парной мясной туши с прилегающим поверхностным жиром, без головы, шкуры, внутренних органов и конечностей) и *убойный выход мяса* (убойная масса, выраженная в процентах от живой массы животного).

Для приемки партии крупного рогатого скота по возрасту и полу рассортировывают на четыре группы (первая – волы и коровы; вторая – быки; третья – молодняк в возрасте от 3 месяцев до 3 лет; четвертая – телята в возрасте от 14 дней до 3 месяцев). Упитанность крупного рогатого скота определяют органолептическим путем, оценивая на ощупь подгрудок (соколок), поясничную часть, выступы седалищных костей (маклоки), паховую часть (щуп), корень хвоста, мошонку (у волов). Согласно стандартам, разделяют три категории упитанности: высшую, среднюю и ниже средней (тошая), а у телят и быков – I и II категории.

Рассортированный скот взвешивают группами по упитанности и размещают в отдельных загонах, прекращая кормление за 24 ч до убоя. Из цеха предубойного содержания скот подают в предубойные загоны, рассчитанные на двухчасовую бесперебойную работу линии убоя и разделки.

После предубойной выдержки животные поступают на первичную переработку для получения мясной туши и подготовки отделенных от туши органов и тканей для дальнейшей переработки на пищевые, лечебные и технические продукты.

*Мясо* – это туша или часть туши, полученная от убоя крупного рогатого скота, представляющая совокупность мышечной, жировой, соединительной и костной тканей. Качество мяса определяется количественным соотношением тканей и их физико-химическими и морфологическими характеристиками, зависящими от вида скота, породы, возраста и пола. Количественное соотношение тканей в мясе примерно составляет: мышечная ткань – 50...70 %, жировая ткань – 3...20 %, костная ткань – 15...22 %, соединительная ткань – 9...14 %.

Пищевая ценность мяса зависит от количественного соотношения влаги, белка, жира, содержания незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, микро- и макроэлементов, а также органолептических показателей мяса.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Крупный рогатый скот оглушают перед убоем, чтобы обеспечить безопасность работы при наложении путовой цепи на задние ноги животного, а также при подъеме его на путь обескровливания. Оглушенное животное теряет способность двигаться, у него прекращается деятельность высших нервных центров, нарушаются рефлексы и дыхание, но сердце еще продолжает работать. При правильном оглушении животное на-

ходится в состоянии шока в течение времени, достаточного для наложения путовой цепи на ноги, для подъема животного на путь обескровливания и для перевязывания пищевода. Для оглушения крупного рогатого скота применяют электрический ток (электрооглушение), механическое воздействие на головной мозг (удар) или воздействие углекислого газа и механические средства.

Крупный рогатый скот обескровливают через 1,5 мин после оглушения. Перед обескровливанием животных их фиксируют на подвесном конвейере, отделяют пищевод, а желудок перекрывают зажимом или перевязывают. Полнота обескровливания определяется выходом крови, вытекающей в течение 6 мин после вскрытия кровеносных сосудов. Часть крови, оставшейся в туше, удаляется при извлечении внутренних органов.

После обескровливания с головы туши животного вручную снимают шкуру. Шкура с головы крупного рогатого скота должна быть снята в виде двух частей – шеек вместе с лобной частью при одной из них. Прежде всего, отрезают уши у самого их основания, а затем разрезают шкуру на голове.

Шкуры крупного рогатого скота должны быть сняты пластом продольным разрезом по белой линии с сохранением шкуры ног. Операции по съемке шкур делят на забеловку и окончательное снятие шкуры. *Забеловка* – совокупность ручных операций по предварительному отделению шкуры с отдельных участков туши. При забеловке шкуру необходимо отделять только по линии подкожной клетчатки, не затрагивая поверхностный жировой слой туши и не повреждая шкуру. Площадь шкуры, снимаемой при забеловке крупного рогатого скота, в среднем достигает 25 % от общей ее площади. Затем выполняют механическую съемку шкур.

Внутренние органы животного в полости тела разделены мышечной перегородкой (диафрагмой) на две части: грудную и брюшную. В грудной полости находятся сердце и легкие, в брюшной – желудок, кишечник, печень, почки и селезенка. Желудок крупного рогатого скота имеет четыре отдела: рубец, сычуг, книжку и сетку. Процесс удаления внутренних органов у туши называют *нутровкой*. При переработке скота на подвесных путях нутровку проводят в вертикальном положении туш. Растяжку туш осуществляют при продольной распиловке на подвесных путях. Внутренние органы должны быть извлечены из туши не позднее чем через 45 мин после обескровливания.

Туши распиливают по хребту со стороны спины на две продольные половины. Распиловка необходима для быстрого охлаждения туш, удобства ее транспортировки и экономного использования емкости холодильных камер.

Для придания тушам товарного вида и обеспечения стойкости мяса при хранении их поверхности зачищают. При сухой зачистке с полутуш удаляют острым ножом абсцессы и побитости, снимая с туши оставшиеся кусочки шкуры и отделяя мясокостный хвост. Собранный при зачистке жир передают в жировой цех. По окончании сухой зачистки полутуши моют теплой (35...40 °С) или холодной водой.

После клеймения полутушки взвешивают для определения парной массы мяса и направляют их в камеры охлаждения.

**Стадии технологического процесса.** Первичная переработка крупного рогатого скота на конвейерных путях состоит из следующих последовательно выполняемых технологических стадий:

- электрооглушение, убой и обескровливание;
- забеловка и съемка шкур;

- извлечение внутренних органов (нутровка) и распиловка туш;
- сухая и мокрая зачистка туш;
- клеймение и взвешивание.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для убоя и обескровливания крупного рогатого скота, в состав которой входит бокс для оглушения, путовые цепи с подъемником или лебедкой и подвесной путь, полый нож для обескровливания, установка для сбора крови, машина для обрезки рогов и электропила.

В состав линии входит комплекс оборудования для съемки шкур, состоящий из цепного конвейера, устройства для растяжки задних ног туш, набора ножей, устройства для поддувки сжатого воздуха, дисковых ножей с электро- или пневмоприводами, помосты-стенды и подъемно-опускные площадки, а также установки для механической съемки шкур.

Далее следует комплекс оборудования для извлечения из туш внутренних органов, включающий цепной конвейер, электропилу для распиловки грудной кости туш, конвейерный стол для приема и инспекции внутренних органов, моющее устройство для стерилизации ручного инструмента, электропила, автомат для продольной распиловки туш.

Завершающий комплекс включает устройства для сухой и мокрой зачистки туш (специальные ножи, щетки для промывки туш и моечные машины), а также устройства для клеймения и взвешивания (бронзовые клейма, устройства для подачи туш к весам и весоизмерительные устройства).

На рис. 2.21 показана машинно-аппаратурная схема линии первичной переработки крупного рогатого скота.

**Устройство и принцип действия линии.** Скот из помещения предубойного содержания загоняют в бокс 1 с помощью электрической погонялки. Рабочий с площадки 2 производит оглушение животных стеклом аппарата электрооглушения. Оглушенное животное выбрасывается из бокса на пол, покрытый резиновым ковром 4, задние ноги скрепляют путовой цепью 5 с роликовой тележкой, которую захватывают крюком подъемной лебедки. Подъем скота и посадка на путь обескровливания производят электрической лебедкой 6 с маятниковым посадочным автоматом или фрикционной лебедкой с вертикальным посадочным автоматом.

Обескровливание и сбор крови производят при движении туши на конвейере 7 с пальцем снизу с полосовым подвесным путем высотой до головки рельса 4600 мм. Обескровливание выполняет рабочий с площадки 8, расположенной над железобетонным поддоном 9 для спуска технической крови и воды. Поддон оборудован двойным трапом 10. Сбор крови для пищевых и лечебных целей осуществляют полым ножом 11 с резиновым шлангом, по которому кровь стекает в стерильный бидон или в замкнутую вакуумную систему. Полый нож 11 вводят в шею животного с правой стороны трахеи и ведут его по направлению снизу вверх, пока не войдет в правое предсердие. Когда обильное вытекание крови прекращается, полый нож извлекают из туши и перерезают простым ножом шейные кровеносные сосуды, чтобы стекла оставшаяся кровь, используемая для технических целей. Остатки крови стекают по лотку 13 в поддон 9. Стерилизуют бидоны в пропаривателе 14, а ножи – в комбинированном умывальнике 15. После обескровливания от головы животного отрезают уши и сбрасывают их в спуск 16. Отделенную от туши голову навешивают на крючья конвейера для инспекции голов 17.

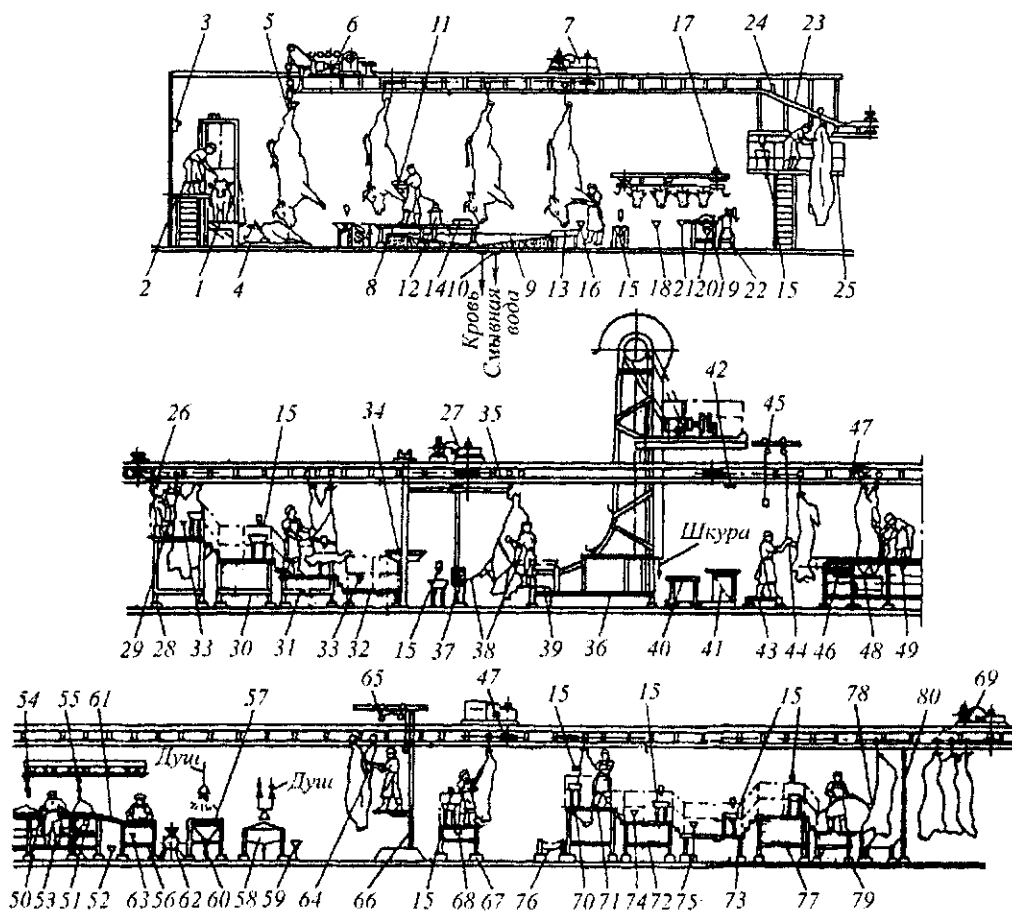


Рис. 2.21 Машинно-аппаратурная схема линии первичной переработки крупного рогатого скота

Подготовку голов и ветеринарно-санитарный осмотр проводят на конвейере 17, оборудованном цепью с крючьями. Отделенный от головы язык сбрасывают в спуск 18. Годные для пищевых цепей головы снимают с крючьев конвейера, подают к пиле 19 для отделения рогов (их сбрасывают в спуск 20), а головы по спуску 21 направляют в цех обработки субпродуктов. В этой зоне устанавливают песочное точило 22.

На большинстве мясокомбинатов туши с путовой цепи перевешивают на два ролика на наклонном участке подвешного пути 23 (с отметки 4600 мм на путь 3650 мм). Для предотвращения произвольного скатывания туш применяют стопор 24.

Перевешивают туши с путовой цепи на два ролика конвейера забеловки на площадке 25, освободившуюся цепь направляют по наклонному пути к боксу 1. Перед конвейером забеловки на подвешном пути устанавливают автоматическую растяжку 26 задних ног туши.

Туша, подвешенная на роликах, перемещается по конвейеру 27 к рабочим площадкам 28, 30, 31 и 32, расположенным на разной высоте, с которых производят забеловку туш и подготовку к съемке с них шкуры. Отделенные путовый сустав, сухожилия и цевочные кости сбрасывают в спуски 29, 33. Для забеловки жирных туш

устанавливают площадку 34 с подъемной платформой. Шкуру вручную снимают с конечностей, шеи, а также с грудной и брюшной частей туши. Забеловку проводят для подготовки туш к механической съемке шкуры.

После забеловки туша поступает по подвесному пути 35 к агрегату для съемки шкур 36. В зависимости от производительности линии съемку шкур производят на агрегатах периодического или непрерывного действия. Агрегат для съемки шкур типа А1-ФУУ имеет фиксатор туш 37 с механическим приводом, комплект крюков и цепей 38 для фиксации передних ног и шкуры. Подсечку шкуры производят с площадки 39.

Агрегат для механической съемки работает на принципе отрыва. Шкуру от туши отделяют по подкожной клетчатке, которая наименее прочна. При забеловке и механической съемке шкур могут возникнуть прирезы мышечной и жировой тканей на шкурах. Целесообразно после отделения шкуры от туши проводить удаление прирезей со шкуры (эта операция называется *обрядкой* шкуры).

Снятые шкуры подвергают инспекции и обрядке на столе 40 и затем по спуску 41 направляют в шкуроконсервировочный цех.

У туши со снятой шкурой производят растяжку задних ног с помощью автоматического устройства 42. С площадки 43 распиливают грудную кость электропилой 44, подвешенной на каретке 45, которая передвигается по отдельному отрезку полового пути. С площадки 46 разрубает лонное сращение.

Извлечение внутренних органов (нутровку) необходимо осуществлять как можно быстрее после убоя животного (не позднее 30 мин). Вначале тушу разрезают по белой линии живота ножом, удаляют сальник, извлекают желудочно-кишечный тракт, ливер, печень, легкое, сердце, пищевод, трахею и диафрагму.

Вдоль конвейерного стола для выемки и инспекции внутренних органов туши перемещаются по подвесному конвейеру 47 с пальцем снизу. У конвейерного стола имеются спуски для эмбрионов 48, рубашечного жира 49, кишечного комплекта 50, ливера 51, конфискованных внутренних органов 52. Для рабочих и санитарных врачей оборудована площадка 53.

При предварительной обработке желудков рубец поднимают над столом с помощью специального захвата 54, который передвигается по кольцевому подвесному пути 55, и у стола 56 обезжиривают. Затем на столе 57 желудки освобождают от содержимого, промывая их из душевого устройства. Промывка рубца производится на вращающемся зонтичном столе 58 с душем, после чего рубец по спуску 59 направляют на дальнейшую обработку. Каныга поступает в спуск 60, сычуги и летошка по откидному люку 61 поступают на отдельный стол, где их обезжиривают, освобождают от содержимого и промывают. Жир с желудков сбрасывают в передувочный бак 62. Обезжиренный промытый сычуг по спуску 63 направляют в цех обработки субпродуктов, летошку передают на технические цели.

Освобожденные от внутренних органов туши по конвейеру поступают на распиловку, где их разрезают вдоль спинного хребта электропилой 64, подвешенной на каретке 65 на отдельном отрезке подвесного пути. Электропила может быть подвешена также на пружинном блоке, установленном на подъемно-опускной площадке 66, с которой производят распиловку туш. В линию может входить установка для разделения туш крупного рогатого скота. Туши распиливают на две половины, слегка отступив от линии верхних остистых отростков в сторону, чтобы не повредить спинной мозг.

Площадка 67 служит для проведения ветеринарно-санитарного осмотра полутуш. Конфискованные части туш сбрасывают в тележку или спуск 68 для дальней-

шей переработки по указанию санитарного врача. После распиловки и ветеринарно-санитарного осмотра полутуши по наклонному участку пути направляют на конвейер 69 зоны зачистки.

При сухой зачистке ножом извлекают спинной мозг, удаляют почки, хвосты, остатки диафрагмы, внутренний жир, травмированные участки туш и механические загрязнения. Сухую зачистку полутуш производят с площадок 70, 72, 73, расположенных на разной высоте. У площадки имеются спуски: для почек и почечного жира 71, для хвостов 74 и для пищевой обрезки 75. Для сбора обрезки под подвесным путем зачистки устанавливают желоб 76.

При мокрой зачистке полутуш с площадок 77, 79 полутуши промывают с помощью щеток 78, в которые поступает вода. У площадок устанавливают щит 80, исключая разбрызгивание воды в помещении. В зависимости от производительности линии мокрая зачистка производится с помощью моечной машины. Мойка туш водой в моечной машине способствует удалению с поверхности не только механических, но и микробных загрязнений. Воду для мойки подают струями под значительным давлением.

Готовые полутуши клеймят, затем вручную по подвесному пути подают к подвесным весам и взвешенные полутуши направляют на подвесной конвейер для транспортирования в холодильник.



Какое это великое человеческое счастье получить  
новый результат.  
ПАСТЕР ЛУИ (1822–1895),  
французский микробиолог и химик

## 2.22 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПТИЦЫ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** В состав мяса птицы входят мышечная ткань, соединительная ткань (рыхлая, плотная, жировая, хрящевая, постная, кровь) и нервная. Количественное соотношение этих видов тканей обуславливает химический состав, свойства мяса, его питательную и товарную ценность.

Мышечная ткань птицы содержит полноценные и легкоперевариваемые белки, количество которых колеблется от 15,2 до 23,3 % в зависимости от вида птицы и ее возраста. Более 85 % белковых веществ мышечной ткани птицы относятся к полноценным.

Мясо птицы имеет своеобразный приятный вкус и питательную ценность. В среднем в белом мясе кур содержится триглицеридов и фосфатидов по 0,5 %, а холестерина и стероидов соответственно 46 и 8 мг/100 г. В красном мясе – соответственно 2,0 и 0,8 %, а также 110 и 20 мг/100 г. В мышечной ткани птицы имеются почти все водорастворимые витамины, минеральные вещества и микроэлементы.

Жир птицы в остывшем состоянии имеет относительно плотную консистенцию. Цвет его обусловлен присутствием в нем каротиноидов, а у молодой птицы – наличием пигментов крови.

В зависимости от возраста птицы ее мясо подразделяют на мясо молодой и взрослой птицы. *К мясу молодой птицы* относят тушки цыплят, бройлеров-цыплят, утят, гусят, индюшат и цесарят. *К мясу взрослой птицы* относят тушки кур, уток, гусей, индеек и цесарок с твердым килем грудной кости и ороговевшим клювом. В зависимости от температуры в толще грудных мышц тушки подразделяют на ос-

тывшие (от 0 до 4 °С) и мороженые (не выше минус 8 °С). По упитанности и обработке тушки птицы всех видов могут быть первой и второй категории.

Масса охлажденной потрошенной тушки (без комплекта потрохов и шеи): бройлеры-цыплята – 675 г, куры – 850, утята – 1150, утки – 1350, гусята – 2150, гуси – 2550, индюшата – 1750, индейки – 2750, цесарята – 475, цесарки – 625 г.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Птицу для сдачи на убой сортируют по видам и возрасту. Взвешивают птицу после выдержки без корма: цыплят, кур, индюшат и индеек – в течение 6...8 ч, утят, уток, гусят, гусей, цесарят и цесарок – в течение 4...6 ч.

Процесс первичной переработки птицы начинается с ее навешивания на конвейер при фиксировании в определенном положении. Автоматический подсчет птицы всех видов выполняют с помощью счетчика птицы.

Птицу оглушают электрическим током во время ее движения на конвейере. Установку для электрооглушения располагают на некотором расстоянии от места навешивания птицы с тем, чтобы после закрепления птицы в подвеске до оглушения прошло не менее 7...10 с.

При убое птицы должны быть обеспечены возможно более полное обескровливание тушек и сбор крови, предохранение места зареза от соприкосновения с воздухом и наиболее легкая отдача пера при снятии оперения с тушек птицы. Промышленные способы убоя птицы основаны на перерезании сонной артерии и яремной вены. Убой кур, цыплят, уток и утят производится автоматически, крупной птицы (гусей, индеек и цесарок) – вручную. При автоматическом убое уток и утят дисковым ножом отрезается клюв на уровне глазных впадин, при этом перерезаются и главные кровеносные артерии.

Убой птицы вручную осуществляют наружным или внутренним способом. *При наружном одностороннем способе* специальным ножом перерезают кожу, яремную вену, ветви сонной и лицевой артерий на 15...20 мм ниже ушного отверстия. *При наружном двустороннем способе* убоя специальным ножом прокалывают кожу на 10 мм ниже ушного отверстия. Движением ножа справа слегка перерезают одновременно правую и левую сонные артерии и яремную вену. Лезвием ножа прокалывают кожу с противоположной стороны головы, образуя сквозное отверстие для вытекания крови. *При внутреннем способе* убоя в ротовую полость вводят ножницы с остро отточенными концами и перерезают кровеносные сосуды в задней части неба над языком, в месте соединения яремной и мостовой вен. При правильном убое за 1,5...2,0 мин из тушек удаляется до 50 % крови, содержащейся в живой птице.

При снятии махового оперения берут оба крыла одной тушки, складывают их рядом и подают в специальное устройство, которое направляет оба крыла к рабочим органам, захватывающим и вытягивающим маховое перо. Таким же образом удаляют и хвостовое перо.

Для уменьшения силы удерживания пера тушки птицы подвергают тепловой обработке горячей водой – *шпарке*. При этом шею, голову и крылья подвергают дополнительной тепловой обработке – *подшпарке*. Применяют мягкий и жесткий режимы шпарки в течение 80...120 с. При мягком режиме (53...54 °С) частично повреждается роговой слой эпидермиса кожи, а ростковый слой и собственно кожа практически не повреждаются. При шпарке птицы по жесткому режиму (60...62 °С) значительно ос-



лабляется удерживаемость оперения, так что на машинах для ощипки удаляется в основном все перо. Подшпарку шеи и крыльев проводят при 61...65 °С в течение 30 с.

Принцип работы большинства машин, снимающих оперение с тушек птицы, основан на использовании силы трения резиновых рабочих органов по оперению. Сила трения может быть тянущим усилием, приложенным к поверхности рабочего органа, соприкасающегося с оперением, только в том случае, если она превышает силу удерживаемости оперения в коже тушки. Силу трения вызывает сила нормального давления рабочих органов, действующая на оперение. Так, в пальцевой машине сила нормального давления рабочих органов на тушку возникает под действием массы тушки. В машинах бильного типа сила нормального давления возникает в результате энергии удара бил о тушку, в машинах центробежного типа – за счет центробежной силы и массы тушки.

Затем проводят удаление внутренностей: кишечных комплектов, субпродуктов, желез. Операция необходима для обеспечения высоких санитарно-гигиенических показателей и хранимости мяса. Удаление внутренностей может быть полным (потрошение) и частичным (полупотрошение). Полупотрошение тушек проводят за специальным столом и на конвейере. Тушку кладут на стол головой от себя, брюшком вверх, делают продольный разрез стенки брюшной полости в направлении от клоаки к килю грудной полости. Затем извлекают кишечник вместе с клоакой и отделяют конец двенадцатиперстной кишки от желудка. Потрошение птицы проводят на линиях потрошения или на свободном участке линии первичной обработки птицы, а при отсутствии конвейерной линии – на специальных вешалках.

Полупотрошенные и потрошенные тушки моют водой в бильно-душевых или душевых камерах. Для промывки тушек изнутри используют шланги с насадками.

**Стадии технологического процесса.** Первичную переработку птицы можно разделить на следующие стадии:

- навешивания птицы на подвески конвейера;
- электрооглушение, убой и обескровливание;
- тепловая обработка тушек (шпарка);
- снятие оперения с тушек птицы;
- извлечение внутренностей (полупотрошение или потрошение тушек);
- мойка, охлаждение и упаковка тушек птицы.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для получения тушек птиц, включающего конвейер убоа, аппарат электрооглушения, ванны обескровливания и шпарки, машины убоа, снятия оперения, отделения голов и ног.

Ведущий комплекс оборудования линии состоит из конвейера потрошения, машины вырезания клоаки и вскрытия брюшной полости, извлечения внутренностей, обработки желудка, удаления зоба и пищевода, отделения шеи, моечной машины.

В завершающий комплекс входит конвейер охлаждения, камера орошения тушек водопроводной водой, ванна охлаждения тушек ледяной водой, прибор электроклеймения, охладитель субпродуктов. Линия также снабжается оборудованием для упаковывания готовой продукции в потребительскую и транспортную тару (на схеме не показано).

На рис 2.22 показана машинно-аппаратурная схема линии первичной переработки птицы.

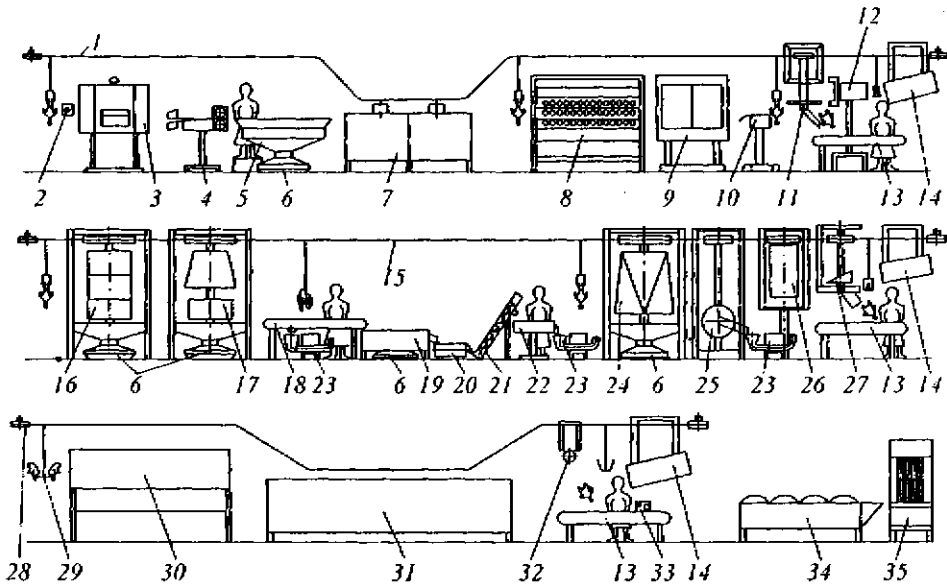


Рис. 2.22 Машинно-аппаратурная схема линии первичной переработки птицы

**Устройство и принцип действия линии.** Живую птицу (цыплят-бройлеров, кур-несушек и т.п.) навешивают на подвески конвейера убоя *1*, который обеспечивает перемещение птицы по всем машинам и аппаратам комплекса получения тушек по ходу технологического процесса. Количество перерабатываемой птицы фиксируется счетчиком *2*. Первая технологическая операция выполняется в аппарате электрооглушения *3*. После электрооглушения проводят обескровливание птицы наружным способом в машине для убоя *4* с помощью дисковых ножей. Обескровливание тушек производят в ванне *5*, снабженной оборудованием *6* для сбора и транспортировки технических отходов переработки. Далее тушки направляются в ванну *7* для тепловой обработки (шпарки). Ванна состоит из секций, внутри каждой смонтирован ороситель, а воду в них подогревают острым паром.

Из ванны *7* тушки поступают в машины для удаления оперения *8* и *9*, оснащенные дисковыми рядами с резиновыми пальцами. Каждый дисковый ряд автономно регулируется по высоте, ширине и углу поворота относительно своей продольной оси. При обработке тушек в эти машины непрерывно подается горячая вода температурой до  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При необходимости оставшееся мелкое оперение и пух удаляют вручную, затем автоматически опаливают и обмывают холодной водой.

Далее отделяют головы и ноги тушек птицы соответственно в машинах *10* и *11*. Особенностью машины *10* для отделения голов является наличие специальных рабочих органов, исключающих повреждение крыльев и обеспечивающих отделение голов независимо от размеров тушек. Машина *11* для отделения ног может устанавливаться как на поворотном участке конвейера, так и на прямом. Съемник отрезанных ног *12* имитирует движение рук оператора. Здесь же установлено устройство для мойки подвесок *14*. После мойки подвески возвращаются в исходное положение-начало конвейера *1* для загрузки птицы.

После отделения ног в машине 11 тушки птицы спускаются по лотку на конвейер 13 для контроля и передачи к месту навешивания на подвески конвейера потрошения 15. С помощью этого конвейера тушки последовательно проходят комплекс оборудования для потрошения птицы. Сначала тушки поступают в машину вырезания клоаки и вскрытия брюшной полости 16, затем в машину извлечения внутренних органов 17. Эти машины снабжены оборудованием сбора и транспортировки технических отходов переработки б.

Далее тушки перемещают к конвейеру 18, на котором вручную разбирают субпродукты. При этом субпродукты (сердце, печень, желудок, шея) подают в специальный насос 23 для перекачки на охлаждение в охладитель субпродуктов 34. Охлажденные субпродукты собирают в приемники 35, а технические отходы – в оборудовании б. В машине 19 выполняются операции отделения кишечника от желудка, разрезания желудка, очистки его от содержимого и снятия кутикулы. Товарный вид желудка приобретают в обезжиривателе 20, через моечный шнек 21 они поступают на стол контроля снятия кутикулы 22, а затем загружаются в насос 23 для перекачки субпродуктов на охлаждение.

Одновременно тушки, размещенные на подвесках, перемещаются конвейером 15 в машину 24 для удаления зоба, трахеи и пищевода, затем в машину 25 для отделения шеи. В машине 24 рабочие органы оснащены фрезой специальной формы. При входе в тушку фреза начинает вращаться, протыкает тушку в районе ключицы и наматывает на себя остатки потрошения, зоб, трахею и пищевод. В машине 25 для отделения шеи тушек птицы происходит передавливание шеи на уровне второго позвонка и отделение ее от тушки. Машина 25 дополнительно оснащена ножом для продольного разрезания кожи шеи. Удаленные части тушки поступают в оборудование б или в насос 23.

После внутренней и наружной мойки в машине 26 тушки снимаются с подвесок конвейера потрошения 15 при помощи сбрасывателя 27, поступают на конвейер 13 для контроля и перемещения к месту их загрузки на конвейер охлаждения 28. Освобожденные от тушек подвески проходят через моечное устройство 14 и возвращаются в исходное положение – начало конвейера 15.

Для продолжения технологического процесса тушки закрепляют на конвейере охлаждения 28 с помощью групповых (8- или 12- местных) подвесок 29. Вначале тушки перемещают через камеру 30 для орошения их водопроводной водой, затем через ванну 31 для охлаждения тушек ледяной водой.

Охлажденные тушки снимают с подвесок конвейера 28 при помощи сбрасывателя 32 на конвейер 13 для контроля, электроклеяния прибором 33 и транспортирования на упаковку. Освобожденные от тушек подвески проходят через моечное устройство 14 и возвращаются в исходное положение – начало конвейера 28.



Нужно в работе не забывать сделанного ранее, возвращаться к нему, пересматривать под новым углом зрения и стараться на основе всего материала, как своего, так и чужого, делать обобщающие выводы.  
**ОБРУЧЕВ ВЛАДИМИР АФАНАСЬЕВИЧ (1863–1956)**, геолог и географ, автор научно-фантастических романов, академик АН СССР

## 2.23 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МОРОЖЕНОЙ РЫБЫ И ФИЛЕ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** В зависимости от достигнутой конечной температуры в процессе холодильной обработки продуктов различают охлаждение, подмораживание и замораживание.

Замораживание – это способ консервирования, при котором рыбу охлаждают до возможно более низкой температуры, в пределах до криогидратной (эвтектической) точки раствора солей и азотистых веществ, содержащихся в ее тканях.

Для приготовления мороженой рыбы используется живая рыба, рыба-сырец и охлажденная рыба, отвечающие требованиям технических условий и стандартов. Используются следующие виды рыб: треска, сайда, скумбрия, минтай, салака, сельдь и др.

Глазированную осетровую рыбу хранят не более 7 мес, речного окуня, щуку, сома, карповых, сига, судака – не более 8, балтийского лосося – не более 4, тресковых – не более 6 мес. Осетровых, обработанных водным раствором ПВО, хранят не более 12, горбушу – не более 10 мес. Тресковых, палтуса, морского окуня, обернутого в антиадгезионную бумагу, хранят не более 5, а минтая – не более 4 мес.

Рыбу мороженую специальной разделки хранят в холодильных камерах при температуре не выше  $-18^{\circ}\text{C}$  не более 3 мес с момента повторного замораживания.

Качество мороженой рыбы оценивают в зависимости от внешнего вида, консистенции, запаха и разделки. Мороженую рыбу, так же как и охлажденную, подразделяют по длине или массе. По видам разделки она может быть неразделанная, потрошенная с головой, потрошенная обезглавленная и куском (потрошеную обезглавленную рыбу без хвостового плавника разделяют на куски не менее 0,5 кг). По качеству мороженую рыбу подразделяют на 1-й и 2-й сорта.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Основным этапом производства мороженого филе является замораживание разделанной рыбы в блок-формах. Существуют различные способы замораживания: естественный, искусственный и смесью льда и соли.

*Замораживание естественным способом.* Данный способ наиболее приемлем для районов Севера. Живую рыбу укладывают в один слой на ледяной площадке водоема.

*Искусственное замораживание.* К нему относят воздушное (сухое), криогенное и мокрое (рассольное) замораживание.

Наиболее приемлемый является криогенный способ замораживания или замораживание в кипящем хладагенте. Это наиболее высокоэффективный способ. Продукт, находясь в испаряющейся среде, быстро замораживается. Наиболее приемлемым считается жидкий азот. При его использовании замораживание рыбного продукта толщиной 1...3 см происходит за 10...15 мин. В качестве хладагента может

быть использована и двуокись азота. Быстрое замораживание обеспечивает высокое качество продукта. Основной недостаток – высокая стоимость хладагента.

В процессе замораживания в рыбе происходят биологические, биохимические и физические изменения. Одни из них благоприятно влияют на сохранение первоначальных свойств и состава рыбы, а другие – отрицательно. К биологическим изменениям относится подавление жизнедеятельности микроорганизмов, которые находятся на поверхности и внутри рыбы, а также снижения их количества. Снижение температуры при замораживании создает неблагоприятные условия для развития микроорганизмов. В процессе медленного снижения температуры при замораживании воздействие холода на микроорганизмы ослабляется и они приспосабливаются к действию низких температур. Количество микроорганизмов при медленном замораживании становится больше, чем при быстром.

Скорость замораживания – это скорость движения зоны кристаллизации воды в глубь тела рыбы. Под зоной кристаллизации подразумевается слой мяса рыбы, в котором под действием низких температур значительная часть воды превращается в лед. Зона кристаллизации возникает на поверхности рыбы и по мере протекания процесса постепенно углубляется внутрь его тела.

В холодильной технике замораживание со скоростью 0,5 см/ч и менее считают медленным, от 0,5 до 3,0 см/ч – ускоренным, свыше 3 до 10 см/ч быстрым и более 10 см/ч – сверхбыстрым.

Основным физическим процессом, характеризующим замораживание, является превращение тканевого сока в лед. Достоинства быстрого замораживания заключаются в следующем: в результате образования мелкокристаллической структуры тканей в ней меньше повреждений; при быстром прохождении критической зоны ( $-1 \dots -5$  °C) наблюдается меньшая степень денатурации белка, большая степень гидратации мышечных белков и высокая водоудерживающая способность тканей после размораживания. В случае быстрого замораживания продукт становится бледным с желтоватым оттенком, а при медленном он приобретает темно-красный цвет.

Увеличение скорости и уменьшение продолжительности достигается понижением температуры среды до  $-30$  °C с одновременной циркуляцией охлаждающего воздуха со скоростью 5...8 м/с.

Сохранение структуры тканей при замораживании является одной из основных задач технологий. Структура лучше сохраняется, если рыбу замораживать как можно быстрее после вылова, когда саркоlemma волокон еще достаточно эластична. Свежевыловленную рыбу рекомендуется замораживать со скоростью 1...3 см/ч.

Важным фактором при замораживании является фактор кристаллообразования. Желательно получение более мелких кристаллов, что обеспечит большую обратимость замораживания.

Рыбу следует замораживать до температуры  $-20$  °C, при этой температуре в мясе рыбы фактически уже не остается свободной воды, обладающей свойствами растворителя. Вещества мышечного сока не могут проявить своего денатурирующего действия, а ферментативная деятельность протекает настолько медленно, что не оказывает заметного влияния на изменение качества рыбы. В последние годы имеется тенденция к понижению температуры, при которой вымерзает последняя капля свободной воды, что следует считать оптимальным.

У большинства рыб процессы гидролиза и окисления жира приостанавливаются лишь при температуре  $-18$  °C, а у некоторых и при более низкой температуре. Рыбу

с большим содержанием жира необходимо замораживать до конечной температуры  $-25 \dots -30 \text{ }^\circ\text{C}$  и ниже.

Степень усушки мороженой рыбы зависит от вида, способа упаковки и условий хранения. В среднем усушка при хранении составляет  $0,1 \dots 0,4 \%$  в месяц.

Основные требования к режиму хранения мороженой рыбы включает постоянства температурного режима на протяжении всего периода хранения.

С целью продления сроков хранения рыбу упаковывают в картонную тару, полимерную пленку, пергамент, целлофан и др.

Хранят замороженную рыбу при температуре не выше  $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Замороженная рыбпродукция является полуфабрикатом при производстве консервов, пресервов и кулинарной продукции.

**Стадии технологического процесса.** Основными стадиями производства мороженой рыбы являются:

- приемка, мойка и сортировка рыбы-сырца;
- разделка, мойка, стекание и фасование рыбы и филе;
- замораживание и выгрузка блоков;
- упаковывание и маркирование готовой продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия включает комплекс оборудования для разделки рыбы, морозильные установки и установку для транспортирования мороженных блоков.

В состав комплекса для разделки рыбы входят бункеры-накопители, машины для обезглавливания рыбы, филетировочные машины, сборник для филейчиков, шкуроеъемные машины, инспекционные столы, межоперационные конвейеры.

Для замораживания рыбы и рыбной продукции на береговых рыбоперерабатывающих предприятиях и судах промыслового флота применяются два основных типа морозильных аппаратов – воздушные и плиточные. В воздушных морозильных аппаратах замораживание рыбы предварительно уложенной в блок формы или противни, производится в потоке холодного воздуха. Противни или блок-формы размещаются либо на неподвижных стеллажах или тележка, либо закрепляются на непрерывно движущемся конвейере. В первом случае морозильные аппараты работают периодически, с определенными циклами между загрузкой и выгрузкой, во втором – непрерывно. Плиточные морозильные аппараты имеют более высокие по сравнению с воздушными удельными технико-экономические показатели, так как замораживание производится между плитами охлаждаемыми хладагентом, что значительно уменьшает теплотери и увеличивает компактность аппарата. Плиточные аппараты могут быть с вертикальным, горизонтальным или радиальным расположением плит, между которыми размещается замораживаемый продукт. Наилучшие условия для механизации процесса загрузки рыбы и выгрузки блоков имеют морозильные аппараты роторно-плиточные.

Как правило, на судах промыслового флота и на береговых рыбоперерабатывающих предприятиях одновременно установлено несколько потоков оборудования в зависимости от вида обработки сырья: комплекс для получения филе, замороженного в блоках; участков для разделки средней и крупной рыбы; участка замораживания неразделанной рыбы.

На рис. 2.23. показана машинно-аппаратурная линия производства мороженой рыбы и филе, размещаемая в рыбораздельном цехе траулера.

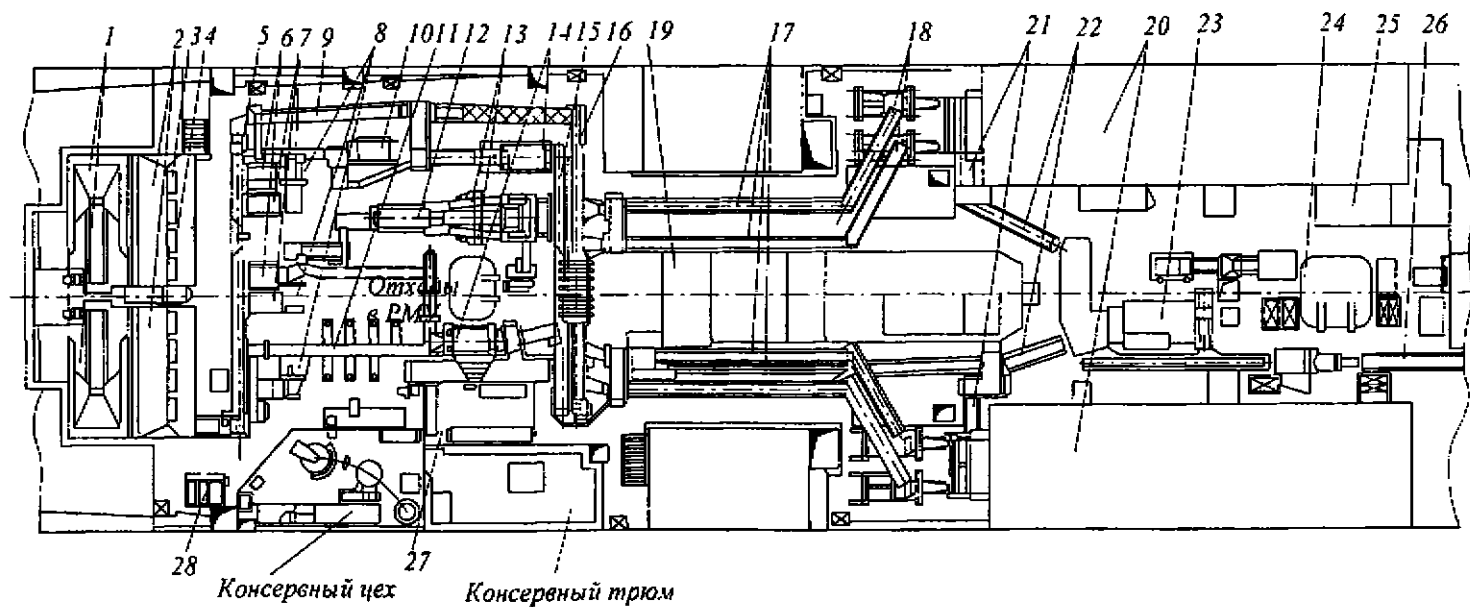


Рис. 2.23 Машинно-аппаратурная линия производства мороженой рыбы и филе, размещающаяся в рыбораздельном цехе траулера

**Устройство и принцип действия линии.** При работе линии свежельвовленную рыбу загружают в бункера-аккумуляторы 1 для предварительного охлаждения. Затем рыба поступает на сортировочный конвейер 2, снабженный накопителями 3 и конвейером отходов 4. Дальнейшая переработка рыбы зависит от ее размеров и вида. Крупная рыба конвейером 5 подается на инспекционный конвейер 9 и без разделки перемещается в морозильный аппарат для крупной рыбы 25.

Средняя и часть крупной рыбы конвейером 5 загружается в бункер-наполнитель 7 машины для обезглавливания рыбы 8, снабженной бункером для отходов 6. Из машины 8 обезглавленная рыба перемещается в машину 10 для разделки рыбы на тушку. При разделке на тушку у обезглавленной рыбы удаляют киль брюшка, плавники, чешую, внутренности, включая ястыки, икру и молоки.

Тушки рыбы моют в машине 14 и укладывают на противни, которые с помощью системы конвейеров 16, 17 и 18 направляют в воздушный конвейерный морозильный аппарат 20. Комплекс оборудования для разделки рыбы на филе, входящий в состав линии, предназначен для филетирования трески, пикши, сайды и другой подобной по форме и размерам обезглавленной потрошеной или непотрошеной рыбы длиной 350...370 мм.

Производительность комплекса составляет 20...35 рыб в минуту. При работе комплекса рыбу из накопителей 3 с помощью конвейера 5 загружают в бункер-накопитель 7. Из него рыба поступает к машине 8 для обезглавливания рыбы. При обезглавливании у рыбы отрезается голова с плечевыми костями касательно крышек, при этом она удаляется с пучком внутренностей. Обезглавленную рыбу укладывают на операционный конвейер филетировочной машины 12. При разделке на филе тушки разрезаются ровным срезом на две продольные половинки вдоль позвоночника, затем убираются позвоночные и реберные кости, отрезается киль брюшка. Полученные филейчики поступают на конвейер шкуроеъемной машины 13. При прохождении поворотных роликов филейчики поворачиваются на 180 °С, занимая необходимое положение для загрузки шкуроеъемной машины.

Обесшкуренное филе дозируют на порции, которые фасуют в блок-формы (противни) и с помощью системы конвейеров заполненные блок-формы загружают в горизонтально-плиточный морозильный аппарат 19.

Для переработки рыб немассовых видов в состав линии входит конвейер 11 для ручной разделки рыбы, на который рыба подается после обезглавливания в машине 8. Разделку выполняют для получения полупотрошенной, обезглавленной или тушки рыбы, которую пропускают через моечную машину 14 и фасуют порциями на противни. Заполненные продуктом противни с помощью системы конвейеров запускают в конвейерный морозильный аппарат 20. На выходе из морозильных аппаратов 21 выполняют выбивание замороженных блоков и филе. Эти блоки с помощью конвейеров 22 подаются в глазировочный аппарат 23. Из него блоки передаются на упаковку 24 и загружаются конвейером 26 в трюм.

В состав линии входят также сборочный конвейер отходов 15, установка для вытапливания медицинского жира 28 и пульт управления 27.



\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты:*

*1. Производство и готовая продукция на линии первичной переработки сельхозсырья многопредметны и зависят от числа полезных компонентов, содержащихся в сырье.*

*2. Ведущими стадиями технологического процесса в этих линиях являются очистка, разборка исходного сельхозсырья, а также его консервация и упаковка.*

*3. Множество инженерных решений, направленных на механизацию технологических операций, обусловлено огромным диапазоном технологических свойств исходного сырья.*

*4. Перспектива развития линий просматривается преимущественно в создании оборудования для рационального извлечения и использования всех составных частей сельскохозяйственного сырья и морепродуктов.*

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается принцип первичной переработки сельхозсырья на составляющие компоненты?
2. Что представляет собой исходное сырье мукомольного и крупяного производства?
3. Какие стадии технологического процесса составляют переработку хлебных злаков в муку?
4. В чем заключаются особенности круп и хлопьев из зерна?
5. Какое оборудование входит в комплексы, составляющие линию производства сушеного картофеля и овощей?
6. Какие стадии технологического процесса обеспечивают переработку картофеля на крахмал?
7. Какой комплекс оборудования является ведущим в линии производства сахара-песка?
8. Каковы особенности производства томатного сока?
9. Каково устройство и каков принцип действия линии производства подсолнечного масла?
10. Каковы основные комплексы оборудования, составляющие линию производства жареного и растворимого кофе?
11. Что является исходным сырьем в производстве солода?
12. Какой комплекс оборудования является наиболее значимым в линии производства виноматериалов?
13. Какие способы производства спирта этилового ректификационного пищевого Вам известны?
14. В чем заключаются особенности производства и потребления хлебопекарных дрожжей?
15. Какие стадии технологического процесса характерны для получения ферментных препаратов?
16. Чем отличаются стадии технологического процесса в производстве питьевого и сухого молока?
17. Какое оборудование входит в ведущий комплекс для извлечения линии производства сливочного масла?
18. Каково устройство и каков принцип действия линии первичной переработки крупного рогатого скота?
19. Какие стадии технологического процесса составляют первичную переработку птицы?
20. Какие стадии технологического процесса составляют производство рыбного филе?



... в науке большое значение имеет правило –  
только смелые побеждают.  
ПЛАНК МАКС КАРЛ (1858–1947), немецкий физик

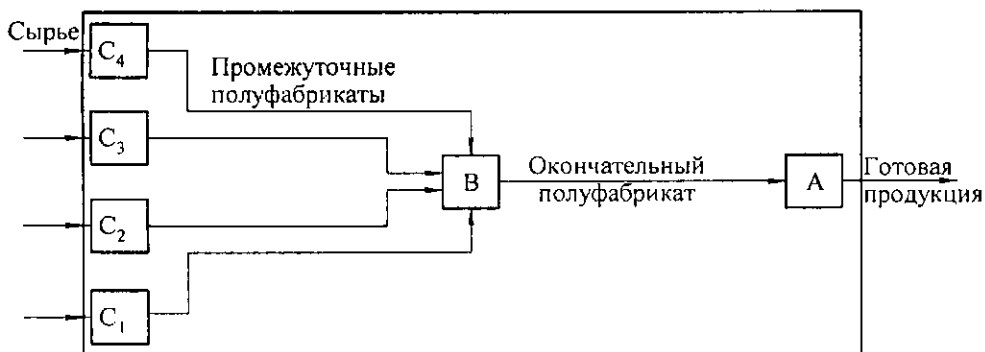
### Глава 3

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПУТЕМ СБОРКИ ИЗ КОМПОНЕНТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

В линиях для вторичной переработки сельхозсырья в ходе технологического процесса выполняется сборка сырья с целью образования многокомпонентных пищевых сред. Главные операции такой сборки – дозирование и смешивание рецептурных компонентов, а также их формование и упаковка. Продукция, выпускаемая на таких линиях, предназначена для реализации населению, поэтому оборудование в них также обеспечивает выполнение финишных операций дозирования и упаковки.

В общем виде оборудование линий для производства пищевых продуктов путем сборки из компонентов сельскохозяйственного сырья можно сгруппировать в виде комплексов, показанных на структурной схеме.

В состав комплексов С входят машины и аппараты для очистки сырья от технологических примесей, его измельчения, сортирования, нагревания, охлаждения, плавления и растворения. С помощью машин и аппаратов, входящих в комплексы В, формируется новый искусственный химический состав и строение сборной продукции в результате дозирования, смешивания и термической обработки компонентов, а также формирования заготовок штучных изделий. Оборудование комплексов А предназначено для корректировки и стабилизации химического состава и структуры готовой продукции, а также ее упаковывания в потребительскую и торговую тару.



Структурная схема линий для производства пищевых продуктов путем сборки из компонентов сельскохозяйственного сырья



Три пути ведут к знанию: путь размышления – это путь самый благородный, путь подражания – это путь самый легкий и путь опыта – это путь самый горький.  
*КОНФУЦИЙ (551–479 до н.э.), древнекитайский мыслитель*

### 3.1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБА ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Хлеб вырабатывают в виде штучных изделий, выпеченных из мучного теста, которое подвергнуто брожению. Поверхность изделий покрыта твердой корочкой, а внутри содержится мягкий, пористый, эластично-упругий мякиш.

Основным сырьем для производства хлеба является мука, а также питьевая вода, дрожжи и соль. В качестве дополнительного сырья используют сахар, жиры и различные пищевые добавки. Хлебопекарная мука изготовлена из мучнистых зерен мягкой пшеницы. Структура такой муки является сыпучей порошкообразной. Все остальное сырье преобразуют в промежуточные жидкие полуфабрикаты: растворы, эмульсии или суспензии.

Хлебопекарное тесто в результате замеса и брожения приобретает необходимые для данного вида хлеба кислотность и физические свойства: упругость, формоудерживающую и газоудерживающую способности, которые обеспечивают максимальный объем тестовых заготовок, поступающих на выпечку.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В настоящее время в хлебопекарном производстве применяют два вида поточных линий, отличающихся по степени механизации. Выработка хлебобулочных изделий в ассортименте осуществляется на механизированных линиях, позволяющих в пределах ассортиментных групп переходить с производства одного вида продукции на производство другого. Массовые виды продукции (батоны, формовой и круглый подовый хлеб) вырабатывают на специализированных комплексно-механизированных и автоматизируемых линиях.

Основными процессами хлебопекарного производства являются замес, брожение рецептурной смеси-теста и выпечка. При замесе перемешиваются компоненты, смесь подвергается механической обработке и насыщению пузырьками воздуха, происходит гидролитическое воздействие влаги на сухие компоненты смеси, формируется губчатый каркас теста. Брожение теста вызывается жизнедеятельностью дрожжей, молочнокислых и других бактерий. При брожении в тесте протекают микробиологические и ферментативные процессы, изменяющие его физические свойства. Образуется капиллярно-пористая структура, удерживаемая эластично-пластичным скелетом, поры которого заполнены газом, состоящим из диоксида углерода, паров воды, спирта и других продуктов брожения. Происходит накопление ароматических и вкусовых веществ, определяющих потребительские свойства хлеба.

При выпечке происходит комплекс физических, микробиологических, коллоидных и биохимических процессов, в результате которых кусок теста превращается в хлеб. В печи увеличивается объем и образуется форма хлеба, поверхность покрывается коркой, под которой размещается мякиш.

Продукция хлебопекарного производства выпускается в законченном товарном и потребительском виде. Срок хранения хлеба без специальной упаковки не превы-

шает 1...2 суток, поэтому его производство организуют в местах непосредственного потребления. Для транспортирования хлеб укладывают на деревянные лотки, размещают последние на стеллажах или тележках и перевозят специализированными автомобилями.

**Стадии технологического процесса.** Приготовление хлеба из пшеничной муки можно разделить на следующие стадии и основные операции:

- подготовка сырья к производству: хранение, смешивание, аэрация, просеивание и дозирование муки; подготовка питьевой воды; приготовление и темперирование растворов соли и сахара, жировой эмульсии и дрожжевой разводки;
- дозирование рецептурных компонентов, замес и брожение опары и теста;
- разделка – деление созревшего теста на порции одинаковой массы;
- формование – механическая обработка тестовых заготовок с целью придания им определенной формы: шарообразной, цилиндрической, сигарообразной и др.;
- расстойка – брожение отформованных тестовых заготовок. После расстойки тестовые заготовки могут подвергаться нарезке (батоны, городские булки и др.);
- гигротермическая обработка тестовых заготовок и выпечка хлеба;
- охлаждение, отбраковка и хранение хлеба.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства хлеба выполняются с помощью комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству муки, воды, соли, сахара, жира, дрожжей и других видов сырья. Для хранения сырья используют мешки, металлические емкости и бункера. На небольших предприятиях применяют механическое транспортирование мешков с мукой погрузчиками, а муки – нориями, скребковыми и винтовыми конвейерами. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспорта муки. Жидкие полуфабрикаты перекачиваются насосами. Подготовку сырья осуществляют при помощи просеивателей, смесителей, магнитных аппаратов, фильтров и вспомогательного оборудования. Ведущий комплекс линии состоит из оборудования для темперирования, дозирования и смешивания рецептурных компонентов; брожения опары и теста; деления теста на порции и формования тестовых заготовок и полуфабрикатов. В состав этого комплекса входят дозаторы, тестоприготовительные агрегаты, тестомесильные, делительные и формующие машины.

Следующий комплекс линии включает оборудование для расстойки, укладки и выпечки тестовых заготовок. К нему относятся расстойный шкаф, механизмы для укладки, пересадки, нарезки тестовых заготовок и хлебопекарная печь.

Завершающий комплекс линии содержит оборудование для охлаждения и упаковки готовых изделий.

На рис. 3.1 показана машинно-аппаратурная схема линии производства одного из массовых видов хлеба – подового хлеба из пшеничной муки 1 сорта.

**Устройство и принцип действия линии.** Муку доставляют на хлебозавод в автомуковозах, принимающих до 7...8 т муки. Автомуковоз взвешивают на автомобильных весах и подают под разгрузку. Для пневматической разгрузки муки автомуковоз оборудован воздушным компрессором и гибким шлангом для присоединения к приемному щитку 8. Муку из емкости автомуковоза под давлением по трубам 10 загружают в силосы 9 на хранение.

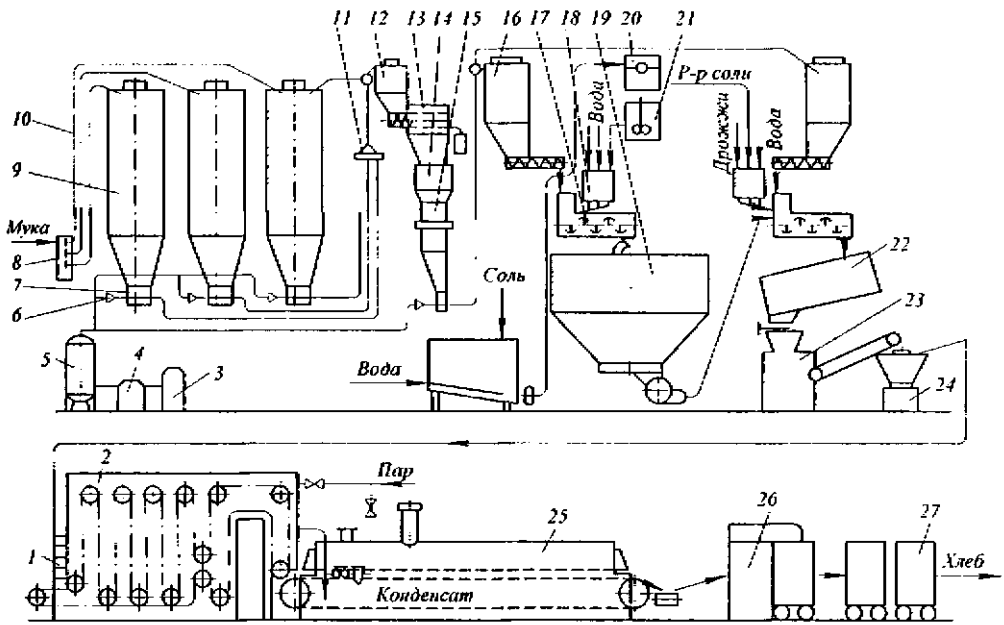


Рис. 3.1 Машинно-аппаратурная схема линии производства хлеба из пшеничной муки

В специальных устройствах готовят растворы соли и сахара, дрожжевую разводку и расплав жира (маргарина). Эти полуфабрикаты хранят в расходных емкостях, из которых через дозирующие устройства они поступают на замес. На рис. 3.1. показаны емкости 20 и 21 для хранения раствора соли и дрожжевой разводки.

При работе линии муку из силосов 9 выгружают в бункер 12 с применением системы азрозольтранспорта, который кроме труб включает в себя компрессор 4, ресивер 5 и воздушный фильтр 3. Расход муки из каждого силоса регулируют при помощи роторных питателей 7 и переключателей 11. Для равномерного распределения сжатого воздуха при различных режимах работы перед роторными питателями устанавливают ультразвуковые сопла 6.

Программу расхода муки из силосов 9 задает производственная лаборатория хлебозавода на основе опытных выпечек хлеба из смеси муки различных партий. Такое смешивание партий муки позволяет выравнивать хлебопекарные качества рецептурной смеси муки, поступающей на производство. Далее рецептурную смесь муки очищают от посторонних примесей на просеивателе 13, снабженном магнитным уловителем, и загружают через промежуточный бункер 14 и автоматические весы 15 в производственные силосы 16.

В данной линии для получения хорошего качества хлеба используют двухфазный способ приготовления теста. Первая фаза — приготовление опары, которую замешивают в тестомесильной машине 17. В нее дозируют муку из производственного силоса 16, также отtemперированную воду и дрожжевую разводку через дозирочную станцию 18. Для замеса опары используют от 40 до 70 % муки. Из машины 17 опару загружают в шестисекционный бункерный агрегат 19.

После брожения в течение 3,0...4,5 ч опару из агрегата 19 дозируют во вторую тестомесильную машину с одновременной подачей оставшейся части муки, воды,

растворов соли и сахара, расплава жира. Вторую фазу приготовления теста завершают его брожением в емкости 22 в течение 1...2 ч. Плотность пшеничного теста после замеса составляет  $1200 \text{ кг/м}^3$ , в конце брожения –  $500 \text{ кг/м}^3$ .

Готовое тесто стекает из емкости 22 в приемную воронку тестоделительной машины 23, предназначенной для получения порций теста одинаковой массы. После обработки порций теста в округлительной машине 24 образуются тестовые заготовки шарообразной формы, которые с помощью маятникового укладчика 1 раскладывают в ячейки лоток расстойного шкафа 2.

Расстойка тестовых заготовок проводится в течение 35...50 мин. При относительной влажности воздуха 80...85 % и температуре 35...40 °С в результате брожения структура тестовых заготовок становится пористой, объем их увеличивается в 1,4...1,5 раза, а плотность снижается на 30...40 %. Заготовки приобретают ровную гладкую эластичную поверхность. Для предохранения тестовых заготовок от возникновения при выпечке трещин-разрывов верхней корки в момент перекладки заготовок на под печи 25 их подвергают надрезке или наколке.

На входном участке пекарной камеры заготовки 2...3 мин подвергаются гигротермической обработке увлажнительным устройством при температуре 100...160 °С и относительной влажности воздуха 70...85 °С. Выпечка производится при переменном температурном режиме печи 150...250 °С в течение 10...60 мин, в зависимости от рецептуры и массы порции выпекаемого хлеба.

Выпеченные изделия с помощью укладчика 26 загружают в контейнеры 27 и направляют через остывочное отделение в экспедицию.

Общая продолжительность приготовления хлеба от подачи муки до получения готовой продукции обычно составляет 9...10 ч.



Похвалить человека очень полезно, это поднимает его уважение к себе, способствует развитию в нем доверия к своим творческим силам.  
**ГОРЬКИЙ МАКСИМ (1868–1936).**  
*русский писатель, публицист*

### 3.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА РЖАНОГО ХЛЕБА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** В продажу поступает хлеб простой формовой из ржаной обойной муки, хлеб формовой из ржаной сеяной или обдирной муки, реже – ржаной подовый. Наряду с этим выпускается хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки различных видов помола. По химическому составу ржаной и пшеничный хлеб из муки одинакового помола существенно не отличается.

Биологическая ценность ржаного хлеба во многом определяется степенью помола муки. Чем меньше ее частицы, тем полнее утилизируются белки, жиры и углеводы выпеченного из такой муки хлеба.

Состав углеводов, количество и особенно качество клейковины, определяющие хлебопекарные свойства ржаной муки, отличаются от этих факторов пшеничной муки. Если физические свойства пшеничного теста, его газоудерживающая и формоудерживающая способность, в основном, определяются эластичным клейковинным "скелетом" теста, то ржаное тесто можно рассматривать как жидкость, в которой взвешены набухающие зерна крахмала и ограниченно набухающая, не перешедшая в раствор, часть белков. Формоудерживающая способность ржаного теста поэтому

является следствием вязкости этой жидкости, а газодерживающая способность – результатом поверхностного натяжения ее.

Для разрыхления ржаного и смешанного ржано-пшеничного теста обычно используют закваску – порцию спелого теста, служащим исходным возбудителем брожения или приготовления новой порции теста. Для микрофлоры любой закваски характерно наличие дрожжевых клеток, возбуждающих в закваске и тесте спиртовое брожение с выделением диоксида углерода, разрыхляющего тесто, а также наличие кислотообразующих бактерий (главным образом молочнокислых и близких им), вызывающих в результате брожения накопление в тесте кислот (преимущественно молочной).

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Общие принципы технологии хлебопечения и машинно-аппаратурное оформление производства ржаного хлеба аналогичны производству пшеничного хлеба. Особенности производства в основном проявляются на стадии приготовления ржаного теста. Существуют различные способы приготовления ржаного теста: на закваске, на опаре, на дрожжах. Получил распространение и комбинированный способ приготовления ржаного теста на закваске и дрожжах. При комбинированном способе для приготовления ржаного теста наряду с дрожжевой разводкой используют часть светлого (выбродившего) теста прошлого приготовления в старой закваске.

При потреблении ржаной хлеб полезен здоровым людям и используется в диетическом питании, например при ожирении и сахарном диабете. Однако при многих заболеваниях желудка, а также в питании детей младшей возрастной группы от ржаного хлеба надо воздерживаться. Любкой свежий хлеб, а ржаной в особенности, обладает сокогонным действием. Поэтому более диетическим считается хлеб вчерашний.

**Стадии технологического процесса.** Приготовление ржаного хлеба можно разделить на следующие стадии и основные операции:

- подготовка сырья к производству: хранение, смешивание, аэрация, просеивание и дозирование муки; подготовка питьевой воды; приготовление и темперирование раствора соли, жировой эмульсии, дрожжевой разводки, солода.
- дозирование рецептурных компонентов, замес и брожение закваски опары и теста;
- разделка и укладка порций созревшего теста в формы;
- расстойка тестовых заготовок в формы;
- выпечка хлеба в формах;
- выгрузка выпеченного хлеба из форм;
- охлаждение, отбраковка и хранение хлеба.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства хлеба выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству муки, воды, соли, жира, дрожжей и других видов сырья. Для хранения сырья используют мешки и металлические бункера. На небольших предприятиях применяют механическое транспортирование мешков с мукой погрузчиками, а муки – нориями, скребковыми и винтовыми конвейерами. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспорта муки. Жидкие полуфабрикаты перекачиваются насосами. Подготовку сырья осуществляют с помощью просеивателей, смесителей, магнитных аппаратов, фильтров и вспомогательного оборудования.

Ведущий комплекс линии состоит из оборудования для темперирования, дозирования и смешивания рецептурных компонентов; брожения опары и теста; деления теста на

порции и укладки их в формы. В состав этого комплекса входят дозаторы, тестоприготовительный агрегат, тестомесильные машины и делительно-посадочный агрегат.

Следующий комплекс линии включает оборудование для расстойки и выпечки тестовых заготовок в формах. К нему относятся расстойный шкаф и хлебопекарная печь.

Завершающий комплекс линии содержит оборудование для охлаждения и упаковывания готовых изделий.

На рис. 3.2. показана машинно-аппаратурная схема линии для производства ржаного хлеба.

**Устройство и принцип действия линии.** Подготовка муки, воды, соли и дрожжей производится также, как и в ранее описанной линии производства хлеба из пшеничной муки. От приемного щитка 1 мука по трубам 2 сжатым воздухом подается в силосы 3 для хранения.

При работе линии муку выгружают из силосов 3 с применением аэрозольтранспорта, снабженный переключателями 4, формируют заданный состав рецептурной смеси и подают ее в производственный бункер 5. Далее рецептурная смесь муки очищается на просеивателе 6 и передается через промежуточный бункер 7 и автоматические порционные весы 8 на приготовление опары или теста.

При выработке ржано-пшеничного теста для массовых сортов хлеба непрерывным способом используются агрегаты комбинированного типа, в которых брожение заквасок производится в бункере, а теста – на ленте конвейера.

Линия, изображенная на рис. 3.2, оснащена тестоприготовительным агрегатом, в состав которой входят два дозатора непрерывного действия для муки (используемые соответственно при приготовлении жидкой фазы и теста), рецептурно-смесительное устройство для приготовления жидкой опары и теста, бродильный аппарат для опары, ленточный конвейер, расходные емкости, трубопроводы, насосы, а также автоматическая система управления. Дозатор для муки снабжен приемным бункером 9, питающим шнеком 10, мерной емкостью 11 с датчиками 13 верхнего и нижнего уровней, вибрлотком 12 с электромагнитным вибратором 14 и электрическим датчиком. Последний связан с весовым устройством 15 и реагирует на количество муки, поступающей на взвешивающий конвейер 16.

Рецептурно-смесительное устройство для приготовления жидкой фазы комбинированным способом имеет расходные емкости воды 17, дрожжевой разводки 18 жидкой опары 19, систему дозаторов жидких компонентов 20, смеситель непрерывного действия 21, а также дозатор для муки.

Бродильный аппарат для опары выполнен в виде неподвижной двенадцатискционной емкости 22, днище которой имеет уклон к центру. На днище установлен двенадцатипозиционный дисковый переключатель 25, синхронно работающий с поворотным переключателем 24 заполнения секций.

Рецептурно-смесительное устройство для приготовления теста имеет расходные емкости для раствора соли 30, воды 32 и солода 31, систему дозаторов жидких компонентов 33, смеситель непрерывного действия 34, снабженный водяной рубашкой 35, а также дозатор для муки.

При работе агрегата непрерывно дозируют муку и жидкие компоненты в смеситель 9. Замес жидкой фазы осуществляется в течение 40 с. Интенсивное перемешивание компонентов достигается благодаря высокой частоте вращения месительного вала – 400 мин<sup>-1</sup>.



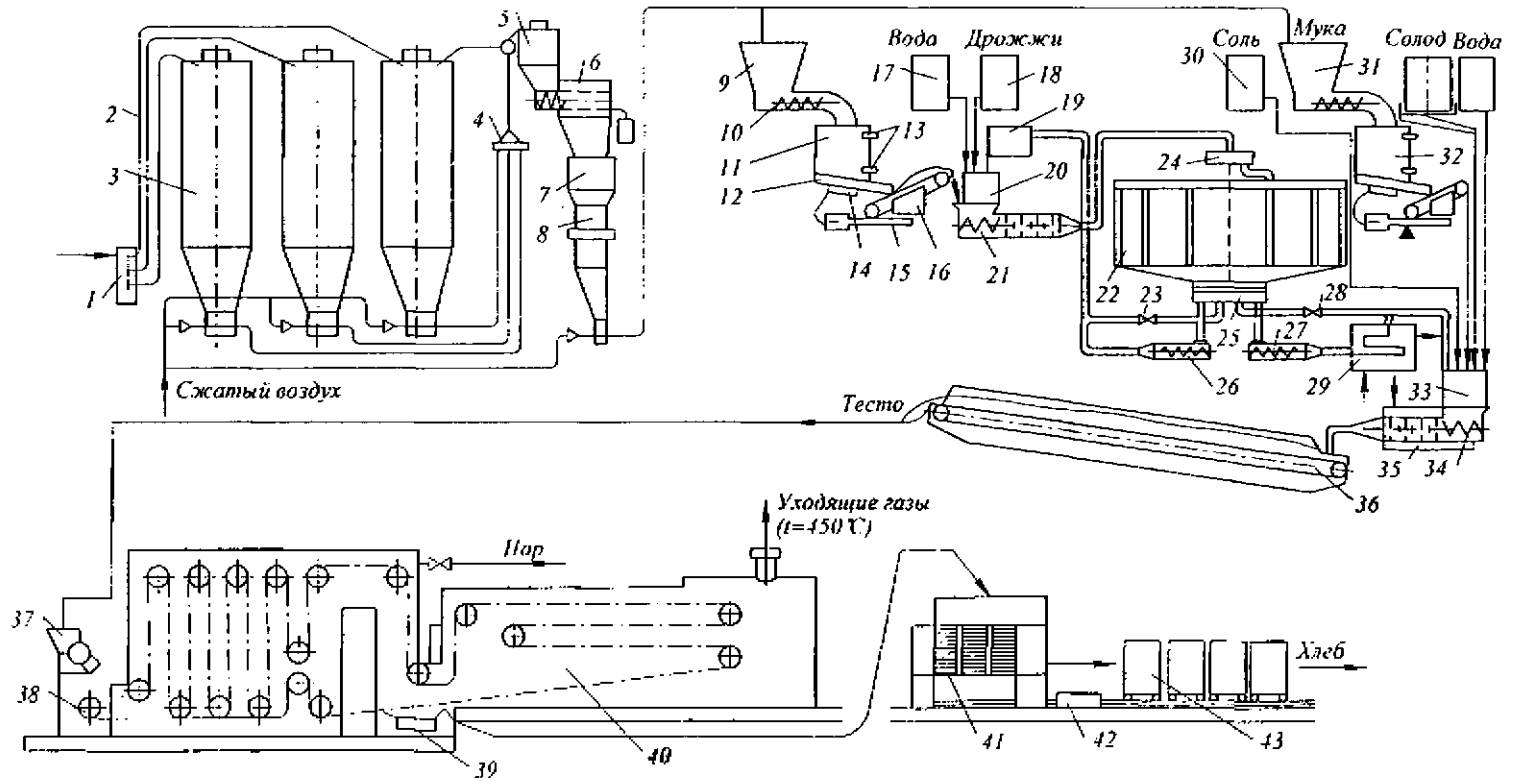


Рис. 3.2 Машинно-аппаратурная схема линии производства ржаного хлеба

Отмеренные порции жидкой фазы последовательно нагнетается в одну из секций емкости 28. Через определенный промежуток времени выбродившая опара перекачивается двумя шнековыми насосами. Насос 26 перекачивает опару в емкость 19 для приготовления жидкой фазы, а насос 27 – в охладитель 29 и далее дозатор жидких компонентов 33 для приготовления теста. Краны 23 и 28 служат для возврата жидкой опары при переполнении расходных баков.

Рецептурные компоненты с помощью системы дозаторов 33 загружаются в смеситель 34. Тесто замешивается в течение 60 с месильным валом 35 при частоте вращения 200 мин<sup>-1</sup>.

Из смесителя 34 тесто непрерывно выпрессовывается в виде жгута и поступает на ленточный конвейер 36 для брожения в течение 12...20 мин.

Управление работой агрегата осуществляется с центрального пульта, оборудованного показывающими и регистрирующими приборами. На пульт вынесены указатели уровнемеров, положения регулирующих каналов, указатели мощности смесителя, указатели температуры опары, теста и др.

Выброженное тесто с конвейера 36 поступает в делительно-посадочный агрегат 37, с помощью которого тестовые заготовки укладываются в формы, закрепленные на люльках расстойного шкафа 38, соединенного с печью 40 общим цепным конвейером.

Выпеченный хлеб выгружается из форм путем их опрокидывания на ленточный конвейер 39 и поступает к укладчику 41. Загруженные контейнеры 42 с помощью раздаточной тележки 43 направляются в экспедицию.



Удовлетворите всем желаниям человека,  
но отыщите у него цель в жизни, и посмотрите,  
каким несчастным  
и ничтожным существом явится он.  
*УШИНСКИЙ КОНСТАНТИН ДМИТРИЕВИЧ (1824–1870),  
русский педагог, публицист, писатель*

### 3.3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПШЕНИЧНЫХ СДОБНЫХ СУХАРЕЙ

**Характеристика продукции сырья и полуфабрикатов.** Сухари – это высушенные для хранения впрок или непосредственно для питания кусочки ржаного или пшеничного хлеба. Влажность сухарей в зависимости от рецептуры составляет от 8 до 12 %.

В России и Беларуси распространены различные виды сухарей, отличающиеся формой, размерами, вкусовыми и питательными свойствами и способностью выдерживать длительное хранение.

Изготавливают также сухари специализированного назначения: питательные сухари для детей, лечебные сухари различного вида (на солях минеральных источников или сухари для диабетиков и т.п.) или же соленые, так называемые «пивные» сухари.

В зависимости от вида сухарей в их рецептуру входят не только пшеничная или ржаная мука, дрожжи и соль, но также сахар, животное масло, яйца, ароматические эссенции и др.

При производстве сухарей основным полуфабрикатом является сухарная плита, состоящая из тестовых заготовок сухарей. Размеры заготовок соответствуют желательному профилю и длине сухаря.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Сухари обычно вырабатывают на механизированных поточных линиях для выпуска изделий в ассортименте.

Основным процессом производства сухарей, наряду с замесом, брожением теста и выпечкой заготовок, является формование сухарных плит. Для этого выполняют операции деления теста на мелкие дольки, раскатки долек в жгуты и укладки их в ряды на металлические листы. Вследствие прокатки долек теста в жгуты сухари приобретают мелкую пористость и равномерную поверхность среза сухаря.

Так как сухари содержат мало влаги, то они могут долгое время храниться без ухудшения вкусовых и питательных свойств. Диетические достоинства сухарей состоят в том, что их белки, жиры и углеводы сравнительно легко и полностью утилизируются организмом человека, в том числе и при многих заболеваниях. Кроме того, сухари пригодны для непосредственного употребления в пищу при любой температуре, что особенно ценно для снабжения каких-либо экспедиций и армии.

**Стадии технологического процесса:**

- подготовка сырья к производству;
- дозирование рецептурных компонентов, замес и брожение теста и опары;
- разделка теста и получение сухарных плит: деление теста на мелкие дольки, раскатка долек в жгуты, укладка их в ряды на металлические листы – противни для образования плиты;
- расстойка сухарных плит и последующая смазка их поверхности яичной болтушкой, обсыпка сахаром, ореховой или сухарной крошкой;
- выпечка и охлаждение сухарных плит;
- выдержка сухарных плит, последующая их резка на ломти и укладка ломтей в кассеты или на металлические листы;
- сушка ломтей и охлаждение готовых сухарей;
- отбраковка и упаковывание готовой продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства сухарей выполняются с помощью комплекса оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству муки, воды, соли, сахара, жира, дрожжей и других видов сырья. Для хранения сырья используют мешки и металлические емкости и бункера. На небольших предприятиях применяют механическое транспортирование мешков с мукой погрузчиками, а муки – нориями, скребковыми и винтовыми конвейерами. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспорта муки. Жидкие полуфабрикаты перекачиваются насосами. Подготовку сырья осуществляют с помощью просеивателей, смесителей, магнитных аппаратов, фильтров и вспомогательного оборудования.

Ведущий комплекс линии состоит из оборудования для темперирования, дозирования и смешивания рецептурных компонентов; брожения опары и теста; деления теста на порции, формования тестовых заготовок и сухарных плит. В состав этого комплекса входят дозаторы, тестоприготовительные агрегаты, тестомесильные и формующие машины для сухарных плит.

Следующий комплекс линии включает оборудование для расстойки, выпечки, охлаждения, выпечки и резания сухарных плит; укладки и сушки ломтей.

Завершающий комплекс оборудования содержит оборудование для охлаждения и упаковывания готовой продукции.

Линия комплектуется также машиной для очистки и смазки противней и системой конвейеров для возврата противней после выхода из печи, подготовка и подача их на загрузку либо к формующей машине для сухарных плит, либо к резательной машине для получения ломтей.

На рис. 3.3. показана машинно-аппаратурная схема линии для производства пшеничных сдобных сухарей.

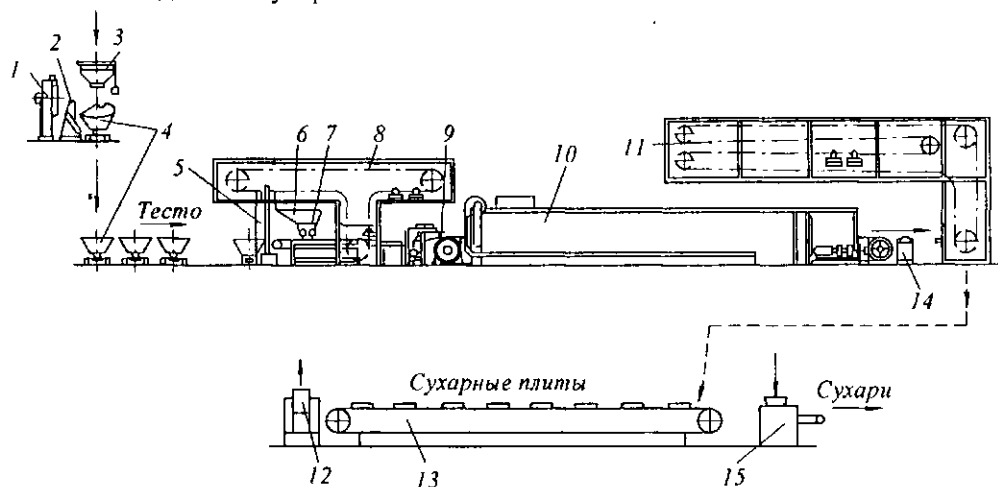


Рис. 3.3 Машинно-аппаратурная схема линии производства пшеничных сдобных сухарей

**Устройство и принцип действия линии.** Подготовка муки, воды, соли, дрожжей и других компонентов проводятся так же, как в ранее описанной линии производства хлеба из пшеничной муки.

При работе линии подготовленная к производству мука из производственного силоса направляется в порционные весы 3 и определенными дозами поступает в дежу 4, установленную на тестомесильной машине 2. Сюда же через систему дозаторов 1 подаются жидкие компоненты: вода и дрожжевая разводка. Производится замес опары и дежу откатывают в помещение для брожения.

После брожения опары дежу устанавливают на другую тестомесильную машину, порционными весами дозируют оставшуюся часть муки, а системой дозаторов подают необходимые жидкие компоненты. Производится замес теста и дежу снова откатывают в помещение для брожения.

Для приготовления теста вместо тестомесильных машин периодического действия с подкатными дежами в линии можно использовать тестомесильные агрегаты непрерывного действия.

Дежи с готовым тестом поочередно подвозятся к дежеоткатывателю 5, направляющему тесто в приемную воронку 6 машины 7 для формования сухарных плит. В формующей машине 7 образуют тестовые заготовки сухарей в виде жгутиков, которые укладываются вплотную друг к другу на металлические противни, формируя сухарную плиту. Далее противни с плитами устанавливают на люльки конвейера расстойного шкафа 8.

При пересадке из шкафа 8 на под туннельной печи 10 тестовые заготовки накалывают и смазывают меланжем. Выпечка сухарных плит производится без пароувлажнения при пониженных температурных режимах.

Выпеченные сухарные плиты снимают с противней и загружают на конвейер охлаждающего шкафа 11. При использовании приточно-вытяжной вентиляции продолжительность охлаждения сухарных плит составляет 6...16 ч. Такая выдержка необходима для повышения жесткости и пластичности внутренней структуры сухарных плит, что обеспечивает минимальное количество брака при резке. После охлаждения плиты направляют конвейером 13 к резательной машине 12. Сухарные плиты разрезают ножами на куски одинаковой толщины – ломти, раскладывают их на металлические противни при помощи укладчика 9 и загружают противни с ломтиками на под печи 10 для сушки сухарей.

Сушка сдобных сухарей возможна только в хлебопекарных печах, так как лучистая составляющая теплообмена обеспечивает получение необходимой по требованиям стандарта окраски боковых сторон сухарей.

Представленная на рис. 3.4. поточная линия с одной печью работает по 3-х сменному режиму: 1-я смена – выпечка сухарных плит, 2-я и 3-я смены – сушка сухарей. Таким образом, шкаф охлаждения выполняет функции накопителя, а печь переналаживается на два разных режима – выпечки и сушки. Высокопроизводительные линии по производству сдобных сухарей комплектуют двумя печами: одной – для выпечки сухарей, второй – для сушки сухарей. При этом для согласованной работы линии площадь второй печи должна быть в два раза больше.

После сушки сухари на выходе из печи снимают с противней и подают на ленточный конвейер 14 для остывания и стабилизации внутренней структуры. Готовые сухари упаковывают в машине 15. В зависимости от назначения и предполагаемого срока хранения сухари упаковывают в пакеты, коробки или ящики.



Мне кажется, я нахожусь где-то в самом начале большого темного леса, из которого надо мне выйти и найти путь для других. Я только что вошел в него, осматриваюсь, оглядываюсь, закладываю начало просеки. А работы много. И это хорошо...

*ВЕРНАДСКИЙ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ (1863-1945),  
естествоиспытатель, основоположник  
учения о ноосфере, академик АН СССР*

### 3.4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Макароны – кулинарный полуфабрикат из высушенного пресного пшеничного теста, который перед употреблением в пищу подвергается варке. Ассортимент макаронных изделий подразделяют на типы и виды: трубчатые (длинные, короткорезанные, рожки, перья), нитеобразные (вермишель), ленточные (лапша), фигурные (ракушки, суповые заправки) и др.

Основным сырьем для производства макарон является пшеничная мука, а также питьевая вода. Для повышения пищевой ценности макарон иногда используют дополнительное сырье: яйцепродукты, белковые смеси и другие пищевые добавки-обогагатели. Применяется мука из твердой (дурум) и мягкой стекловидной пшеницы

в виде крупки или полукрупки. Некоторые виды макаронных изделий изготавливают из хлебопекарной муки. Дополнительное сырье преобразуют в жидкие промежуточные полуфабрикаты.

Макаронное тесто состоит в основном из муки и воды, разрыхлители отсутствуют. Оно содержит меньше влаги, чем хлебопекарное тесто, и перед подачей в макаронный пресс представляет собой рыхлую массу из крошек и небольших комочков. Отформованные мягкие сырые тестовые заготовки после высушивания превращаются в твердые прочные макаронные изделия.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Массовые виды макаронных изделий вырабатывают на четырех типах поточных линий. Короткие изделия производят на линиях с конвейерными или барабанными сушилками. Для производства длинных изделий применяют линии с сушкой в цилиндрических кассетах либо с сушкой на бастунах – тонких металлических трубках.

Взаимодействие химических соединений муки и воды является решающим фактором производства и потребления макаронных изделий. При приготовлении теста в макаронную муку влажностью 15 % добавляют такое количество воды, чтобы влажность смеси стала 29,5...31,0 %. Этот диапазон влажности соответствует применяемому наиболее часто среднему замесу макаронного теста. На первом этапе замеса производится предварительное смешивание компонентов до образования крошкообразной массы. В процессе замеса происходит диффузия воды внутрь частиц муки, растворение водорастворимых веществ, набухание белков и углеводов, входящих в состав муки. Для протекания этих процессов необходим определенный промежуток времени – выдержка теста. На следующем этапе замеса проходит пластикация сухих, твердых химических соединений муки и образование коллоидной системы – теста. Оно является, по существу, твердо-жидким телом, обладает одновременно упруго-эластичными и пластично-вязкими свойствами. Для проведения такого сложного преобразования рецептурной смеси в готовое тесто требуются значительные механические воздействия. В условиях механизированного производства макарон второй этап замеса осуществляется шнеками макаронного пресса за счет интенсивного сдвига слоев теста.

Следующая стадия взаимодействия химических соединений муки и воды происходит при сушке отформованных тестовых заготовок макаронных изделий. Непосредственно на выходе из матрицы макаронного пресса пряди заготовок обдувают воздухом для быстрой подсушки поверхности, что снижает пластичность заготовок и придает им упругость и устойчивость к деформациям, слипанию и искривлению. Затем заготовки в течение 0,5...2 ч подвергают предварительной сушке и удаляют от одной трети до половины влаги от того количества, которое должно быть удалено из заготовок. Такое интенсивное обезвоживание за сравнительно короткое время возможно только на первом этапе сушки, когда заготовки еще пластичны и не возникает опасности растрескивания. В результате предварительной сушки происходит стабилизация формы заготовок, предотвращается их закисание, плесневение и вытягивание.

На последующих этапах сушки тестовые заготовки приобретают свойства твердообразных тел и находятся в области упругих деформаций. Чтобы избежать растрескивания и искривления заготовок, требуется более длительный период сушки, снижение скорости испарения влаги с поверхности заготовок до скорости ее диффузии из внутренних слоев к наружным. При охлаждении высушенных тестовых заготовок условием сохранения их правильной формы являются продолжительные процессы пе-

распределения температуры и влаги в их объеме. Для этого применяют операции выстаивания или стабилизации макаронных изделий в соответствующих устройствах.

Готовые макаронные изделия очень гигроскопичны и обладают повышенной адсорбционной активностью. Изделия, предназначенные для длительного хранения, не должны иметь влажность выше 11 %. Влажность выше 16 % уже становится опасной в отношении плесневения. Поэтому при хранении макарон требуется соблюдение определенных климатических условий. При них упакованные изделия могут храниться в течение года.

Взаимодействие между составными веществами макарон и водой происходит также при их кулинарной обработке – варке. Поведение при варке – важнейший показатель качества макаронных изделий. Он характеризуется увеличением объема и сохранностью сухих веществ. Увеличение объема должно быть не менее двукратного. Чем меньше экстрактивных веществ переходит в варочную воду, тем выше ценятся макаронные изделия. Мука из твердой пшеницы меньше набухает и лучше удерживает экстрактивные вещества, чем мука из мягкой пшеницы.

**Стадии технологического процесса.** Производство макаронных изделий включает следующие основные стадии и операции:

- подготовка сырья к производству – хранение, смешивание, просеивание и дозирование муки; приготовление воды и добавок-обогащителей;
- дозирование и смешивание рецептурных компонентов; вакуумирование крошкообразной смеси;
- замес и прессование теста; формование и резка сырых тестовых заготовок;
- сушка, стабилизация и охлаждение тестовых заготовок;
- подготовка макаронных изделий к упаковке; упаковывание изделий в потребительскую и транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии производства макаронных изделий выполняются с помощью комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству муки, воды и добавок-обогащителей. Для хранения сырья используют мешки, металлические емкости и бункера. На небольших предприятиях применяют механическое транспортирование мешков с мукой погрузчиками, нориями, а муки – нориями, цепными и винтовыми конвейерами. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспорта муки, жидкие полуфабрикаты перекачивают насосами. Подготовку сырья осуществляют с помощью просеивателей, смесителей, магнитных уловителей, фильтров и вспомогательного оборудования.

Ведущий комплекс линии состоит из оборудования для дозирования, смешивания и вакуумирования рецептурных компонентов, макаронного пресса, режущего и обдувочного устройств.

Завершающие стадии производства выполняют с помощью сушильных аппаратов, накопителей-стабилизаторов, машин для фасования и групповой упаковки макаронных изделий.

На рис. 3.4. приведена машинно-аппаратурная схема линии производства короткорезанных макаронных изделий.

**Устройство и принцип действия линии.** Автомуковоз подключают к мукоприемному щитку 6 и загружают муку в один из силосов 5 для ее хранения. С помощью шнековых питателей 4 муку выгружают из различных силосов 5 в нужных пропорциях и смешивают винтовым конвейером 3. После контрольного просеива-

ния в центробежном просеивателе 2 мука через роторный питатель подается воздуходувкой 1 в тестомесильное отделение. Мука отделяется от транспортирующего воздуха в циклоне 7.

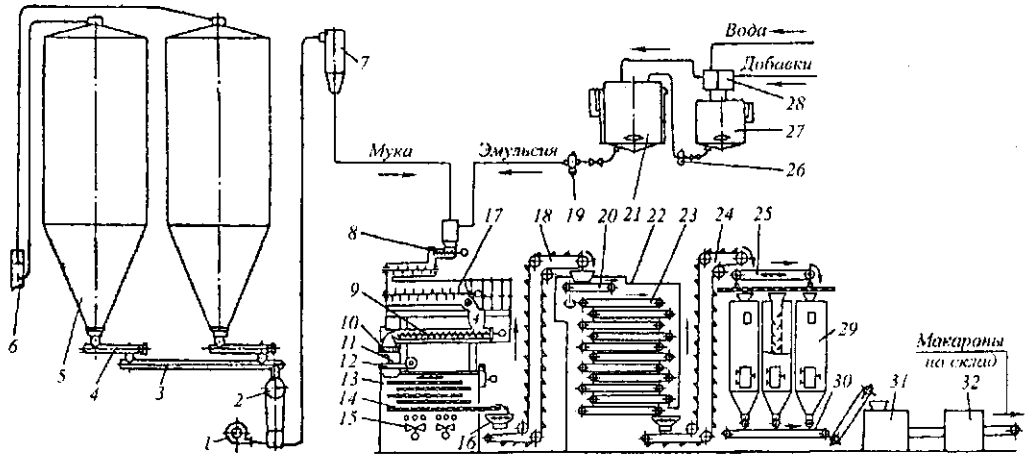


Рис. 3.4 Машинно-аппаратурная схема линии производства макаронных изделий

Часть воды и добавки-обогаители через дозаторы 28 загружают в смеситель 27 и приготавливают концентрированную эмульсию. Насосом 26 ее вместе с оставшейся частью воды дозируют в расходный бак 21, снабженный терморегулирующей рубашкой. Из этого бака готовая эмульсия подается насосом 19 в тестомесильное отделение.

Муку и эмульсию дозаторами 8 непрерывно подают в тестомеситель 17. Он имеет три отдельные камеры, через которые последовательно проходит обрабатываемая смесь, что позволяет увеличить продолжительность замеса до 20 мин. На завершающем этапе замеса в последней камере смесь подвергается вакуумированию с помощью вакуум-насоса. Благодаря этому получается более плотная структура макаронного теста без воздушных включений, а также в дальнейшем высушенные изделия с равнопрочной структурой без раковин.

Затем смесь поступает в шнеки макаронного пресса 9. В начальной части шнековой зоны смесь подвергается интенсивному перемешиванию, передвигаясь по шнековому каналу к формирующим отверстиям матрицы, она превращается в плотную связанную пластифицированную массу — макаронное тесто. В предматричной камере пресса создается давление 6...12 МПа, под действием которого через матрицу 10 выпрессовываются сырые пряди теста.

Ножи 11, вращаясь в плоскости выходных отверстий матриц, отрезают от тестового потока необходимые по длине тестовые заготовки, которые обдуваются воздухом из кольцевого сопла 12.

Сырые заготовки макаронных изделий направляются в секции вибрационного подсушителя 13. В секции продукт проходит сверху вниз по пяти вибрирующим ситам 14, обдувается воздухом от вентилятора 15 и подсушивается.

Затем поток подсушенных тестовых заготовок объединяется в виброротке 16 и элеватором 18 транспортируются к устройству 20, которое распределяет их равно-



мерным по толщине слоем по всей площади верхнего яруса 23 сушилки 22. Тесто-вые заготовки, проходя сверху вниз ленточные конвейеры, высушиваются.

В зависимости от ассортимента и производительности линии в ее состав включают две или три ленточные конвейерные сушилки, установленные последовательно. В них тестовые заготовки проходят предварительную и окончательную сушку.

После сушки нагретые заготовки элеватором 24 и подвижным ленточным конвейером 25 направляются в бункера 29 накопителя-стабилизатора. В них заготовки постепенно остывают до температуры помещения цеха, в них происходит выравнивание влагосодержания.

Готовые макаронные изделия системой конвейеров 30 подают в фасовочную машину 31 и упаковывают в коробки из картона или пакеты из полимерной пленки. В машине 32 пакеты упаковывают в транспортную тару и отправляют на склад.



Все указывает на то, что материя обладает гораздо большим числом свойств, чем нам известно.

Мы только еще на берегу огромного озера.

Сколько вещей остается открыть.

*ВОЛЬТЕР (1694–1778), французский писатель,*

*философ, просветитель*

### 3.5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА САХАРНОГО ПЕЧЕНЬЯ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Печенье – мучное кондитерское изделия различной формы, небольшой толщины и низкой влажности, полученные в результате выпечки тестовых заготовок. Печенье состоит в основном из углеводов, белков и жиров, которые обеспечивают высокую пищевую и энергетическую ценность данного продукта. Вкусовые достоинства и усвояемость печенья организмом человека обусловлены тем, что готовые изделия отличаются хрупкостью и рассыпчатостью структуры, а также намокаемостью – способностью поглощать значительное количество воды.

Ассортимент массовых видов печенья и его разновидностей разделяется на две основные группы:

– изделия с изотропной структурой – сахарное и сдобное песочно-выемное печенье;

– изделия с анизотропной слоистой структурой – затяжное печенье, крекер, а также галеты (описание линии для производства изделий этой группы дается в разделе 3.6.).

Основным сырьем для приготовления сахарного печенья являются пшеничная мука высшего, первого или второго сортов, питьевая вода, сахар и сахаристые вещества (крахмальная патока, инвертный сироп или мед), твердые жиры (маргарин, кулинарный жир, сливочное, кокосовое или пальмовое масло). В рецептуры сахарного печенья включает также кукурузный крахмал, яйцопродукты (меланж или яичный порошок), коровье молоко и молочные продукты (сухое или сгущенное молоко), вкусовые и ароматические вещества (соль, пряности, ванилин или эссенции). Кроме того, для получения пористой структуры печенья в его рецептуры входят химические разрыхлители (пищевая сода и углекислый аммонийная соль).

Рецептуры для приготовления сдобного песочно-выемного печенья предусматривают более высокое (по сравнению с сахарным печеньем) содержание сахара и

жира, применение пшеничной муки только высшего сорта, а также использование в качестве жира, как правило, сливочного масла.

Основным полуфабрикатом производства являются пластичное сахарное тесто, из которого ротационным способом формируют тестовые заготовки и выпекают из них готовые изделия.

При упаковке сахарного печенья применяются два основных метода. Первый метод предусматривает предварительную ориентацию изделий относительно друг друга и формирование из нескольких изделий пачки, которую затем заворачивают в два слоя бумаги – влагонепроницаемую подвертку и наружную этикетку. При таком методе упаковки предъявляются высокие требования к соблюдению точности массы, формы и габаритных размеров каждого штучного изделия.

Второй метод упаковки предусматривает фасование предварительно взвешенных порций мелкого сахарного или сдобного печенья насыпью в картонные коробки, металлические банки или пакеты из целлофана, кашированной фольги или полимерной пленки. Весовые и геометрические характеристики штучных изделий при таком методе упаковки существенной роли не играют.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В настоящее время сахарное и сдобное песочно-выемное печенье вырабатывают на непрерывных поточных линиях, обеспечивающих комплексную механизацию всех технологических процессов.

Ведущим процессом производства является замес теста, который должен обеспечить заданные значения структурно-механических свойств этого полуфабриката. Во-первых, при формировании тесто должно иметь незначительную прочность, легко рваться и разделяться на части при запрессовывании порций в ячейки формирующего ротора, но в то же время не прилипать к рабочим поверхностям формирующей машины и транспортирующих устройств.

Во-вторых, тесто должно обладать пластичностью, хорошо воспринимать форму, придаваемую ячейками ротора, но при этом иметь формоудерживающую способность, чтобы исключать деформацию отформованных заготовок при их выемке из ячеек ротора, транспортировании и выпечке. Кроме того, после выпечки тестовых заготовок готовые изделия должны иметь необходимые потребительские свойства: хрупкость, рассыпчатость, намокаемость и др.

Приготовление теста с заданными структурно-механическими свойствами достигается определенным выбором состава и соотношения рецептурных компонентов, а также условиями их перемешивания. При замесе компоненты не только равномерно распределяются в объеме смеси, но и взаимодействуют между собой в процессе сложных коллоидно-химических преобразований. Ведущая роль в образовании теста принадлежит нерастворимым белкам пшеничной муки – глиадину и глютенину. При смешивании муки с водой эти белки поглощают влагу и образуют тончайшие нити и пленки, из которых формируется связанная масса, способная растягиваться, клейковина. В процессе смешивания клейковина склеивает между собой увлажненные зерна крахмала, содержащиеся в муке. Таким образом, при замесе получается тесто – своеобразная гетерогенная коллоидная масса, образованная набухшими белками и крахмалом муки.

При замесе сахарного теста создают условия, ограничивающие набухаемость коллоидов муки и образование упругих нитей клейковины. Для этого используется минимальное количество воды, снижается температура и сокращается продолжи-

тельность замеса теста. Кроме того, в рецептурах сахарного печенья применяются компоненты, ограничивающие поглощение воды частицами муки. Кондитерское мучное тесто, полученное при таких условиях, имеет низкую механическую прочность на разрыв и обладает значительной пластичностью. Такое тесто хорошо воспринимает и сохраняет придаваемую ему форму.

Рецептурные компоненты печенья влияют не только на пищевую ценность и вкусовые достоинства изделий, но и имеют технологическое назначение.

Хорошее сахарное печенье получается при использовании пшеничной муки со слабым и средним качеством клейковины. Заметное ухудшение качества печенья наблюдается при использовании муки с сильной клейковиной.

Вода является растворителем и необходимым компонентом образования коллоидной системы теста. Самая большая степень набухания компонентов муки наблюдается при использовании чистой воды. Связанное тесто можно получить только при достаточном увлажнении муки, благодаря чему создаются условия для склеивания набухших нитей клейковины с зёрнами увлажненного крахмала. Недостаточное количество воды при замесе теста приводит к образованию несвязанной массы увлажненного сырья.

Сахар, присутствующий в кондитерском тесте, ограничивает поглощение воды и набухаемость белков муки. Это делает тесто пластичным и вязким; избыток сахара приводит к прилипанию теста к рабочим поверхностям оборудования, а заготовки при выпечке расплываются. Изделия, приготовленные с большим количеством сахара без жира, имеют высокую твердость и подвержены растрескиванию.

Жир, адсорбируясь на поверхности твердых частиц теста, образует пленки, препятствующие проникновению растворов внутрь частиц. Вследствие этого ослабляется связь между частицами, уменьшается упругость клейковины и увеличивается пластичность теста, а изделия становятся хрупкими и рассыпчатыми.

Крахмал делает тесто пластичным, а изделия хорошо намокаемыми и хрупкими. На верхней поверхности заготовок при выпечке образуются декстрины, которые в обезвоженном состоянии имеют характерный блеск. Добавка крахмала свыше 13 % к массе муки придает изделиям повышенные хрупкость и плотность. Печенье при хранении будет растрескиваться.

Патока и инвертный сироп увеличивают пластичность теста, повышают намокаемость и гигроскопичность изделий. Применение патоки свыше 2 % придает тесту липкость и повышает его вязкость.

Меланж придает изделиям пористость и способствует фиксации структуры. Содержащийся в желтке яйца лецитин является естественным эмульгатором, обеспечивающим получение стойкой эмульсии с мелкими жировыми шариками. При приготовлении эмульсий, не содержащих меланж и молоко, специально добавляют эмульгаторы – преимущественно фосфатидные концентраты, содержащие лецитин.

Соль не только вкусовая добавка, но и вещество, повышающее растворимость сахарозы, что очень важно при производстве сдобного печенья.

Если бы из сахарного теста отформовали и выпекли заготовки, то получили бы плотный и плохо усвояемый продукт, не соответствующий потребительским свойствам печенья. Поэтому в рецептуру печенья включают химические разрыхлители – соли, которые, разлагаясь при выпечке, выделяют газообразные вещества, разрыхляющие заготовки, и придают изделиям пористую структуру.

Сахарное и особенно сдобное печенье отличаются высокими вкусовыми достоинствами и пищевой ценностью, имеют сроки хранения в упаковке от 15 до 90 сут. в зависимости от количества и стойкости жира, входящего в состав изделий.

**Стадии технологического процесса.** Производство сахарного печенья можно разделить на следующие стадии и основные операции:

– подготовка сырья к производству: хранение, смешивание, просеивание сыпучих или фильтрование жидких видов сырья: муки; сахарного песка, молока, патоки и др.; измельчение сахарного песка и транспортирование сахарной пудры; приготовление инвертного сиропа; измельчение и плавление твердых жиров; приготовление раствора пиросульфата натрия и др.;

– дозирование рецептурных компонентов;

– приготовление эмульсии;

– приготовление теста;

– формование теста;

– выпечка и охлаждение тестовых заготовок;

– упаковка изделий в потребительскую и транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства сахарного печенья выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству муки, крахмала, сахара, жира и других видов сырья. Для хранения сырья используют металлические емкости и бункера. Сыпучие компоненты транспортируются при помощи погрузчиков, норий, скребковых и винтовых конвейеров. Жидкие компоненты и полуфабрикаты перекачивают насосами. При подготовке сырья применяют просеиватели, смесители, темперерирующие машины, фильтры, магнитные уловители и вспомогательное оборудование.

В состав комплекса оборудования для приготовления эмульсии входят весовые дозаторы и мерники, порционный эмульсатор и обогреваемый сборник с мешалкой.

Ведущий комплекс линии состоит из оборудования непрерывного действия: дозирующих устройств объемного типа для подачи на замес эмульсии и мучной рецептурной смеси, двухкамерной месильной машины и ротационной формующей машины.

Завершающие стадии технологического процесса выполняются на комплексе оборудования, включающем кондитерскую печь, охлаждающей конвейер, упаковывающие машины и транспортирующие устройства.

На рис. 3.5 показана машинно-аппаратурная схема линии производства сахарного печенья.

**Устройство и принцип действия линии.** При подготовке сырья муку разных партий смешивают в определенных пропорциях, осуществляя операции валки, затем просеивают, добавляют в нее крахмал и крошку (тонко измельченные возвратные отходы) и загружают мучную рецептурную смесь в расходный бункер 7. Сахар-песок предварительно измельчают в микромельнице 1, снабженной приемным бункером сахарной пудры. Неизмельченные кристаллы сахара не могут раствориться в процессе приготовления сахарного теста из-за ограниченного количества воды, но высокого содержания сахара, предусмотренных рецептурой, а также из-за малой продолжительности и низкой температуры при замесе. Перед подачей на производство все сыпучие компоненты проходят через магнитные уловители.

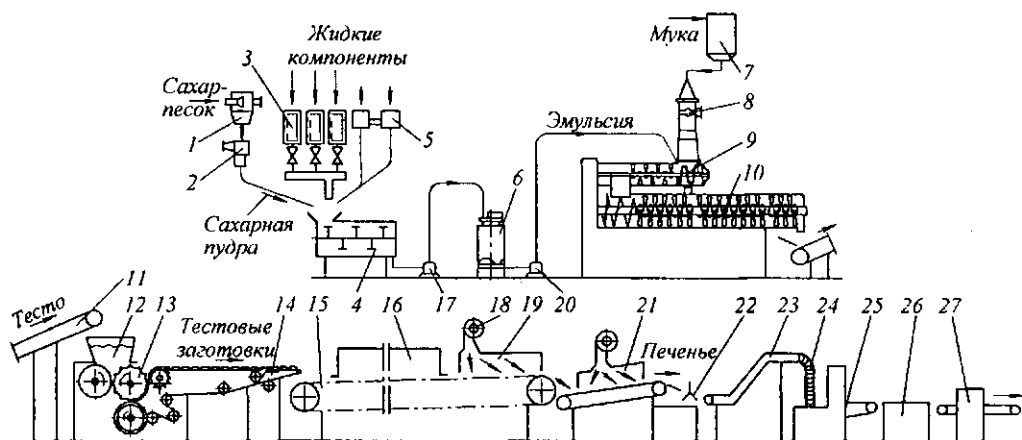


Рис. 3.5 Машинно-аппаратурная схема линии производства сахарного печенья

Твердые жиры предварительно растапливаются при температуре  $50 \dots 60 \text{ }^\circ\text{C}$ , сухое молоко, пищевая сода и углеаммонийную соль по отдельности растворяют в воде при средних значениях температуры соответственно  $35$ ,  $20$  и  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Инвертный сироп готовят из сахара-песка.

Для приготовления эмульсии сахарную пудру дозируют бункерными весами 2; воду, расплавленные жиры, молоко и патоку (или инвертный сироп) подают через объемные металлические мерники 3, а остальные рецептурные компоненты предварительно взвешивают на почтовых или циферблатных весах 5 и подают на смешивание вручную.

Эмульсию готовят в эмульсаторе периодического действия 4. Последовательность загрузки компонентов и режим их перемешивания должны обеспечить оптимальные условия для растворения сахара и получения стойкой (нерасслаивающейся) эмульсии жиров в водном растворе других компонентов. В эмульсаторе 4 при вращении месильного вала с частотой  $80 \text{ мин}^{-1}$  загружают воду, молоко, патоку и меланж, затем подают сахарную пудру и соль, продолжая перемешивать в течение  $5 \dots 10$  мин. После этого вводят жир с температурой  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  и смесь эмульгатора с жиром. В течение  $7 \dots 10$  мин смесь перемешивают до получения однородной консистенции и мелких жировых шариков. Чем выше дисперсность жира, тем устойчивее эмульсия. В конце перемешивания загружают разрыхлители и ароматические вещества. Готовую эмульсию перекачивают насосом 17 в промежуточный бак 6 и хранят при температуре не выше  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  и постоянном перемешивании.

Приготовление сахарного теста осуществляют в месильной машине непрерывного действия путем смешивания эмульсии с мучной рецептурной смесью. На вход камеры предварительного смешивания 9 месильной машины непрерывно подаются объемным дозатором 8 из бункера 7 мучная смесь, а насосом-дозатором 20 из бака 6 — эмульсия. В камере предварительного смешивания 9 мука и эмульсия перемешиваются в течение  $30 \text{ с}$  при частоте вращения месильного вала  $80 \text{ мин}^{-1}$ , а затем полученная смесь поступает на вход основной месильной камеры 10. В ней в течение  $5 \dots 10$  мин при частоте вращения второго месильного вала  $8 \dots 12 \text{ мин}^{-1}$  происходит окончательный замес теста. Из месильной машины непрерывно выходит готовое тесто влажностью от  $13,5$  до  $17,5 \%$ .

Конкретные значения указанных параметров зависят от рецептуры печенья. Необходимо стремиться к минимальной продолжительности замеса, однако вполне достаточной для образования хорошо перемешанного пластичного теста.

Сахарное тесто конвейером 11 подается в загрузочную воронку 12 формующей машины. Основным рабочим органом этой машины является ротор 13, на поверхности которого имеются углубления (ячейки), выполненные по форме печенья. На дне ячейки часто делают рельефный рисунок или надпись, которые переносятся на поверхность отформованных изделий. Формующую машину комплектуют несколькими сменными роторами для изготовления печенья квадратной, прямоугольной, круглой или сложной фигурной формы.

При работе формующей машины тесто снизу загрузочной воронки 12 попадает в зазор между формующим ротором 13 и сопряженным с ним рифленным валком, захватывается ими и запрессовывается в ячейки ротора. Порция теста, запрессованная в ячейку, по размерам и форме соответствует готовому изделию и в ходе дальнейшего вращения ротора 13 извлекается из ячейки при помощи ленточного конвейера 14.

При контакте поверхности заготовки, запрессованной в ячейку ротора 13, с лентой конвейера 14, сила адгезии теста к ленте больше, чем к внутренним поверхностям ячейки. Поэтому при отходе ленты от поверхности ротора тестовые заготовки отпадают от ячеек ротора и остаются на ленте конвейера 14. С последнего заготовки перегружаются на печной конвейер 15, изготовленный из металлической сетки. При изъятии из ротора и размещении на конвейерах 14 и 15 сохраняется взаимное расположение и рядность тестовых заготовок.

Для выпечки тестовые заготовки подаются конвейером 15 в пекарную камеру 16 с газовым, электрическим или инфракрасным обогревом. Процесс выпечки заготовок в основном сводится к прогреву теста и удалению из него избытка влаги, в результате которых происходят сложные физико-химические и коллоидные превращения, обуславливающие образование изделий со свойственным им вкусом и структурой. Влажность тестовых заготовок уменьшается за счет испарения влаги из поверхностных слоев. Обезвоживание теста может происходить до определенного предела, так как при значительном снижении влажности температура поверхностных слоев настолько быстро и значительно повышается, что приводит к обугливаю поверхности печенья.

Выпечка печенья в отличие от выпечки хлеба является комбинированным процессом выпечки – сушки. Обезвоживание тестовых заготовок проходит неравномерно, и общую продолжительность выпечки каждой заготовки можно разделить на три периода в пропорции 1 : 2 : 1. Период I характеризуется нарастающей скоростью удаления влаги, период II – постоянной скоростью влагоотдачи. В течение обоих этих периодов осуществляется процесс выпечки заготовок, при котором происходит прогрев теста с испарением влаги из поверхностных слоев, но отсутствует миграция влаги от внутренних слоев к поверхности. В результате этого количество влаги в центральных слоях не только сохраняется постоянным, но даже увеличивается за счет миграции влаги от периферийных к центральным слоям. Затем наступает период III, при котором скорость влаги отдачи сначала снижается, а затем стабилизируется на более низком уровне. В течение этого периода осуществляется сушка заготовок путем миграции влаги от внутренних слоев к поверхностным.

В соответствии с периодами выпечки печенья пекарная камера по длине разделена на три зоны с различными режимами тепловой обработки тестовых заготовок: 130...200 °С, 200...350 °С и 130...250 °С. В зависимости от рецептуры и размеров печенья, а также от производительности линии устанавливают конкретные оптимальные значения температуры в каждой из трех зон.

Вначале процесс выпечки происходит при высокой относительной влажности (60...70 %) за счет увлажнения первой зоны пекарной камеры паром, который конденсирует на относительно холодную поверхность тестовых заготовок. При этом выделяется скрытая теплота конденсации, равная теплоте парообразования. За счет этой теплоты ускоряется подогрев заготовки. Кроме того, увлажнение поверхности заготовок предотвращает преждевременное образование корки, которая затруднила бы удаление влаги из внутренних слоев заготовки.

В первой зоне температура поверхности заготовки достигает 100 °С, а центрального слоя – только 70...80 °С. От более нагретой наружной поверхности часть влаги испаряется, а другая часть устремляется к внутреннему, менее нагретому слою.

Во второй зоне под действием высокой температуры происходят сложные коллоидные и физико-химические изменения в тестовой заготовке. При температуре свыше 70 °С белковые вещества теста денатурируют и коагулируют, освобождая воду, поглощенную с раствором при набухании. Выделившаяся вода при высокой температуре приводит к частичной клейстеризации крахмала.

При температуре 60 °С заканчивается разложение углеаммонийной соли, сопровождающееся выделением аммиака и диоксида углерода, а при 80...90 °С – пищевой соды с выделением диоксида углерода. С увеличением температуры образующийся газ, а также пар влаги расширяются, формируют пористую структуру, увеличивают объем тестовых заготовок.

Одновременно разложение химических разрыхлителей усиливает процесс коагуляции белков и клейстеризации крахмала, что приводит к образованию губчатой структуры, на развитой поверхности которой адсорбируется жидкий жир.

В третьей зоне температура наружной поверхности заготовок достигает 160...175 °С, а внутренних слоев – только 100...105 °С. При таком перепаде температур происходит равномерное удаление влаги. Она перемещается с постоянной скоростью под действием градиента влажности, замедленного градиентом температуры. Этот режим выпечки часто называют выпечкой-сушкой.

К концу третьей зоны температура поверхности заготовки снижается до 145 °С. Постепенно уменьшается перепад температуры между наружным и внутренним слоями заготовки. Одновременно снижается скорость обезвоживания заготовки и выравнивается влажность по ее толщине.

В процессе прогрева тестовые заготовки очень быстро, примерно через одну минуту, начинают увеличиваться в объеме и незадолго до окончания выпечки наступает стабилизация структуры и формы изделий. Однако в момент выхода из пекарной камеры 16 изделия имеют высокую температуру: на поверхности 118...120 °С, внутри не менее 100 °С. При таких значениях температуры изделия обладают малой прочностью, их трудно снять с печного конвейера 15 без нарушения их формы и нижней поверхности. Поэтому часть конвейера 15 выступает за пределы пекарной камеры 16 и размещается в камере предварительного охлаждения 19. В ней изделия около одной минуты обдуваются воздухом из помещения цеха

при помощи вентилятора 18. За это время температура изделий снижается до 50...70 °С. Они приобретают прочность, достаточную для перегрузки на конвейер 21, на котором они охлаждаются до температуры 35...45 °С. Затем печенье проворачивают укладчиком 22 (вал с зубцами) в положение «на ребро» и окончательно охлаждают на конвейере 23.

Продолжительность охлаждения изделий зависит от температуры и скорости охлаждающего воздуха и обычно составляет 5...10 мин. При температуре охлаждающего воздуха ниже температуры помещения могут возникать трещины в изделиях. С повышением скорости охлаждающего воздуха быстрее идет охлаждение печенья и прекращается процесс удаления влаги.

В зависимости от рецептуры влажность готового печенья должна быть от 3,5 до 6,0 %. Недовыпеченные изделия могут растрескиваться, так как повышенное количество неравномерно распределенной влаги в изделиях вызывает деформирующие напряжения. Растрескивание обычно обнаруживается в процессе хранения упакованных изделий.

Для упаковки печенье поступает в питатель 24 заверточной машины 25. В этой машине из ориентированных изделий формируются пачки, которые заворачиваются в два слоя бумаги: влагонепроницаемую подвертку и красочную этикетку. В последнее время широко применяют фасовочные машины для упаковки печенья в пакеты из комбинированной перлизовой пленки (флоу пак). На столе 26 пачки или пакета вручную укладывают в картонные ящики, которые затем оклеивают и маркируют в машине 27. Упакованную продукцию укладывают на конвейер или поддоны для отправки на склад.

Поточное производство сдобных песочно-выемных видов печенья осуществляется на тех же линиях, что и для сахарного печенья по аналогичной технологии.



Посредственность обыкновенно осуждает все,  
что выше ее понимания.

ЛАРОШФУКО ФРАНСУА де (1613–1680).  
французский писатель-моралист

### 3.6 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАТЯЖНОГО ПЕЧЕНЬЯ И КРЕКЕРА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Затяжное печенье и крекер – разновидности печенья, имеющие анизотропную слоистую структуру, поручасную при выпечке заготовок, вырезанных из многослойного пласта теста.

Ассортимент крекера разделяют по способам приготовления теста: на дрожжах, на химических разрыхлителях или при совместном применении этих компонентов.

Вкусовые достоинства и усвояемость печенья организмом человека обусловлены тем, что готовые изделия отличаются хрупкостью и рассыпчатой структурой, а также намокаемостью – способностью поглощать значительное количество воды. Химический состав печенья обусловлен составом сырья: пшеничная мука, крахмал, сахар, жиры и др. В составе затяжного печенья и особенно крекера высока доля пшеничной муки.

Затяжное печенье и крекер лучше вырабатывать из муки со слабой клейковиной. При использовании муки с сильной клейковиной печенье получается деформированным, с негладкой поверхностью и нередко с пузырями.



Основным полуфабрикатом производства является многослойный пласт, образованный в результате прокатки (вальцевания) упругого (затяжного) теста в тонкие слои, складывания этих слоев и повторной их прокатки. Из этого пласта ротационным способом вырезают заготовки и выпекают из них готовые изделия.

Для затяжного печенья обычно применяется групповая упаковка изделий в пачки, а крекер предварительно отвешивают порциями и фасуют насыпью в пакеты из фольги, полимерной пленки или перлизовой пленки (флоу пак).

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В настоящее время затяжное печенье и крекер вырабатывают на непрерывных поточных линиях, обеспечивающих комплексную механизацию всех технологических процессов.

Ведущим комплексом производства затяжного печенья и крекера является получение многослойного пласта теста. Этот процесс связан с формированием двух типов структур: внутренней структуры слоев теста и многослойной макроструктуры пласта.

Формирование внутренней структуры слоев происходит при замесе затяжного и крекерного теста, когда создаются условия для более полного набухания белков муки. Этому способствуют малое количество сахара и жира в тесте, большая влажность, повышенная температура теста и продолжительный процесс. Такой режим замеса теста создает оптимальные условия для образования в тесте губчатой структуры клейковины, которая обуславливает специфические физические свойства затяжного и крекерного теста – упругость и эластичность.

Упругие свойства теста существенно влияют на процесс формирования тестовых заготовок. При приложении нагрузки заготовки принимают новую форму, но не способны ее сохранить после снятия нагрузки. Упругость теста проявляется в том, что заготовки после снятия нагрузки мгновенно восстанавливают прежнюю форму, а вследствие эластичности эта форма восстанавливается постепенно в течение некоторого промежутка времени.

В связи с тем, что изотропная внутренняя структура упругого теста не обладает пластичностью, возникает необходимость получения еще одного полуфабриката, из которого можно отформовать тестовые заготовки для выпечки изделий. Таким полуфабрикатом является многослойный пласт, образованный в результате многократной прокатки и складывания слоев теста.

В процессе прокатки тесто испытывает деформации сдвига и сжатия. Вследствие этого в тесте возникают продольные и поперечные напряжения, сопровождающиеся удлинением и расширением пласта теста. Если тесто подвергается прокатке в одинаково чередующихся направлениях, то возникшие при этом напряжения от вытяжки и сжатия, т.е. продольные, будут значительно превалировать над напряжениями поперечными, т.е. от расширения пласта теста. При этом происходит сокращение отформованных тестовых заготовок по длине с искажением их формы: квадрат превращается в прямоугольник, круг – в овал.

Поэтому при формировании многослойного пласта обеспечивают получение анизотропной макроструктуры. Для этого пласт теста подвергается прокатке с правильным чередованием поворотов теста на угол  $90^\circ$ . Напряжения, возникающие при этом, равномерно распределяются по продольным и поперечным осям пласта. Таким образом, анизотропная макроструктура пласта обеспечивает как динамическое, так и статическое равновесие сил, вызывающих деформации тестовых заготовок. После снятия нагрузки происходит одинаковое изменение длины и ширины заготовок без существенного искажения формы.

В пласте теста после прокатки, т.е. снятия нагрузки, происходит релаксация – уменьшение и выравнивание внутренних напряжений, вызывающих деформацию тестовых заготовок. Релаксация теста происходит и тогда, когда оно находится в покое после прокатки пласта. В зависимости от количества клейковины в тесте суммарная продолжительность его выдержки составляет от 2 до 3 ч. В результате упругая составляющая деформации уменьшается, а пластическая составляющая возрастает.

В условиях непрерывно-поточного производства возникает необходимость сокращения продолжительности выдержки теста. Для этого в затяжное и крекерное тесто на химических разрыхлителях вводят добавки, быстро ослабляющие упругость клейковины, например пиросульфит натрия. В дрожжевое крекерное тесто добавляют ферментные препараты (энзимы), которые ускоряют процесс брожения теста, ферментативный распад клейковины и ослабление ее упругости.

Многократная прокатка и складывание пластов затяжного и крекерного теста формируют его слоистую и пористую структуру. При прокатке происходит равномерное распределение воздуха: избыток воздуха удаляется, крупные воздушные полости измельчаются, благодаря чему тесто приобретает мелкопористую структуру. Одним из эффективных способов улучшения качества слоеного теста является введение жировой прослойки между пластами теста при складывании. Жир препятствует склеиванию пластов, которые при растягивании превращаются в тонкие слои.

Следует отметить, что даже после длительной обработки затяжного и крекерного теста проявление его упругих свойств сохраняется. Поэтому тестовые заготовки возможно получить только из калиброванного многослойного пласта методом резания. Заготовки имеют простую конфигурацию (круг, квадрат и т.п.), на их поверхности с помощью острого инструмента можно сделать лишь простейший рисунок или надпись. С целью выхода части газов, образующихся при разложении разрыхлителей, и удаления влаги тестовые заготовки необходимо прокалывать шпильками. При недостаточном количестве проколов печенье получается вздутым.

Для выпечки затяжного печенья и крекера применяется температурный режим выпечки-сушки, который отличается большей продолжительностью и сниженной температурой по сравнению с выпечкой других видов печенья. Это объясняется тем, что в затяжном тесте содержится больше влаги, подлежащей испарению. Снижение температуры позволяет увеличить продолжительность миграции влаги от внутренних слоев к поверхностным, так как с повышением температуры ускоряются структурные изменения в тесте, препятствующие удалению влаги.

Поэтому процесс выпечки затяжного печенья и крекера делят на пять периодов, которым соответствуют пять температурных зон пекарной камеры с определенными значениями относительной влажности. Конкретные значения параметров режима выпечки зависят от производительности печи, рецептуры и влажности теста и других факторов.

Особенности потребления затяжного печенья и крекера обусловлены незначительным содержанием жира и влаги: при соответствующей стойкости жира сроки хранения этих изделий достигают 6 мес.

**Стадии технологического процесса.** Производство затяжного печенья и крекера можно разделить на следующие основные стадии и операции:

– подготовка сырья к производству: хранение, темперирование, смешивание, просеивание сыпучих или фильтрование жидких видов сырья; измельчение и плав-

ление твердых жиров; приготовление растворов пищевых добавок: соли, химических разрыхлителей и др.; приготовление дрожжевой разводки;

- дозирование рецептурных компонентов;
- приготовление эмульсии;
- замес теста;
- вылежка затяжного и крекерного теста на химических разрыхлителях для релаксации;
- выстойка крекерного дрожжевого теста для брожения и ферментации;
- приготовление многослойного пласта путем прокатки и складывания слоев теста;
- калибрование многослойного пласта и формование тестовых заготовок;
- выпечка и охлаждение тестовых заготовок;
- упаковывание готовых изделий в потребительскую и транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства печенья выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству муки, крахмала, сахара, жира и других видов сырья. Для хранения сырья используют мешки, металлические емкости и бункеры. Сыпучие компоненты в мешках транспортируют при помощи погрузчиков либо без тары – норями, цепными и винтовыми конвейерами. Жидкие компоненты и полуфабрикаты перекачивают насосами.

Замес затяжного или крекерного теста выполняется в тестомесильных машинах периодического действия, в которых рецептурные компоненты дозируют с помощью весовых дозаторов и объемных мерников. Для выстойки крекерного дрожжевого теста применяют подкатные дежи либо бродильные аппараты непрерывного действия.

Ведущий комплекс линии включает тестораскаточный агрегат непрерывного действия – ламинатор, систему калибрующих валков и формующую машину с режущим ротором.

Завершающие стадии технологического процесса выполняются на комплексе оборудования, включающем кондитерскую печь, охлаждающий конвейер, фасовочные машины и транспортирующие устройства.

На рис. 3.6 показана машинно-аппаратурная схема линии производства затяжного печенья и крекера.

**Устройство и принцип действия линии.** Жидкие рецептурные компоненты (молоко, меланж и др.) после фильтрации хранятся в расходных емкостях 5, из которых насосами 6 загружаются в объемные дозаторы (мерники) 2. Блоки жира растапливают и после фильтрации загружают в расходную емкость 9, снабженную обогревательной рубашкой. Из этой емкости расплавленный жир перекачивают насосом 7 в бункерные весы 1 либо путем переключения кранов 8 осуществляют циркуляцию жира. Она необходима в перерывах между операциями дозирования жира, а также если температура жира находится за пределами оптимального интервала 38...42 °С.

Просеянный сахар питателем 4 загружают в бункерные весы 3. Для приготовления затяжного и крекерного теста обычно применяют сахар-песок, так как по сравнению с сахарным тестом в затяжном содержится больше влаги, увеличены температура и продолжительность замеса, что улучшает условия растворения кристаллов сахара. Однако применение сахарной пудры предпочтительно.

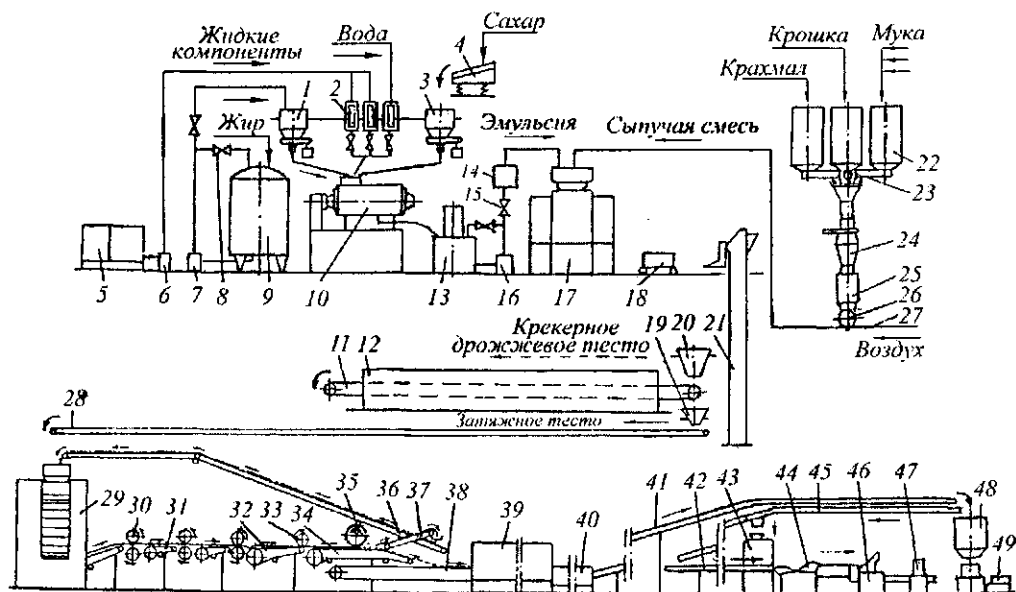


Рис. 3.6 Машинно-аппаратурная схема линии производства затыжного печенья и крекера

Мука из разных партий с различным качеством клейковины, крахмал и измельченные возвратные отходы размещаются в бункерах 22. Для приготовления рецептурной смеси эти сыпучие компоненты в необходимых соотношениях выгружаются из бункеров 22 при помощи системы питателей 23, взвешиваются на весах 24 и накапливаются в производственном бункере 25. Из него при подаче сжатого воздуха в продуктопровод 27 и при переключении роторного питателя 26 взвешенная порция сыпучей мучной смеси подается в загрузочную воронку тестомесильной машины 17.

Эмульсию готовят в эмульсаторе 10, в который последовательно загружают рецептурные компоненты при непрерывном вращении месильной лопасти. Сначала загружают воду, жидкие компоненты и сахар, перемешивают их в течение 2...3 мин до полного растворения сахара, а затем добавляют жир, химические разрыхлители и ароматизаторы, продолжая перемешивать еще 3...4 мин.

Готовую эмульсию сливают в расходный бак 13, в котором она постоянно перемешивается при температуре 38...40 °С. Насосом 16 эмульсию через расходомер 14 дозируют в месильную машину 17 либо путем переключения кранов 15 осуществляют циркуляцию эмульсии в баке 13.

Замес теста производится в тестомесильной машине периодического действия 17. При непрерывном вращении месильных лопастей одновременно параллельными потоками в течение 4...6 мин загружают в машину 17 эмульсию и мучную смесь. Соотношение рецептурных компонентов должно обеспечить влажность теста для затыжного печенья в пределах 22...26 %. Температура теста поддерживается в интервале 38...40 °С. Продолжительность замеса затыжного теста составляет 15...18 мин и разделяется на две стадии: 0,5 мин при частоте вращения месильных лопастей 28 мин<sup>-1</sup>, а остальное время при частоте 56 мин<sup>-1</sup>. Конкретные значения влажности теста, температуры и продолжительности его замеса зависят от свойств муки, рецептуры и введенных добавок.

За несколько минут до окончания замеса непосредственно в тестомесильную машину 17 добавляют пиросульфит натрия в количестве 0,025...0,050 %. Максимальная дозировка этой добавки применяется для «сильной» муки с содержанием клейковины свыше 34 %. К концу замеса порошок пиросульфита натрия или его водный раствор необходимо равномерно распределить по всему объему теста.

Готовое тесто для затяжного печенья благодаря применению пиросульфата натрия не нуждается в выдержке. Его выгружают из тестомесильной машины 17 в подкатные дежи 18, которые затем закрепляют на подъемнике-дежеопрокидывателе 21. В зависимости от компоновки линии тесто может загружаться подъемником 21 непосредственно в приемную воронку ламинатора 29 либо перемещаться с помощью промежуточного конвейера 28 после опрокидывания дежи с тестом в воронку 19.

Замес крекерного дрожжевого теста в машине 17 начинается с загрузки дрожжевой разводки, затем при вращении месильных лопастей в течение 4...6 мин одновременно и параллельно подают порции эмульсии и мучной сыпучей смеси. В зависимости от рецептуры и свойств сырья получают дрожжевое тесто влажностью 26...30 % при температуре 26...30 °С в течение 15...18 мин.

Готовое дрожжевое тесто выгружают из машины 17 в подкатные дежи 18, из которых тесто при помощи подъемника 21 через воронку 20 загружается на пластинчатый конвейер 11 бродильного аппарата непрерывного действия 12. Этот аппарат снабжен автоматической системой поддержания оптимальных параметров воздушной среды в бродильной камере: температура  $30 \pm 3$  °С и относительная влажность  $75 \pm 5$  %. Конвейер 11 обеспечивает перемещение теста от входа к выходу аппарата 12 в течение 2 ч, необходимых для протекания процессов брожения и ферментации теста. Готовое крекерное дрожжевое тесто с конвейера 11 поступает на промежуточный конвейер 28 и затем загружается в приемную воронку ламинатора 29.

Тестораскаточная машина непрерывного действия – ламинатор 29 – состоит из нескольких пар гладких и рифленых валков и системы ленточных конвейеров, смонтированных на общей станине, снабженных регулировочными устройствами и контрольно-измерительными приборами. Ламинатор имеет две приемные воронки, дном каждой из них является пара валков. Они прокатывают две ленты теста, которые поступают на горизонтальный конвейер, накладываются друг на друга и вылеживают. Затем трижды повторяется операция прокатки и вылеживания двуслойной ленты теста, при этом толщина слоев существенно уменьшается. На выходе из ламинатора выполняется операция многократного слоения полученной ленты с разворотом на 90° и формированием многослойного пласта теста.

Этот пласт калибруется по толщине тремя парами валков 30, соединенных короткими ленточными конвейерами 31. Толщина многослойного пласта постепенно уменьшается и доводится до размера, составляющего 0,5...0,3 толщины готовых изделий. Последняя пара валков имеет гладкие шлифованные поверхности и придает тесту глянец.

Для протекания эластичной деформации прокатанного пласта требуется определенный промежуток времени, поэтому пласт поступает на конвейер 32, длина которого подбирается в зависимости от физических свойств теста. Чтобы тесто не прилипало к валкам, на верхнюю поверхность пласта наносят муку, которая счищается цилиндрической щеткой 33.

Конвейер 34 подает калиброванный многослойный пласт теста под формующий ротор 35. Он представляет собой цилиндр диаметром около 80 мм, на котором за-

креплены матрицы с режущими кромками. В корпус каждой матрицы установлено доньшко, к которому крепятся трафареты с рисунком и надписью, а также шпильки для прокалывания тестовой заготовки.

Отформованные тестовые заготовки перекадываются без нарушения рядности с конвейера 34 на сетчатый конвейер 38 печи 39. Просеченная лента многослойного пласта теста принимается конвейером 37 и передается на возвратный конвейер 36 для загрузки в одну из приемных воронок ламинатора 29.

Выпечка затяжного печенья продолжается 5...9 мин при следующих температурах по зонам (°C): 160...180; 280...290; 270...300; 260...290; 250...280. Для мелкого крекера этим параметрам соответствуют значения – 2,5...3,5 мин и 150...180; 200...215; 295...305; 275...285; 230...245 °C. Конкретные значения параметров выпечки зависят от производительности печи, рецептуры, размеров тестовых заготовок, влажности теста и готовых изделий и других факторов.

Выпеченное печенье предварительно охлаждается на выступающей части пода печи 40 и передается на многоярусный охлаждающий конвейер 41. На нем при естественных параметрах воздушной среды помещения цеха в течение 4...5 мин изделия охлаждаются до температуры 40...45 °C.

Устройство линии предусматривает три варианта упаковывания продукции в зависимости от ассортимента изделий. Крупные изделия правильной формы проходят два яруса охлаждающих конвейеров 41, 45 и снимаются на горизонтальный конвейер 42, поворачиваются укладчиком (стеккером) 44 на ребро и подаются в заверточную машину 46 для заворачки в пачку. Последние на столе 47 укладывают в картонные короба. Мелкие изделия загружаются в фасовочную машину 43 для упаковывания в пакеты. Часть незавернутой продукции может загружаться в бункер 48, из которого изделия упаковывают непосредственно в торговую тару – картонные ящики и взвешивают на весах 49. Ящики с готовой продукцией укладывают на тележки или на конвейер и отправляют на склад.



Знание только тогда знание, когда оно  
приобретено усилиями своей мысли, а не памятью.  
*ТОЛСТОЙ ЛЕВ НИКОЛАЕВИЧ (1828-1910).*  
русский писатель

### 3.7 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВАФЕЛЬ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** *Вафли* – мучные кондитерские изделия, представляющие собой тонкие выпеченные листы, прослоенные начинкой или без нее. Вафельные листы обладают специфическим свойством издавать хруст при раскусывании. Это обусловлено низким содержанием влаги, рифленной клетчатой поверхностью и мелкопористой внутренней структурой листов. Вафельные листы являются составной частью вафель, вафельных тортов, конфет на вафельной основе и др. Вафельные листы и стаканчики применяют при производстве мороженого.

В состав рецептуры вафельных листов входят мука пшеничная, питьевая вода, соль, гидрокарбонат натрия (сода), а также растительное масло и лецитин – натуральный эмульгатор. Два последних компонента могут быть заменены яйцепродуктами.

Для прослойки вафель применяют жировые, пралиновые, фруктовые, помидные и другие начинки. Наибольшее количество вафель вырабатывают с жировыми на-

чинками, представляющими собой однородную, пышную, хорошо взбитую массу. Рецепттура жировой начинки включает жир, сахарную пудру, лецитин, крошку (измельченные обрезки вафель), вкусовые добавки (эссенции, лимонная кислота), а также красители.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В настоящее время для производства вафель применяют поточные линии, в которых непрерывные процессы выпечки вафельных листов, намазки и резки вафельных пластов сопряжены с порционным приготовлением вафельного теста и жировых начинок. Разработаны также способы и оборудование для непрерывного приготовления вафельного теста и жировых начинок.

Особенностью производства вафельных листов является их формование методом отливки и выпечка в полости между двумя металлическими плитами, сопряженными с зазором 2...3 мм. Качество выполнения этих операций существенно зависит от точности дозирования порции теста при подаче его на формование, обусловленной низкой вязкостью теста. Тесто с большой вязкостью неточно дозируется, кроме того, оно медленно и неравномерно растекается по поверхности плиты формы, в результате вафельные листы имеют различную толщину и неравномерно выпекаются.

Свойства вафельного теста зависят от рецептуры и технологии производства. Количество и качество клейковины, содержащейся в муке, оказывают большое влияние на вязкость теста. Оптимальную вязкость имеет вафельное тесто, приготовленное из «слабой» муки, содержащей не более 32 % слабой клейковины. «Слабой» считают муку, которая при замесе теста нормальной консистенции поглощает относительно мало воды. Тесто из такой муки в процессе замеса и технологической обработки изменяет свои физические свойства в направлении снижения вязкости.

Для снижения вязкости вафельного теста необходимо ограничить набухаемость белковых веществ, содержащихся в муке. Этому способствуют имеющиеся в составе рецептуры жиросодержащие компоненты. Положительный эффект их применения достигается при условии образования жировой прослойки между наибольшим числом частиц муки, находящейся в тесте. Для этого необходимо диспергировать и гомогенизировать жиросодержащие компоненты, т.е. добиться тонкого измельчения жировой фазы и равномерного распределения ее в объеме теста.

При диспергировании жиров требуется не только измельчить частицы жира, но и исключить их повторное слипание. Это достигается при введении в состав рецептуры эмульгаторов – поверхностно-активных веществ, обладающих способностью при введении в небольших количествах способствовать образованию стойких жировых эмульсий (смесей воды и жира). Следует отметить, что диспергирование и гомогенизация жиросодержащих компонентов не только обеспечивают снижение вязкости вафельного теста, но и позволяют уменьшить его влажность, сократить количество оттегов при формовании и исключить прилипание выпеченных вафельных листов к формам.

Консистенция вафельного теста существенно зависит от влажности, температуры и продолжительности замеса. Необходима минимальная влажность теста, при которой обеспечивается устойчивая дисперсная система, не образующая агрегатов из частиц муки. При температуре выше 20 °С увеличивается вязкость теста вследствие большой набухаемости белков клейковины, а при сокращении продолжительности замеса тесто имеет неравномерную густую консистенцию.

В процессе выпечки необходимо удалить из теста значительное количество влаги (180 % к массе сухого вещества). Вследствие большой поверхности выпаривания в вафельных формах и небольшой толщины листов процесс выпечки продолжается в течение 2...3 мин при температуре поверхности плит 150...170 °С. Наиболее интенсивная влагоотдача наблюдается в начале выпечки. Вафельное тесто с первых секунд выпечки должно получать от греющих поверхностей вафельной формы наибольшее количество теплоты. Это приведет к интенсивному массообмену в контактном слое и к наибольшей влагоотдаче теста.

Особенностью выпечки вафельного полуфабриката является то, что разрыхление теста происходит благодаря бурному парообразованию. Использование химических разрыхлителей (гидрокарбоната натрия) незначительно влияет на образование пористой структуры листа, но позволяет увеличить хрупкость листов.

В конце выпечки, когда происходит удаление адсорбционно связанной влаги, затраты теплоты следует уменьшить, так как интенсивный подвод теплоты приводит к обугливанию изделий в результате резкого повышения температуры поверхности листа, прилегающего к вафельной форме. Хорошо выпеченный лист легко снимается с вафельной формы, обладает нормальным цветом и хрупкостью, что и характеризует момент окончания процесса выпечки.

Большое значение для получения вафельных листов высокого качества имеет процесс охлаждения их после выпечки. На некоторых предприятиях вафельные листы после выпечки складывают в стопки и помещают для длительной выстойки (до 10 ч) в теплую камеру. При этом способе выстойки все листы искривляются, а часть листов растрескивается. Листы такого качества можно намазывать начинкой только на малопроизводительных вальковых машинах, требующих значительных затрат ручного труда.

Охлаждение вафельного листа (каждого в отдельности) при температуре и относительной влажности воздуха в помещении является наиболее рациональным режимом охлаждения, так как при этом увеличивается площадь теплоотдачи и за счет этого продолжительность охлаждения сокращается до 2...3 мин. Этот способ охлаждения предотвращает искривление вафельных листов и позволяет применять машины для автоматизированной намазки листов начинкой.

Вафли заворачивают во влагостойкие, жиро- и маслoneпроницаемые упаковочные материалы: пергамент, пергамин, полимерная или комбинированная пленка и др. Срок хранения вафель с жировыми начинками составляет от двух до шести месяцев в зависимости от свойств применяемого жира и вида упаковки.

**Стадии технологического процесса.** Приготовление вафель с начинкой можно разделить на следующие основные стадии и операции:

– подготовка сырья к производству: хранение, смешивание, просеивание и дозирование муки; подготовка питьевой воды; приготовление водного раствора смеси соли и соды, смеси растительного масла и лецитина и последующего приготовления из этих компонентов концентрированной эмульсии для теста; измельчение сахара-песка и вафельных обрезков; приготовление водного раствора смеси лимонной кислоты и эссенции, смеси жира и лецитина и последующего приготовления из этих компонентов эмульсии для начинки;

– приготовление вафельного теста: дозирование муки, воды и концентрированной эмульсии; замес вафельного теста;



- приготовление начинки: дозирование жира, сахарной пудры и эмульсии; замес начинки;
- дозирование вафельного теста, отливка порций теста в вафельные формы и выпечка вафельных листов;
- охлаждение вафельных листов;
- приготовление вафельных блоков;
- охлаждение вафельных блоков;
- резка вафельных блоков на заготовки;
- упаковывание вафель в потребительскую и транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства вафель с начинками выполняются при помощи комплексов оборудования для измельчения сахара-песка и вафельных обрезков, приготовления эмульсий для теста и начинки. В состав этих комплексов входят ударно-центробежные и валковые мельницы, растворители, обогреваемые емкости с мешалками, а также оборудование для дозирования рецептурных компонентов.

Два следующих комплекса выполняют замесы вафельного теста и начинки. Они состоят из дозирующего оборудования и месильных машин.

Ведущий комплекс оборудования линии предназначен для получения заготовок вафель и содержит оборудование для формования, намазки, охлаждения и резки вафельных листов.

В заключительный комплекс линии входит оборудование для упаковывания вафель в потребительскую и транспортную тару.

На рис. 3.7 показана машинно-аппаратурная схема линии производства вафель с жировыми начинками, в состав которой входит оборудование для непрерывного приготовления вафельного теста и начинок.

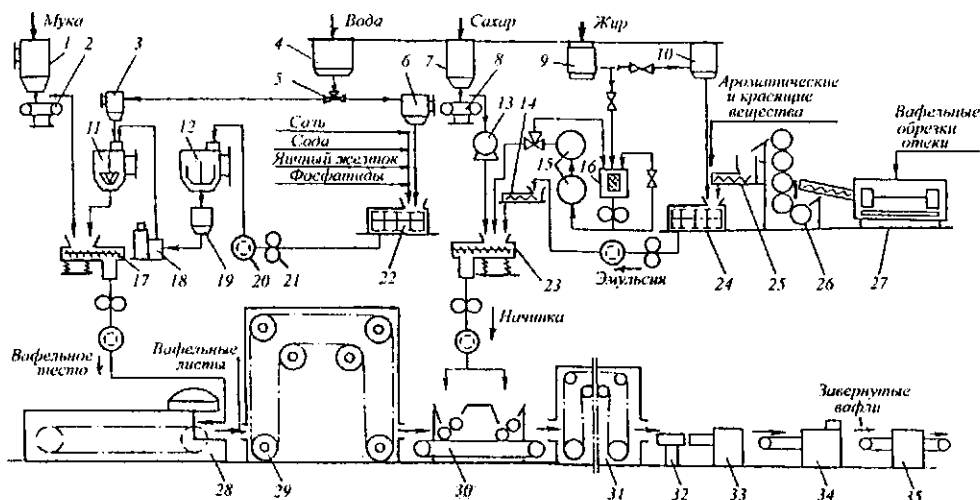


Рис. 3.7 Машинно-аппаратурная схема линии производства вафель

**Устройство и принцип действия линии.** Приготовление теста непрерывным способом осуществляется путем предварительного приготовления эмульсий из всех компонентов рецептуры, за исключением муки, и последующего смешивания ее с мукой.

Приготовление эмульсии производят следующим образом. В эмульсатор 22 периодического действия с Т-образными лопастями с частотой вращения  $270 \text{ мин}^{-1}$  сначала загружают желток или меланж, предварительно разведенный в воде в соотношении 1 : 1, затем растительное масло, пищевые фосфатиды, гидрокарбонат натрия (соду) в виде 7,5 %-ного раствора, соль и перемешивают в течение 10...15 мин. К полученной из распределительного бака 4 через кран 5 с помощью порционного дозатора 6 добавляют примерно 5 % общего количества воды, идущей на замес теста, и перемешивают еще 5 мин. Полученную концентрированную эмульсию подают насосом 21 через фильтр 20 в расходную емкость 12 с мешалкой, откуда она поступает в бачок постоянного уровня 19. Бачок обеспечивает стабильный напор на всасывающей линии плунжерного насоса-дозатора 18, направляющего эмульсию в гомогенизатор 11. В нем при интенсивном перемешивании в небольшом объеме концентрированная эмульсия смешивается с оставшимся количеством воды, подаваемой из дозатора 3 непрерывного действия.

После гомогенизатора 11 разбавленная эмульсия непрерывно поступает в вибрационный смеситель 17. Туда же из бункера 1 дозатором 2 непрерывно подается просеянная мука. Непрерывное интенсивное смешивание разбавленной эмульсии с мукой при одновременном воздействии направленных вибрационных колебаний позволяет ускорить приготовление вафельного теста.

Из приемного бачка смесителя готовое тесто с помощью насоса процеживается через фильтр и подается в расходный бачок вафельной печи 28. Температура готового теста должна быть не выше  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , влажность 58...65 %. Формование вафельных листов осуществляется путем отливки заданной порции теста непосредственно в формы печи 28. Тесто заполняет внутреннюю полость толщиной 2...3 мм между металлическими плитами вафельной формы. Стабилизация формы листа происходит в результате удаления влаги при выпечке. Температура выпечки составляет  $170...210 \text{ }^\circ\text{C}$ , продолжительность выпечки 2...3 мин, влажность выпеченного вафельного листа 0,7...1,3 %, его масса – 48...52 г.

Вафельные листы из печи 28 подаются на люльки конвейера 29 и охлаждаются до температуры воздуха в помещении цеха, а затем поступают в намазывающую машину 30.

Непрерывное приготовление начинки осуществляется следующим образом. Вафельные обрезки и оттеки предварительно измельчают в меланжере 27, а затем в пятивалковой мельнице 26. Полученная вафельная крошка подается шнековым дозатором 25 в смеситель 24. В него же из темперирующей машины 9 с помощью дозатора 10 подается расплавленный жир (около 20 % общего его количества, идущего на приготовление начинки), в котором растворяют лецитин. В приемную воронку смесителя 24 дозируют также растворы лимонной кислоты, ароматизирующей эссенции и красителя. В результате смешивания этих компонентов получается пастообразная эмульсия, которая шестеренным насосом подается через фильтр в дозатор непрерывного действия 14. Из него эмульсию дозируют в вибросмеситель 23.

Жир (в блоках) подают в темперирующую машину 9 и после перевода в жидкообразное состояние большая часть жира насосом непрерывно подается в охладитель 15 через сетчатый фильтр 16.

Благодаря охлаждению до  $20...23 \text{ }^\circ\text{C}$  и механической обработке жир приобретает сметанообразную консистенцию с большим количеством центров кристаллизации и непрерывно загружается в вибрационный смеситель 23.

Сахар-песок из бункера 7 дозатором 8 подается в микромельницу 13, откуда в виде пудры направляется в вибросмеситель 23.

В результате интенсивной обработки смеси вышеперечисленных рецептурных компонентов в вибросмесителе 23 образуется пышная, взбитая жировая начинка. Она насосом через сетчатый фильтр подается в приемную воронку намазывающей машины 30.

В этой машине при помощи намазывающих механизмов на листы наносится слой начинки, а после укладки намазанных листов в стопки образуются многослойные вафельные пласты. На выходе из машины 30 пласты укладывают на люльки конвейера охлаждающего аппарата 31, а затем штабелером 32 в стопки. Далее пласты разрезают на отдельные изделия при помощи резальной машины 33. Заверточной машиной 34 вафли упаковывают в пакеты или пачки, которые затем укладывают в гофроящики, склеиваемые машиной 35. Готовая продукция направляется на склад.



Ты должен неутомимо стремиться вперед,  
ни одной минуты не стоять на месте, если хочешь  
добиться исполнения своих стремлений.  
*ШИЛЛЕР ФРИДРИХ (1759–1805),  
немецкий поэт и драматург*

### 3.8 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРАМЕЛИ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Карамель представляет собой сахарные кондитерские изделия, состоящие в основном из твердого аморфного вещества – карамельной массы. Ассортимент карамели насчитывает более 200 наименований и делится на две основные группы: леденцовая карамель, изготовленная целиком из карамельной массы (изделия овальной и прямоугольной формы, фигурная карамель, монпансье и др.); карамель с начинкой, состоящая из наружной оболочки, изготовленной из карамельной массы, и начинки (изделия с фруктово-ягодными, молочными, шоколадными, масляно-сахарными и другими начинками).

По внешнему оформлению карамель выпускают завернутую или открытую. Карамель поштучно заворачивается во влагонепроницаемую этикетку. Открытая карамель фасуется в разнообразную герметичную тару либо поверхности карамели подвергают защитной обработке. Ее покрывают тонким влагонепроницаемым слоем воско-жировой глазури или обсыпают сахаром-песком либо смесью какао-порошка и сахарной пудры.

Сырьем для приготовления карамели служит сахар, крахмальная патока и разнообразные заготовки и полуфабрикаты для начинок (фруктово-ягодные подварки и пюре, молочные и какао-продукты, жиры, орехи и др.). Широко используются пищевкусовые добавки (пищевые кислоты и ароматические эссенции, красящие вещества и др.).

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В современном карамельном производстве массовые виды леденцовой карамели и карамели с жидкими начинками (фруктово-ягодными, молочными, помадными) вырабатывают на механизированных поточных линиях. Розничный ассортимент карамели производят на линиях, требующих частичного применения ручных операций.

Механизированное производство карамели отличается высокой интенсивностью процессов. При формовании карамели производительность достигает 1800...2200 изделий в минуту, а современные заверточные машины имеют производительность до 1000...1200 изделий в минуту. Такие условия производства предъяв-

ляют высокие требования к точности геометрических размеров, формы и прочностных характеристик изделий.

Карамельную массу получают путем уваривания водного раствора сахарозы и антикристаллизатора до остаточной влажности 2...4 %. В качестве антикристаллизатора используют крахмальную патоку, которую частично можно заменить инвертным сиропом.

Процесс обработки карамельной массы и изготовления из нее изделий обусловлен физическим состоянием и механическими характеристиками массы, которые прежде всего зависят от температуры. Карамельная масса при температуре выше 100 °С представляет собой вязкую жидкость. Вязкость массы при охлаждении увеличивается в десятки раз, а при температуре 65...75 °С она переходит в пластичное состояние, т. е. обретает способность принимать под давлением любую форму и сохранять ее. При дальнейшем охлаждении ниже 35...40 °С масса переходит в стекловидное аморфное состояние. Она становится твердой и хрупкой.

Особенности технологического процесса производства карамели обусловлены тем, что карамельная масса является весьма неустойчивой системой: сахар (сахароза) стремится принять свойственное ему кристаллическое состояние. Кроме того, при нагревании рецептурной смеси происходит химическое изменение сахарозы. Продукты такого изменения отличаются высокой гигроскопичностью, ухудшают внешний вид изделий и сокращают срок хранения карамели. Поэтому на всех стадиях технологического процесса требуется создание условий, обеспечивающих высокую стойкость карамельной массы. В частности, для снижения температуры и сокращения продолжительности удаления влаги из рецептурной смеси ее уваривают под вакуумом. Вкусовые добавки, содержащие кислоты, вводят после предварительного охлаждения карамельной массы. Необходимым условием при изготовлении карамели является охлаждение уваренной карамельной массы в возможно более короткие сроки, так как скорость кристаллизации сахарозы зависит от скорости охлаждения и с понижением температуры быстро падает из-за резкого повышения вязкости массы.

Поверхность готовой карамели должна обязательно защищаться от влияния окружающего воздуха. Незащищенная карамель, поглощая влагу из воздуха, быстро увлажняется, слипается и теряет товарный вид. Наиболее распространенным способом защиты является заворачивание карамели во влагонепроницаемую этикетку.

**Стадии технологического процесса.** Производство карамели разделяется на следующие стадии и операции:

- подготовка сырья к производству: освобождение от тары и хранение сахара, патоки, заготовок и полуфабрикатов; просеивание сыпучих продуктов и фильтрация жидких компонентов, десульфитация, темперирование, растворение или расплавление сырья для начинок;

- приготовление карамельного сиропа: дозирование сахара-песка, патоки (инвертного сиропа) и питьевой воды, растворение сахара, смешивание с патокой и уваривание рецептурной смеси;

- приготовление карамельной массы путем уваривания карамельного сиропа под вакуумом;

- обработка карамельной массы: охлаждение массы, дозирование карамельной массы, кислоты, эссенции и красителя, смешивание массы с добавками, выравнивание температуры по всему объему массы путем проминки или вытягивания (с одно-временным насыщением массы пузырьками воздуха);

– приготовление начинок: дозирование, смешивание и уваривание рецептурных компонентов, дозирование вкусовых добавок, смешивание и темперирование уваренной рецептурной смеси;

– формование карамели: дозирование карамельной массы, обкатывание карамельного батона, дозирование начинки, калибрование карамельного жгута с начинкой, формование изделий определенной формы способами штампования или резания;

– охлаждение отформованной карамели: предварительное охлаждение на узком конвейере, окончательное охлаждение в охлаждающем агрегате;

– завертка карамели, фасование завернутой карамели в пакеты, упаковка пакетов (или завернутой карамели) в картонные ящики.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства карамели с жидкими начинками выполняются при помощи комплексов оборудования для приготовления карамельного сиропа и начинки. В состав этих комплексов входят емкости для хранения и устройства для дозирования рецептурных компонентов, смесители и варочные аппараты.

Ведущий комплекс оборудования линии предназначен для приготовления карамельной массы, формования и охлаждения карамели. В его составе находятся дозаторы карамельного сиропа, вкусовых добавок и красителей, вакуум-аппарат, охлаждающая и тянущая машины, темперирующая машина и дозатор для начинки, карамелеобкаточная, жгутовывтягивающая и формующая машины, а также узкий охлаждающий конвейер и охлаждающий агрегат.

Завершающие операции производства карамели выполняются комплексом оборудования, состоящим из заверточных, фасовочных и упаковочных машин, а также системы конвейеров, их соединяющих.

На рис. 3.8. показана машинно-аппаратурная схема линии производства карамели с жидкими начинками.

**Устройство и принцип действия линии.** В состав линии входит сироповарочная установка ШСА, предназначенная для получения карамельного сиропа. Она состоит из блока рецептурных сборников, двух сироповарочных агрегатов и щитов управления. Блок рецептурных сборников включает в себя сборники 2 для патоки, инвертного сиропа и воды, а также два плунжерных насоса 1.

В сироповарочный агрегат входит сборник 3 с дозатором сахара, смеситель 4, плунжерный насос 5, змеевиковая варочная колонка 6, снабженная расширителем 7, пароотделитель 8, вентилятор 11, сборник готового сиропа 9 с сетчатым фильтром и шестеренный насос 10.

Принцип действия сироповарочной установки ШСА основан на растворении сахара в патоке под давлением с добавлением воды, что обеспечивает наиболее короткий производственный цикл и сокращает продолжительность температурного воздействия на сахарозу. Это позволяет получить карамельный сироп более высокого качества и повысить стойкость карамели.

Установка ШСА работает следующим образом. Из рецептурных сборников 2 насосы-дозаторы 1 подают жидкие компоненты: патоку (или инвертный сироп) и воду в приемную воронку смесителя-растворителя 4. В эту же воронку дозатором из бункера 3 подается сахар-песок.

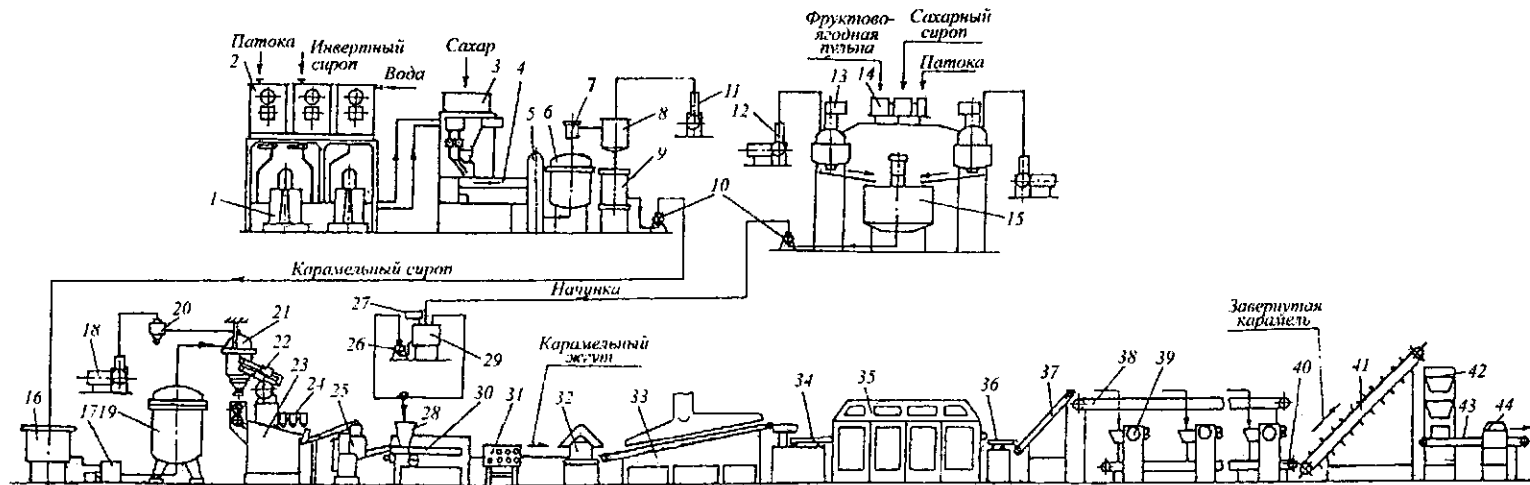


Рис. 3.8 Машинно-аппаратурная схема линии производства карамели

Температура патоки и воды, подаваемых в смеситель, 65...70 °С (температура инвертного сиропа не должна превышать 40...50 °С). В смесителе 4 рецептурная смесь обрабатывается в течение 3,0...3,5 мин и нагревается до 65...70 °С. Эта смесь имеет влажность 17...18 % и представляет собой кашицу с не полностью растворенными кристаллами сахара.

Плунжерным насосом 5 кашеобразная смесь подается в змеевик варочной колонки 6. На выходе из колонки змеевик соединен с расширителем 7, внутри которого установлен диск с отверстием диаметром 10...15 мм. Диск оказывает сопротивление потоку движущейся рецептурной смеси, обеспечивая тем самым избыточное давление в змеевике 0,17...0,20 МПа. Благодаря этому давлению смесь нагревается до более высокой температуры, чем при атмосферном давлении без повышения концентрации раствора. При избыточном давлении греющего пара в варочной колонке в пределах 0,45...0,55 МПа температура сиропа на выходе из змеевика достигает 120...125 °С. В результате повышения температуры происходит более быстрое растворение кристаллов сахара в несколько меньшем количестве воды, чем принято обычно при других способах уваривания.

Образовавшийся в сиропе вторичный пар удаляется в пароотделителе 8 и вместе с воздухом вентилятором 11 выводится наружу.

Готовый сироп собирается в нижней конической части пароотделителя 8 и отводится в сборник сиропа 9. Сборник снабжен фильтром с ячейками диаметром 1 мм. По мере необходимости готовый карамельный сироп перекачивают к местам потребления шестеренным насосом 10.

В состав линии входит установка для приготовления жидких начинок. Она состоит из блока рецептурных сборников с дозирующими устройствами, двух начиночных вакуум-аппаратов, сборника начинки и щитов управления. Блок рецептурных сборников 14 включает в себя сборники для сахарного сиропа, патоки, фруктово-ягодной пульпы, молочных продуктов и др., а также дозирующие устройства для этих компонентов.

Начиночные вакуум-аппараты 13 имеют паровую рубашку, механическую мешалку и спускной штуцер с затвором. Рабочий объем аппарата через трубопровод на верхней крышке соединен с мокровоздушным вакуум-насосом 12, снабженным конденсатором смешения.

Приемный сборник начинки 15 имеет водяную рубашку, механическую мешалку и спускной штуцер, соединенный через трубопровод с шестеренным насосом 10.

При работе установки исходные компоненты дозируют и загружают в начиночный вакуум-аппарат в соответствии с рецептурой. После герметизации варочного объема включают вакуум-насос и подают греющий пар. При уваривании начинки поддерживают избыточное давление греющего пара в пределах 0,4...0,6 МПа, а остаточное давление (разрежение) в варочном объеме 65...75 кПа. Рецептурная смесь уваривается в течение 30...45 мин до влажности 16...19 %.

Готовая начинка по направляющим желобам перетекает в приемный сборник 15, охлаждается до температуры 80...85 °С и насосом 10 перекачивается в темперирующую машину 29. Сюда же дозирующими устройствами 27 подаются кислота и ароматическая эссенция, которые перемешиваются с начинкой. Готовая начинка перекачивается насосом 26 в начинконаполнитель 28.

Наличие пары варочных аппаратов в установке позволяет организовать бесперебойное приготовление начинки: пока в одном аппарате уваривается начинка, в другом производят вспомогательные операции, и наоборот.

Уваривание карамельного сиропа для получения карамельной массы осуществляется в змеевиковом вакуум-аппарате непрерывного действия. Он состоит из греющей части – змеевиковой варочной колонки 19, выпарной части – вакуум-камеры 21 с разгрузочным механизмом 22 и сепаратора-ловушки 20, соединенного через конденсатор смешения с мокровоздушным насосом 18.

При работе вакуум-аппарата карамельный сироп из расходного сиропного бака 16 плунжерным насосом-дозатором 17 непрерывно нагнетается в змеевик колонки 19 под избыточным давлением 0,08...0,15 МПа. Одновременно в корпус колонки подается греющий пар под давлением 0,4...0,6 МПа. Проходя через змеевик, сироп нагревается, закипает и, смешиваясь с выделившимся из него паром, поступает в вакуум-камеру 21.

Остаточное давление (разрежение) в вакуум-камере поддерживается в пределах 85...95 кПа, поэтому в ней продолжается процесс уваривания массы благодаря интенсивному самоиспарению влаги в разреженном пространстве. Вторичный пар, выделяющийся из сиропа при его уваривании, и воздух проходят через сепаратор-ловушку 20, в которой задерживаются частицы карамельной массы. Далее вторичный пар охлаждается, конденсируется и вместе с воздухом удаляется вакуум-насосом 18. Уваренный карамельный сироп накапливается в вакуум-камере 21 и при помощи разгрузочного устройства 22 выгружается из нее порциями по 15...20 кг через 1,5...2,0 мин.

Процесс уваривания сиропа в змеевиковом вакуум-аппарате протекает в течение 1,5...2,0 мин. Готовая карамельная масса остаточной влажностью 2,0...3,5 % при температуре 110...130 °С поступает в приемную воронку охлаждающей машины 23.

Из приемной воронки карамельная масса выходит непрерывной лентой между двумя вращающимися полыми барабанами, которые охлаждаются изнутри водой. Передвигаясь по нижнему барабану, она попадает на наклонную плиту, охлаждаемую водой. Лента массы толщиной 3...6 мм и шириной 0,4...0,6 м быстро теряет тепло на охлаждаемых поверхностях, образуя твердую корочку, которая препятствует прилипанию карамельной массы к соприкасающимся поверхностям оборудования. Из-за плохой теплопроводности внутри ленты карамельной массы температура снижается медленно и сохраняется жидкое состояние продукта.

После предварительного охлаждения при продвижении массы по наклонной плите на поверхность ленты из дозаторов 24 подаются краситель, кислота и эссенция. В нижней части плиты карамельная лента проходит между подвертывателями, которые свертывают ленту в трубу таким образом, чтобы добавки попали внутрь. Далее лента прокатывается валками и превращается в многослойный пласт. На охлаждающей машине 23 карамельная масса в течение 20...25 с охлаждается до средней температуры 80...90 °С.

Затем лента карамельной массы загружается конвейером на рабочие органы тянущей машины 25, которые растягивают и складывают пряжи карамельной массы. В результате такой обработки в течение 1,0...1,5 мин карамельная масса перемешивается с добавками, температура массы выравнивается по всему объему, а также масса насыщается пузырьками воздуха, теряет прозрачность и приобретает шелковистый блеск.



Карамельные изделия формируются комплексом оборудования, состоящим из трех машин, работающих синхронно: карамелеобкаточной 30 с начинконаполнителем 28, жгутовывтягивающей 31 и карамелештампующей 32.

Внутри корпуса карамелеобкаточной машины 30 расположено шесть вращающихся рифленых веретен. Они образуют конусообразный желоб, на который конвейером загружают тянутую карамельную массу температурой 70...80 °С. Масса обертывается вокруг трубки начинконаполнителя 28 и по мере накопления порции (батона) до 50 кг обкатывается веретенами и постепенно приобретает форму конуса. Он непрерывно вращается вокруг продольной оси, совпадающей с осью начинконаполнительной трубки. На выходе из машины вершина карамельного батона обкатывается в виде бесконечного жгута. При нагнетании начинки в наполнительную трубку центральная полость жгута наполняется начинкой. Количество начинки дозируется в зависимости от вида карамели и составляет от 23 до 33 % от общей массы изделия.

Из обкаточной машины карамельный жгут непрерывно проходит в жгутовывтягивающую машину 31. Жгут последовательно проходит через три пары калибрующих роликов, при этом диаметр жгута уменьшается от 45...50 мм до 14...16 мм. Окончательный размер диаметра жгута зависит от вида вырабатываемой карамели.

Откалиброванный карамельный жгут непрерывно поступает в карамелештампующую машину 32, которая формирует и разделяет его на отдельные изделия соответствующей длины и формы с рисунком на поверхности. Обычно вырабатывают карамель длиной 30 или 38 мм овальной или удлинненно-овальной формы.

Отформованная карамель температурой 60...70 °С непрерывной цепочкой с тонкими перемычками между изделиями поступает на узкий ленточный охлаждающий конвейер 33 и в течение 12...15 с обдувается воздухом, имеющим температуру 8...12 °С. За этот промежуток времени на поверхности изделий образуется твердая корочка охлажденной массы, что исключает деформацию карамели при более продолжительном окончательном охлаждении в охлаждающем агрегате.

Этот агрегат состоит из загрузочного 34 и отводящего 36 вибролотков, а также охлаждающего шкафа 35. В последнем размещен сетчатый конвейер и автономная система охлаждения и циркуляции воздуха. Шкаф 35 выполнен в виде герметичной камеры, внутри которой поддерживают температуру охлаждающего воздуха 0...3 °С с относительной влажностью не выше 60 %.

Карамельная цепочка, поступающая с конвейера 33, раскладывается вибролотком 34 в виде петель по ширине сетчатого конвейера, размещенного в шкафу 35. Карамель движется под распределительным воздухопроводом, через щели которого поступает охлаждающий воздух. В течение 1,5 мин температура карамели снижается до 35...40 °С, а перемычки между изделиями становятся твердыми и хрупкими. На выходе из шкафа 35 охлажденная карамель сыпается на отводящий вибролоток 36, на котором перемычки между изделиями окончательно разрушаются, а карамельная крошка отделяется от изделий. Карамель с вибролотка 36 загружается промежуточным конвейером 37 на распределительный конвейер 38, обеспечивающий подачу изделий в питатели заверточных машин 39.

Карамель, поступающая на завертку, должна соответствовать заданным размерам и форме, не иметь деформации, открытых швов и налипших крошек. Поверхность карамели должна быть сухой, нелипкой. Карамель должна быть равномерно охлаждена и обладать прочностью, исключающей ее разрушение при завертке. На машинах 39 карамель завертывается поштучно в этикетку с подверткой. Наиболее

производительные заверточные машины заворачивают карамель вперекрутку с использованием рулонных этикеток и подвертки.

Завернутая карамель поступает на сборный конвейер 40 и промежуточным конвейером 41 загружается в дозирующее устройство 42 для упаковки в транспортную тару – картонные ящики. Далее ящики передаются конвейером 43 на обандероливающую машину 44 и отгружаются в экспедицию.



Кто ясно видит величие чужой мысли, тот сам поднимается до того же уровня и возносит свою мысль на ту же самую высоту.  
*МОНТЕНЬ МИШЕЛЬ де (1533–1592).*  
*французский философ и писатель*

### 3.9 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОМАДНЫХ КОНФЕТ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Помадные конфеты – сахарные кондитерские изделия, которые состоят из мелких (10...20 мкм) кристаллов сахарозы, распределенных в насыщенном водном растворе различных сахаров: сахарозы, глюкозы, мальтозы и декстринов. Такую структуру изделий получают из помадной массы – полуфабриката, образованного в результате определенной технологической обработки сахара, при которой сахар из крупнокристаллического состояния переходит в мелкокристаллическое, отчего помадная масса легко растворяется и «тает». В отличие от сахара в помадной массе содержится от 9 до 12 % воды. Кроме того, в ней находятся мельчайшие пузырьки воздуха, придающие ей некоторую пышность и белую окраску.

Существует два основных вида помадных масс: сахарная и молочная, приготовленная из сахара и молока. В помадные массы добавляют различные вкусовые и ароматизирующие вещества. Добавки влияют на вкусовые качества помадных конфет, а в некоторых случаях на их структуру. Чтобы предотвратить высыхание отформованных конфет и сохранить двухфазное состояние их структуры, корпуса помадных конфет обычно покрывают шоколадной или жировой глазурью.

Помадные конфеты выпускают завернутыми или открытыми. При завертке конфеты поштучно заворачивают во влагонепроницаемую этикетку. Открытые помадные конфеты укладывают в картонные коробки или ящики.

Основным сырьем для производства помадных конфет является сахарный песок. В качестве антикристаллизатора применяется крахмальная патока. При изготовлении помадных конфет к сахарной помадной массе добавляются фруктово-ягодные припасы, подварки, обжаренные тертые орехи или какао-порошок, а также пищевые кислоты, вина, ароматизирующие эссенции и пищевые красители. К молочной помадной массе добавляются сливочное масло, тертые орехи, какао-порошок, вина и эссенции. Такое многообразие применяемого сырья позволяет выпускать разнообразные виды помадных конфет, составляющих значительную долю в общем объеме производства конфет.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В настоящее время самым распространенным способом формования помадных конфет является отливка жидкой конфетной массы в ячейки форм с последующим образованием твердообразной структуры при выстойке отлитых корпусов конфет в этих же формах. Отливкой массы можно получить изделия с наименьшими затратами энергии, так как при отливке конфетная масса под действием силы тяжести приобретает кон-

фигурацию той ячейки, в которой она находится. Внешнее напряжение для получения формы изделия прикладывать не требуется.

Вследствие значительной адгезии помадной массы со многими конструкционными материалами и отсутствия усадки при затвердевании массы формы для помадных конфет изготавливают в виде ячеек (углублений), отштампованных в слое порошкообразного формовочного материала, предварительно насыпанного в лотки.

Особенности загрузки лотков формовочным материалом и межоперационных перемещений лотков при формовании и выстойке корпусов конфет в значительной мере определяют качество изделий, производительность и уровень механизации производства помадных конфет.

На крупных и средних предприятиях кондитерской промышленности применяются линии, обеспечивающие комплексную механизацию основных и вспомогательных операций технологического процесса:

- линии с ускоренной выстойкой корпусов конфет непрерывного действия;
- линии со штабелером и дештабелером для механизированной укладки лотков с формовочным материалом и заготовками изделий на стеллажные тележки и их выстойки в помещении цеха.

На малых предприятиях применяют универсальные полумеханизированные линии производства отливных конфет с ручной загрузкой и разгрузкой стеллажных тележек для лотков.

Особенностью хранения и потребления помадных конфет является потеря влаги, что приводит к увеличению твердой фазы, укреплению и цементированию кристаллов сахарозы. В результате изделия этой массы становятся жесткими и неприятными на вкус. Это явление называется черствением помадных конфет. Первым признаком начавшегося заметного черствения изделия служит появление на поверхности, а затем и внутри изделия белых пятен, представляющих собой друзы крупных кристаллов сахарозы.

Применяют различные способы снижения скорости черствения помадных конфет. Например, изделия заворачивают или укладывают во влагонепроницаемые упаковочные материалы. Конфеты целиком или частично покрывают шоколадной или жировой глазурью. В состав рецептурной смеси включают вещества, которые замедляют процесс кристаллизации сахарозы либо вызывают инверсию сахарозы с образованием фруктозы. К таким веществам относятся этиловый спирт, яичный белок, инвертаза и др.

Упакованные помадные конфеты необходимо хранить в сухих хорошо проветриваемых помещениях при температуре не выше 18 °С и относительной влажности воздуха не выше 75 %. Необходимо избегать даже кратковременных резких колебаний температуры.

**Стадии технологического процесса.** Производство помадных конфет можно разделить на следующие основные стадии и операции:

- подготовка сырья к производству: хранение сахара, патоки, молока и заготовок; просеивание сыпучих продуктов и фильтрование жидких компонентов, подготовка питьевой воды;
- приготовление сахарного сиропа: дозирование сахара-песка и воды, растворение сахара, уваривание рецептурной смеси;
- приготовление помадного сиропа: дозирование сахарного сиропа, патоки, молока и других компонентов, смешивание и уваривание рецептурной смеси;

- сбивание помадной массы;
- приготовление конфетной массы: дозирование помадной массы и рецептурных добавлений, смешивание конфетной массы;
- формование корпусов конфет: подготовка и загрузка крахмала в лотки, штампование ячеек в слое крахмала, дозирование и отливка порций конфетной массы в формы, выстойка отливок, разгрузка лотков после выстойки, разделение корпусов конфет и крахмала;
- глазирование корпусов конфет: подготовка, темперирование и подача глазури, нанесение глазури на корпуса конфет, охлаждение глазированных корпусов;
- завертка и упаковка конфет: ориентирование конфет в продольные ряды, завертка конфет и упаковка в транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства помадных конфет выполняются с помощью комплексов оборудования для приготовления сахарного и помадного сиропов. В состав этих комплексов входят емкости для хранения и устройства для дозирования рецептурных компонентов, смесители и варочные аппараты. Помадную массу получают в помадосбивальной машине.

Ведущий комплекс оборудования линии включает конфетоотливочный агрегат, сопряженный с агрегатом ускоренной выстойки корпусов конфет. Комплекс оборудования для глазирования корпусов конфет содержит оборудование для хранения, подготовки и темперирования шоколадной глазури, глазиривочную машину и агрегат охлаждающий.

Завершающие операции производства помадных конфет выполняются комплексом оборудования, включающим питатели конфет, заверточные машины, а также весовые устройства и оборудование для упаковки завернутых или открытых конфет в транспортную тару.

На рис. 3.9. показана машинно-аппаратурная схема линии производства глазированных помадных конфет.

**Устройство и принцип действия линии.** При получении сахарного сиропа вода для растворения сахара дозируют объемным дозатором 4 в варочный аппарат с мешалкой 5. Количество воды составляет 20...25 % к массе сахара. Просеянный сахар-песок из расходного бункера 1 подают ленточным конвейером 2 в весовой дозатор 3, из которого сахар поступает в аппарат 5. При нагревании и перемешивании смеси сахар растворяется, а влага постепенно выпаривается. Когда содержание сухих веществ в увариваемом сахарном сиропе достигает  $80 \pm 2$  %, его сливают в сборник-фильтр 6, откуда шестеренным насосом 7 перекачивают в сборник сахарного сиропа. Если линия производства помадных конфет имеет высокую производительность, то для приготовления сахарного сиропа применяют сироповарочную установку ШСА, описанную в линии производства карамели.

Компоненты, необходимые для приготовления масс с различными рецептурами, после предварительной подготовки по трубопроводам в расходные емкости 8 для сахарного сиропа, патоки, молока, фруктово-ягодных заготовок и др. Из этих емкостей насосами-дозаторами 9 компоненты в соответствии с рецептурой дозируют в смеситель непрерывного действия 10. Из последнего однородная смесь дозируется насосом-дозатором 11 в змеевиковый варочный аппарат непрерывного действия 12.

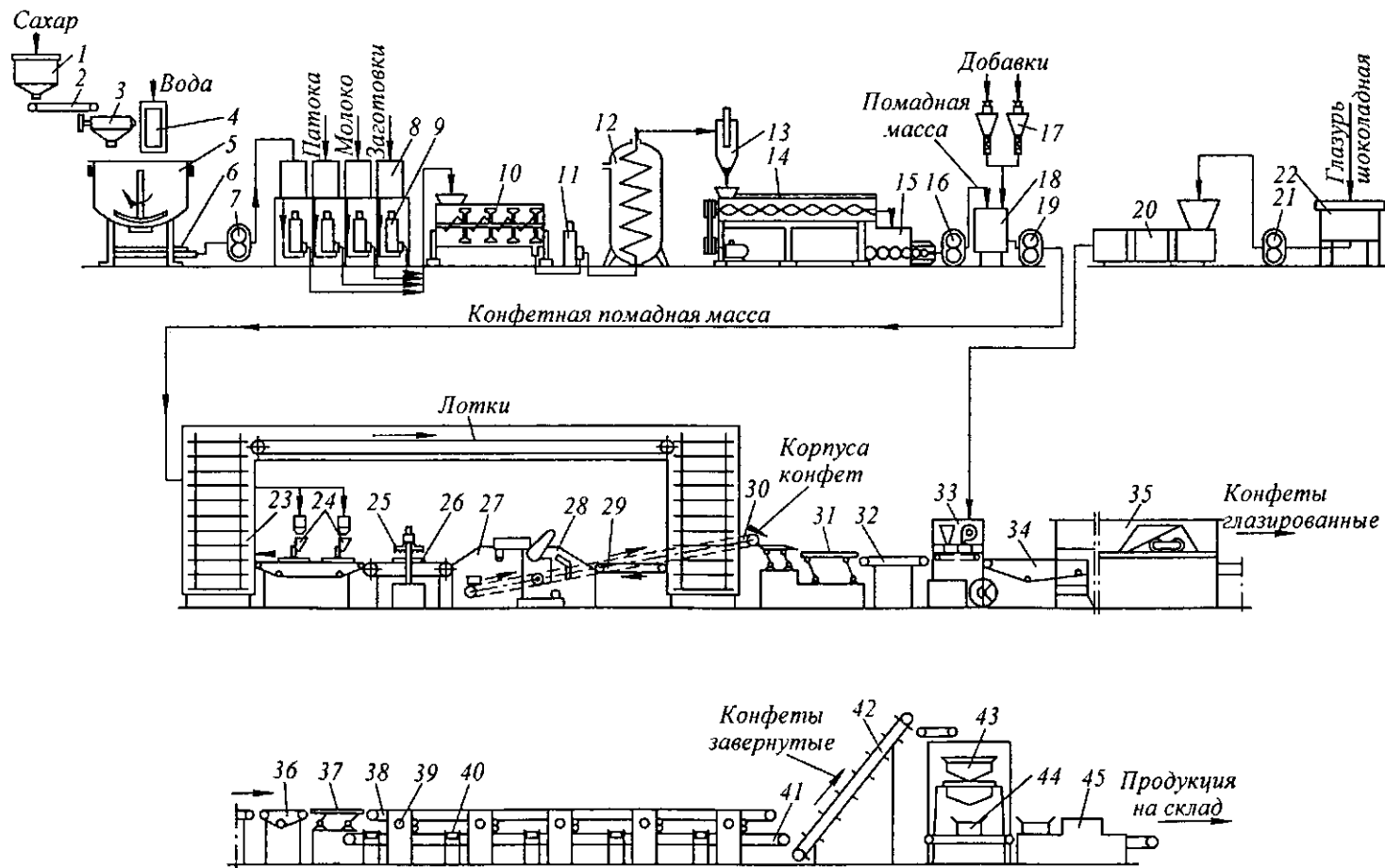


Рис. 3.9 Машинно-аппаратурная схема линии производства помадных конфет

Уваривание помадного сиропа ведут при давлении греющего пара 0,3...0,5 МПа до массовой доли сухих веществ 87...90 %. Уваренный сироп температурой 115...117 °С попадает в пароотделитель 13 с вентилятором, где температура его снижается на 8...10 °С. Таким образом, на выходе из пароотделителя 13 образуется концентрированный, но ненасыщенный раствор сахара, поступающий в загрузочную воронку помадосбивательной машины 14.

В рабочих секциях машины 14 помадный сироп перемещается в зазоре между коаксиальными цилиндрическими поверхностями неподвижного корпуса и быстровращающегося шнека. Эти поверхности выполнены из металла и снабжены охлаждающими водяными рубашками. Помадный сироп, соприкасаясь с холодными поверхностями, интенсивно охлаждается и превращается в пересыщенный сахарный раствор, в результате этого происходит процесс кристаллизации сахарозы. Чтобы обеспечить мелкокристаллическую структуру помадной массы, одновременно с охлаждением продукт подвергается интенсивному перемешиванию. Из машины 14 готовая помадная масса стекает в промежуточную емкость 15. В зависимости от рецептуры температура помадной массы составляет 65...85 °С.

Для приготовления конфетной массы из емкости 15 насосом 16 перекачивают в темперирующую машину 18 определенную порцию помадной массы. При ее непрерывном перемешивании с помощью дозаторов 17 дозируют рецептурные добавки. Вначале замеса добавляют припасы и красители, а в конце вымешивания – кислоту, вино, спирт, ароматические эссенции. Конфетную массу вымешивают до равномерного распределения всех компонентов и доводят до жидкой текучей консистенции, после чего направляют насосом 19 на формование.

Готовую конфетную массу перекачивают в приемную воронку отливочной машины 24, где ее фильтруют через сито с диаметром отверстий 2,5...3,0 мм. Воронка отливочной машины подогревается водой температурой до 85 °С.

Формование помадных корпусов конфет производится на конфетоотливочном агрегате, который состоит из следующих составных частей: конвейера для подачи лотков 29, поворотного механизма 28, устройства для заполнения лотков крахмалом 27, штампуемого механизма 25, двухголовочной отливочной машины 24 и конвейера для транспортирования корпусов конфет 30.

Процесс формования начинается с заполнения пустых лотков в устройстве 27 сыпучим порошкообразным формовочным материалом – крахмалом. Затем лоток с крахмалом 26 останавливается под штампуемым механизмом 25. При опускании штампа в крахмале отштамповываются ячейки по форме корпусов конфет.

После штампования ячеек лоток подается в двухголовочную отливочную машину 24. В каждую из ее дозировочных головок загружают конфетные массы с разными рецептурами или цветом. При этом масса порции, дозируемой каждой из головок, равна половине массы формируемого корпуса конфет. Поэтому при последовательном дозировании в ячейки порций из обеих дозировочных головок получают двухслойные корпуса конфет.

Качество отформованных изделий зависит от свойств конфетной массы и формовочного материала. При отливке первостепенное значение имеет вязкость конфетной массы, которая зависит от ее температуры, влажности и доли твердой фазы. При оптимальной температуре отливки обеспечивается жидкое структурно-вязкое строение массы. Если температура снижена, то в результате кристаллизации сахарозы увеличивается доля твердой фазы, масса приобретает пластичные свойства и плохо

заполняет объем формы. Повышение температуры массы при отливке приведет сначала к уменьшению доли твердой фазы (из-за растворения кристаллов сахарозы), затем при затвердевании корпусов конфет произойдет увеличение размеров кристаллов, оставшихся в твердой фазе при перегреве массы. В результате конфеты будут грубыми и твердыми, а на их поверхности произойдет образование белых пятен.

С другой стороны, повышение температуры конфетной массы увеличивает давление пара над поверхностью продукта под поршнем дозирующего насоса, в результате чего уменьшается перепад давления, а следовательно, уменьшается и скорость наполнения мерных цилиндров. Это снижает производительность отливочной машины и линии в целом.

Практикой установлено, что при отливке сахарных и молочных помадных масс, содержащих 88...90 % сухих веществ, оптимальные значения температуры находятся в пределах 70...75 °С.

Состояние ячеек, в которые отливаются конфетные корпуса, также существенно влияет на качество изделий. Отштампованные ячейки должны иметь ровную, гладкую поверхность и не осыпаться. Это можно обеспечить, если формовочный материал состоит из мелких частиц, не прилипает к поверхности штампов, легко удаляется с поверхности отформованных изделий, а также не изменяет своих свойств под действием высокой температуры. Для хорошего заполнения формы материал должен обладать достаточной газопроницаемостью. Вышеперечисленным требованиям отвечает зерновой крахмал, в частности кукурузный.

Отличительной особенностью крахмальных форм является то, что благодаря гигроскопичности крахмала происходит поглощение влаги с поверхности отливок. В результате пересыщения помадной массы на поверхности отливок происходит кристаллизация сахарозы и образование твердой корочки.

Оптимальные формовочные свойства обеспечиваются при влажности крахмала в пределах 5...9 %. Понижение влажности крахмала (ниже 4,5 %) приводит к осыпанию форм и увеличению количества возвратных отходов полуфабриката. Осыпание наблюдается, как правило, у форм из свежего крахмала. Для повышения связи между отдельными частицами и снижения гигроскопичности в крахмал вводят 0,25 % рафинированного растительного масла.

При многократном использовании крахмал увлажняется, увеличивается его комкуемость и уменьшается гигроскопичность, а также увеличивается прилипание к конфетам. Для устранения этих недостатков необходимо подсушивать крахмал до равновесной влажности 5 % так, чтобы его температура при сушке была не выше 50 °С. Предельно допустимая влажность крахмала 7 %.

Многократно используемый крахмал засоряется крошками конфет, его очищают просеиванием через сито с отверстиями 2,5 мм.

Лотки с отлитыми корпусами конфет направляются в охлаждающую камеру агрегата ускоренной выстойки 23. Встойка конфетных корпусов необходима для образования твердообразной структуры с достаточной механической прочностью, позволяющей в дальнейшем направлять корпуса на глазирование и закрутку. Твердая структура образуется в результате кристаллизации сахарозы при охлаждении отливок во время выстойки.

В агрегате 23 лотки загружаются на подъемник вертикальной шахты по 5 штук. На подъемнике они постепенно перемещаются на верхний ярус, с которого горизонтальным конвейером передаются на верхний ярус второй (разгрузочный) вертикаль-

ной шахты. В последней лотки постепенно опускаются на нижний ярус. Вертикальные шахты выполнены в виде охлаждающих камер, внутри которых лотки с отлитыми корпусами обдуваются воздухом температурой 6...8 °С в течение 40...50 мин.

На выходе из агрегата 23 лотки с затвердевшими корпусами конфет поступают на конвейер 29, который подает их в поворотный механизм 28. С помощью последнего лотки поворачиваются на 360°. Во время поворота содержимое лотка (крахмал и корпуса конфет) высыпается на поверхность сита.

Освободившийся лоток подается в устройство для заполнения лотков крахмалом 27, сюда же с помощью элеватора загружается просеянный крахмал и начинается повторный цикл формования корпусов конфет.

Затвердевшие корпуса конфет очищают от крахмала путем обдува воздухом и очистки щетками, а затем при помощи конвейера 30 подают на раскладочное устройство 31. В этом устройстве под действием вибрации производится ориентирование корпусов конфет в продольные ряды и по ходу движения в направлении наибольшей оси. Далее ориентированные корпуса конфет передаются приемным конвейером 32 на сетчатый конвейер глазировочной машины 33. В эту же машину также загружают из temperирующей машины 20 шоколадную глазурь, которую предварительно перекачали насосом 21 из сборника 22.

Корпуса конфет покрываются в машине 33 шоколадной глазурью температурой 29...32 °С и передаются конвейером 34 в охлаждающую камеру 35. В течение 7...10 мин при температуре 8...10 °С в этой камере происходит структурирование шоколадной глазури, которая приобретает твердую структуру в результате кристаллизации какао-масла.

На завершающем этапе технологического процесса глазированные конфеты из камеры 35 передаются конвейером 36 на виброраспределитель 37, с которого конфеты поступают на конвейерные питатели 38. Последние направляют глазированные конфеты к заверточным машинам 39.

Завернутые конфеты отводятся от заверточных машин поперечными конвейерами 40 на горизонтальный конвейер 41. Далее скребковым конвейером 42 завернутые конфеты загружаются в автоматические весы 43, из которых порция конфет высыпается в гофрированный ящик 44. Закрытие клапанов ящика и оклеивание их липкой лентой производится оклеочной машиной 45, установленной в конце линии. Упакованная продукция направляется на склад.



Я не знаю, чем я могу казаться миру, но самому себе я представляюсь мальчиком, игравшим на берегу моря и находившим развлечения в том, что по временам мне попадался гладкий камешек или раковина покрасивее обыкновенных, между тем как океан Истины лежал предо мною всецело открытым.  
НЬЮТОН ИСААК (1643–1727).  
английский математик, астроном, физик

### 3.10 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Безалкогольный напиток – питьевая вода, не содержащая алкоголя. В зависимости от назначения, используемого сырья и технологии производятся природные минеральные воды (сто-



ловые и лечебные); фруктовые воды, содержащие соки и экстракты растительного сырья; напитки на ароматизаторах, витаминизированные и тонизирующие; искусственно минерализованные воды, а также сухие шипучие и нешипучие напитки.

По степени насыщения диоксидом углерода, характеризующейся его массовой долей в %, напитки подразделяются на типы: сильно газированные – более 0,4; средне газированные – 0,3...0,4; слабо газированные – 0,2...0,1 и негазированные. По способу обработки различают напитки непастеризованные или пастеризованные, с добавлением консервантов или без них, холодного и горячего фасования.

Минеральные разделяются на природные столовые (минерализация которых не превышает 1,0 мг/дм<sup>3</sup>), лечебно-столовые (с минерализацией 1,0...10,0 мг/дм<sup>3</sup>) и лечебные (с высокой степенью минерализации 10,0...15,0 мг/дм<sup>3</sup> и содержанием биологически активных компонентов – йод, мышьяк, бор и др.). В зависимости от химического состава минеральные воды подразделяют на 31 группу (гидрокарбонатную, натриевую, сульфитную, магниевую-кальциевую и др.).

Газированная вода – питьевая вода, насыщенная диоксидом углерода, с кислотным вкусом, своеобразной свежестью и способностью хорошо утолять жажду.

Газированные фруктовые воды представлены двумя группами напитков; общего назначения (водные растворы купажных смесей сахарного сиропа, фруктово-ягодных соков и морсов, натуральных экстрактов, пищевых кислот и красителей) и для больных диабетом (сахароза заменена ксилитом, сорбитом или сахарином).

На основе некоторых растений (женьшень, элеутерококк, аралия маньчжурская, чай и др.) выпускают тонизирующие напитки. Безалкогольные витаминизированные напитки содержат витамин С в пределах 150...160 мг/л, а также витамины группы В (В<sub>1</sub> – 1,0...1,2 мг/л, В<sub>2</sub> – 0,6...1,0 мг/л, В<sub>6</sub> – 1,5...2,5 мг/л).

Готовые напитки должны быть прозрачными, без осадка и посторонних взвешенных частиц. Цвет напитков должен соответствовать установленным эталоном цветности для каждого вида напитка. Вкус и аромат должны соответствовать исходному сырью, из которого изготавливают напитки. Насыщенность напитка диоксидом углерода должна быть выражена обильным и продолжительным выделением газа.

Основным сырьем рассматриваемых напитков являются вода питьевого назначения, сахар и его заменители. В качестве полуфабрикатов используют осветленные плодово-ягодные натуральные соки, спиртовые, сброженно-спиртованные и концентрированные соки, виноградное вакуум-сусло, натуральные плодово-ягодные сиропы, экстракты, морсы, виноматериалы.

К дополнительным видам сырья относят пищевые кислоты, красители, ароматические вещества в виде настоев, эссенций, эфирных масел, стабилизаторы напитков и диоксид углерода, а также спирт этиловый ректификационный. Для сатурации воды и купажного сиропа применяют пищевой жидкий диоксид углерода с содержанием СО<sub>2</sub> не менее 98,8 %.

Искусственно минерализованные воды представляют собой бесцветные растворы химически чистых солей натрия, кальция и магния в воде, насыщенной диоксидом углерода.

Сухие напитки выпускаются в виде шипучих (состоят из смеси сахара, виннокаменной кислоты, пищевых эссенций, плодово-ягодных экстрактов, а также пищевой соды) и нешипучих (не содержат пищевую соду). Освоен выпуск шипучих напитков в виде таблеток и порошков.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Основные процессы производства газированных фруктовых вод связан с подготовкой воды, получением купажного сиропа и насыщением продукта диоксидом углерода.

*Подготовка воды* должна обеспечить нормативные требования по органолептическим (чистота, прозрачность, бесцветность, приятный вкус, отсутствие запаха); физико-химическим (допустимые значения сухого остатка, жесткости, щелочности и др.) и бактериологическим (допустимое общее количество бактерий, отсутствие бактерий кишечной группы) показателям. Подготовка воды предусматривает ее очистку и обезвреживание следующими способами:

– отстаиванием и коагуляцией в резервуарах для осветления с последующим удалением из воды осадка;

– фильтрование через угольные, песочные, силуминовые фильтр-прессы и керамические фильтры, обработка в бактерицидных установках для достижения прозрачности воды и ее обеспложивания;

– умягчение известковыми или катионитовыми и мембранными фильтрами;

– хлорирование с последующим дехлорированием и фильтрацией.

*Купажные сиропы* представляют собой полуфабрикат, получаемый при смешивании всех компонентов напитка, за исключением воды. Купажные сиропы из полуфабрикатов готовят одним из трех способов – холодным (для приготовления напитков с добавлением цитрусовых настоев, концентратов, композиций и натуральный эссенций), полугорячим (часть сока или вина дозируют в сироповарочный аппарат для варки с сахаром) и горячим (всю дозу плодово-ягодного сока или вина загружают в сироповарочный аппарат). Два последних способа предусматривают совмещение процессов купаживания и инверсии сахарозы, происходящей под действием кислот и соков при варке сиропа.

*Сатурацией* или *карбонизацией* называется процесс насыщения воды или смеси воды с купажным сиропом диоксидом углерода. Вводить диоксид углерода в напитки можно двумя способами: насыщением охлажденной и деаэрированной воды с последующим введением ее в бутылки, залитые определенной дозой купажного сиропа, либо насыщение смеси деаэрированной воды и купажного сиропа с последующим фасованием уже газированного напитка.

При потреблении готовой продукции важным показателем качества напитков является их стойкость. В зависимости от вида и способа обработки стойкость напитков должна быть (сут, не менее): газированных, непастеризованных и без консервантов – 10, пастеризованных – 30, с консервантами – 20, негазированных – 5, вод искусственно минерализованных – 60.

**Стадии технологического процесса.** Приготовление газированных безалкогольных напитков состоит из следующих стадий и основных операций:

– кондиционирование воды;

– приготовление сахарного и инвертного сиропов;

– получение колера;

– приготовление купажных сиропов;

– фильтрация и охлаждение купажных сиропов;

– насыщение воды или смеси сиропа и воды диоксидом углерода;

– фасование безалкогольных напитков.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для обработки воды: песочные и керамические фильтры, бактерицидные установки и ультрафильтрационные аппараты.

Следующим идет комплекс оборудования для приготовления сахарного и купажного сиропов, состоящий из системы сироповарочных аппаратов, насосов, теплообменников, сироповарочной станции и колеровочного аппарата.

Далее следует комплекс оборудования для приготовления купажных сиропов, состоящий из купажных аппаратов, фильтров-прессов и теплообменников.

Завершающим является комплекс оборудования для насыщения воды диоксида углерода, приготовления газированных напитков и их фасования: сатураторы, струйные аппараты, синхронно-смесительные установки и фасовочные машины.

Машинно-аппаратурная схема линии производства безалкогольных напитков представлена на рис 3.10.

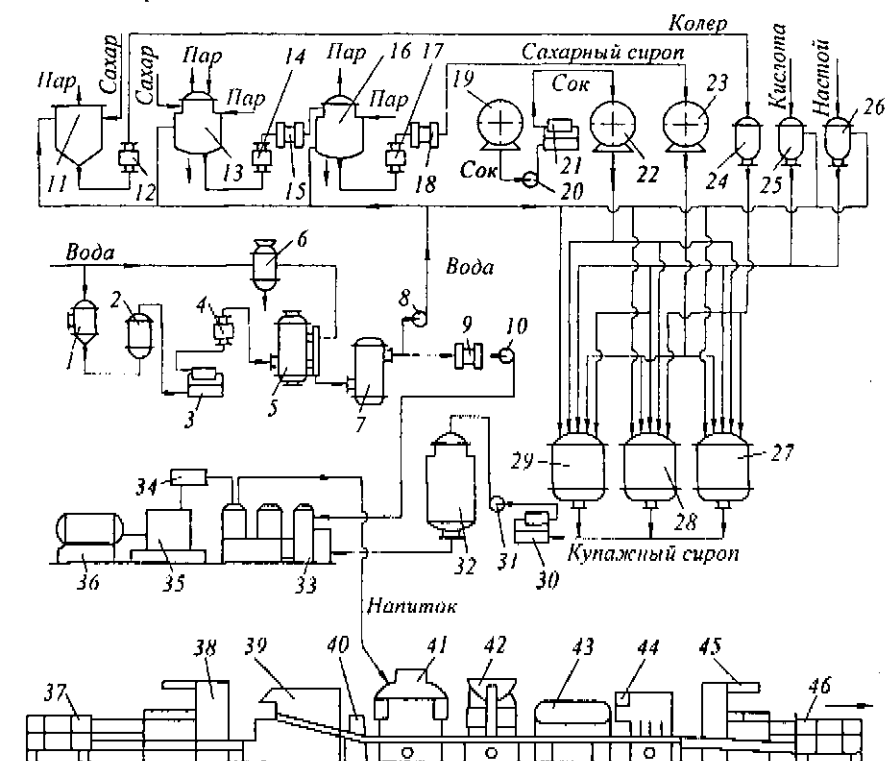


Рис. 3.10 Машинно-аппаратурная схема линии производства безалкогольных напитков

**Устройство и принцип действия линии.** Очистку и умягчение воды проводят в водоподготовительном комплексе оборудования. Воду предварительно отстаивают в течение суток и более, а затем подают в песочный фильтр 1 грубой очистки. Тонкая обеспложивающая фильтрация воды осуществляется в керамическом свечном фильтре 2. Для тонкой очистки воды используют фильтр-пресс 3, также работающий под давлением.

Осветленная вода насосом 4 подается в катионитовый фильтр 5 для умягчения. Обычно применяют Н-катионирование воды, при котором происходит значительное

снижение величины рН. Регенерация фильтров 5 осуществляется с помощью соле-растворителя 6 путем изменения тока воды. Умягченная вода подвергается обеззараживанию ультрафиолетовыми лучами в бактерицидной установке 7.

Из установки 7 заданное количество подготовленной воды перекачивают насосом 8 для приготовления купажного сиропа. Большую часть подготовленной воды охлаждают до 4...7 °С в холодильнике 9 и направляют насосом 10 на сатурацию.

Купажированию предшествует подготовка компонентов, входящих в купаж. Плодовые соки и морсы фильтруют через тканевые или пластинчатые фильтры. Плодово-ягодные экстракты разбавляют водой в соотношении 1 : 5 и после двухчасового отстаивания фильтруют через тканевые или пластинчатые фильтры. Плодово-ягодные экстракты разбавляют водой в соотношении 1 : 5 и после двух-, трехчасового отстаивания фильтруют. Ароматные настои и эссенции, содержащие осадок или мутные, должны быть отфильтрованы. При использовании цитрусовых настоев с повышенным содержанием терпенов их разбавляют водой в соотношении 1 : 5, отстаивают не менее 12 ч, после чего раствор фильтруют. Красители, применяемые для подкраски напитков, предварительно растворяют в воде в соотношении 1 : 5...1 : 10. Кислоты добавляют в виде водных растворов. При получении напитков из концентратов последние перед внесением в купажные чаны предварительно разбавляют горячей водой температурой 40...60 °С до массовой доли сухих веществ 30...35 %.

Колер, используемый для окраски напитков, готовят в колеварочном аппарате 11, куда наливают воду в количестве 1...3 % к массе сахара. Аппарат 11 представляет собой варочный котел с электрическим обогревом и обеспечивает нагревание продукта до 160...180 °С. При этой температуре происходит интенсивная карамелизация. Ее проводят при непрерывном перемешивании. Как только колер будет готов, нагревание прекращают и колер разбавляют водой температурой 60 °С до концентрации сухих веществ 70 %. После охлаждения колера до 60...65 °С перемешивание прекращают и с помощью насоса 12 направляют в сборник 24.

Для получения купажного сиропа холодным способом сахар очищают от посторонних примесей, взвешивают и загружают в сироповарочный аппарат 13. Туда же наливают воду в количестве 40 % к массе сахара, подают исправимый брак из цеха и кипятят в течение 20...25 мин. Готовый сахарный сироп насосом 14 подают на охлаждение в теплообменник 15.

В целях предотвращения кристаллизации сахарозы и придания сахарному сиропу мягкого и приятного вкуса его направляют в варочный аппарат 16 для инверсии. В процессе уваривания в сиропе дозируют лимонную кислоту в виде 50 %-го раствора из расчета 750 г кислоты на 100 кг сахара при температуре 70 °С. В течение 2 ч около 50 % сахарозы разлагаются на глюкозу и фруктозу. Одновременно образуются редуцирующие вещества, повышающие вязкость сиропа и препятствующие выпадению кристаллов сахарозы при его охлаждении. Готовый инвертированный сахарный сироп с помощью насоса 17 пропускают через теплообменник 18 для охлаждения до 20 °С и загружают в сборник 23.

Соки и настои из сборника 19 насосом 20 подаются на очистку в фильтр-пресс 21, а затем в стальной эмалированный сборник 22. Для растворения лимонной кислоты и эссенции, а также для приготовления разных добавок на предкупажной площадке размещены сборники 25 и 26.

Купажный сироп готовится в вертикальных купажных аппаратах 27, 28, 29, снабженных мешалками якорного типа. Все компоненты купажа дозируют и подают в аппарат самотеком из сборников 22, 23, 24, 25, 26, смонтированных на предкупажной площадке. Готовый купажный сироп фильтруется на фильтре 30, охлаждается до температуры 8...10 °С и насосом 31 подается в напорный сборник 32. Из последнего купажный сироп могут подавать в фасовочную машину для дозирования непосредственно в бутылки либо купажный сироп подают на сатурацию в месте с водой.

Сатурацию смеси воды с купажным сиропом целесообразно производить в синхронно-смесительной установке непрерывного действия 33. В ней обеспечивается почти полное удаление воздуха из воды перед ее насыщением, а также мельчайшее распыление воды в карбонизаторах, что способствует гомогенизации смеси купажного сиропа, воды и диоксида углерода. Все это приводит к экономии сырья, повышению качества напитков и постоянству физико-химических показателей напитка в каждой бутылке. Кроме того, применение синхронно-смесительного способа насыщения напитков позволяет отказаться от использования ряда машин – дозатора сиропа, устройства для перемешивания и сатуратора, что значительно сокращает количество обслуживающего персонала и упрощает технологический процесс и фасование напитков.

Диоксид углерода подается в установку 33 из цистерны с жидким диоксидом углерода 36, через станцию газификации 35 и коллектор для понижения давления 34. Температура поступающей воды должна быть не выше 6 °С, а купажного сиропа – не выше 8 °С. В установке вода насыщается под давлением 0,6...0,8 МПа, а на выходе напиток содержит массовую долю диоксида углерода равную 0,7 %.

Для упаковывания продукции в потребительскую и транспортную тару линия снабжена пакеторасформировывающей машиной для пустых бутылок 37, машиной для выемки пустых бутылок из ящиков 38, бутылкомоечной машиной 39, световым экраном для инспекции пустых бутылок 40, фасовочной машиной 41, укупорочной машиной 42, инспекционной машиной для заполненных бутылок 43, этикетировочной машиной 44, машиной для укладки заполненных бутылок в ящики 45, пакетоформирующей машиной 46, а также системой транспортирующих и накопительных конвейеров для пустых и заполненных бутылок.

Во избежание потерь диоксида углерода, растворенного в газированных безалкогольных напитках, наполнение бутылок ведут под избыточным давлением, без перепадов, изобарически (после выравнивания давления в бутылке и газовой зоне резервуара фасовочной машины). При заполнении бутылок напиток вытесняет из нее газоздушную смесь в газовое пространство резервуара фасовочной машины.

Для улучшения качества напитков противодавление в бутылке рекомендуется создавать не воздухом, а диоксидом углерода. В целях снижения потерь диоксида углерода при фасовании не должно быть резкого перепада между давлением в синхронно-смесительной установке и рабочим давлением фасовочной машины.



... Удивление принадлежит к числу чрезвычайно важных элементов научного творчества...  
Разумеется, способность к «удивлению» идет рука об руку с даром наблюдательности.  
*ЭНГЕЛЬГАРТ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ*  
(1894–1984), биохимик, академик АН СССР

### 3.11 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КВАСА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Квас – прохладительный напиток, насыщенный диоксидом углерода, с приятным ароматом ржаного хлеба и кисло-сладким вкусом. При незначительном содержании спирта (при массовой доле 0,4...0,6 %) квас относится к безалкогольным напиткам, который утоляет жажду, освежает и поднимает тонус.

В 100 г кваса содержится: 93,4 г воды, 0,2 г белков, 5,0 г углеводов, 0,2 г золы, 0,3 г органических кислот (в пересчете на лимонную) и 0,6 г спирта. Энергетическая ценность хлебного кваса в пересчете на 1 л составляет 250 ккал (1050 кДж).

Квас делят на хлебный квас брожения и газированный, полученный купажированием. Хлебные квасы брожения – хлебный и крошечный – составляют более 90 % общего количества квасов и напитков, приготовленных на хлебном сырье. К газированным квасам относят не только квасы, полученные на основе концентрата квасного сусла (ККС), вкусовых и ароматических добавок, но и квасы, вырабатываемые на основе специфических концентратов.

Готовый хлебный квас брожения должен содержать 5,4...5,8 % СВ, а крошечный – 3...3,2 %. Кислотность этих квасов должна быть в пределах 2...4 см<sup>3</sup> на 1 г NaOH/100 см<sup>3</sup>. Также квасы должны быть коричневого цвета, непрозрачными, с небольшим осадком дрожжей.

Квас получают на основе ржаного и ячменного солода, ржаной и ячменной муки, квасных хлебцев или концентрата квасного сусла. При купажировании кваса используют сахарный сироп. Для некоторых сортов кваса применяют концентраты яблочного и виноградного сока, ряд вкусовых и ароматических добавок.

Концентрат квасного сусла (ККС) представляет собой вязкую густую жидкость темно-коричневого цвета, кисло-сладкого вкуса с ароматом ржаного хлеба. ККС содержит около 70,0 % сухих веществ с кислотностью в пределах 16...40 мл на 1 г NaOH на 100 г концентрата.

В определенные виды кваса добавляют настои трав, чая, цитрусовых, а также хрена. Широко используют спиртовые настои мяты и полыни. Для создания заданной кислотности среды используют молочную, лимонную и уксусную кислоты.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В основе производства квасов брожения лежат анаэробные процессы незавершенного спиртового и молочно-кислого брожения. Выделяющаяся в ходе брожения теплота отводится из аппарата через теплообменники. Брожение идет при 30 °С.

При приготовлении хлебного кваса брожения разрешается заменять до 50 % ККС неохмеленным пивным суслом из расчета 64,8 дм<sup>3</sup> с содержанием сухих веществ 15 % на 100 дал кваса.

Сбраживание сахара в квасном сусле в количестве 0,6...0,8 % не может обеспечить интенсивного брожения, поэтому перед брожением в сусло вводят 25 % сахара от общей массы, расходуемой для приготовления кваса.

Путем купаживания сброженного квасного сусла с сахарным получают хлебный квас брожения. Купажирование кваса и перемешивание среды длится 1,5...6,5 ч, а сброживание сусла – 10...18 ч.

Срок хранения кваса брожения 2 сут. За это время содержание спирта в квасе возрастает до 1...1,2 %, а содержание сухих веществ снижается до 4,2...4,6 г/100 г кваса.

**Стадии технологического процесса.** Производство хлебного кваса брожения и окрошечного кваса состоит из следующих стадий:

- подготовка сырья и полуфабрикатов;
- приготовление квасного сусла;
- брожение сусла;
- охлаждение и купаживание кваса;
- розлив кваса в емкости.

Приготовление кваса и напитков купаживанием можно разделить на следующие стадии:

- подготовка воды;
- приготовление сахарного сиропа и колера;
- подготовка концентрата квасного сусла и других видов сырья;
- приготовление купажного сиропа;
- смешивание и карбонизация;
- упаковывание в потребительскую и транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки сырья и полуфабрикатов (насосы, мерники, сборники, теплообменники, фильтры и др.).

Следующим идет комплекс оборудования для приготовления квасного сусла, состоящий из настольных аппаратов, запарников, заторных аппаратов, теплообменников и фильтрационных аппаратов.

Ведущим комплексом оборудования линии являются бродильно-купажные цилиндрические и бродильные аппараты для брожения квасного сусла.

Завершающим является комплекс оборудования линии для фасования кваса в автотермоцистерны и бочки или бутылки.

Машинно-аппаратурная схема линии производства хлебного кваса методом брожения представлена на рис. 3.11.

**Устройство и принцип действия линии.** По этой схеме концентрат квасного сусла, доставляемый на завод в автоцистернах 1, перекачивается насосом 2 через мерник 4 в сборник 3. При поступлении концентрата квасного сусла в бочках 5 их устанавливают на поддон 6, ополаскивают горячей водой. Затем концентрат насосом 7 перекачивают через мерник 4 в сборник 3 для хранения.

Сахар (жидкий рафинированный), доставляемый в автоцистернах 11, насосом 2 через теплообменник 12 и мерник 14 подают в сборники 13 с бактерицидными лампами 15. При поступлении на завод затаренного в мешки 16 сахара-песка последние снимают с автомашины на поддоны 18 автопогрузчиком 19 и перевозят для хранения на склад. По мере надобности сахар взвешивают на весах 20, норией 21 загружают в бункер 22 и подают в сироповарочный котел 23, куда предварительно налита вода. Готовый сахарный сироп насосом перекачивают через фильтр 24 и теплообменник 25 в сборник 17.

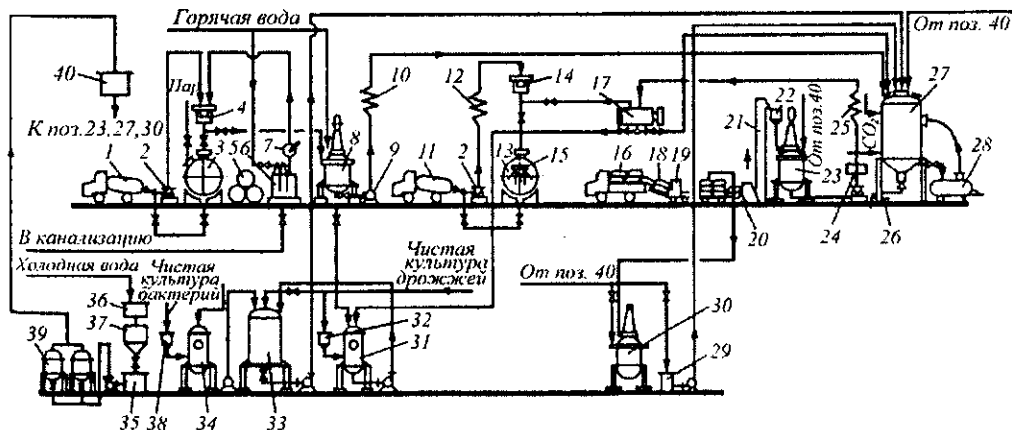


Рис. 3.11 Машинно-аппаратурная схема получения хлебного кваса

Воду, используемую на технологические нужды, направляют в промежуточный сборник 36. Оттуда она поступает в песочный фильтр 37 и из него через сборник 35 насосом направляется на керамические свечные фильтры 39 для тонкого фильтрования. Отфильтрованная вода поступает в сборник 40.

Для приготовления квасного сусла концентрат квасного сусла насосом 2 перекачивают через мерник 4 в сборник 8, где его разбавляют горячей водой. Из сборника 8 разбавленный концентрат квасного сусла насосом 9 через теплообменник 10 поступает в бродильно-купажный аппарат 27. Сюда же из сборника 17 подают расчетное количество сахарного сиропа, из сборника 40 – воду, а из аппарата 33 – смешанную дрожжевую и молочно-кислую закваску.

Чистую культуру дрожжей готовят в аппаратах 31 и 32, а чистую культуру молочно-кислых бактерий – в аппаратах 34 и 38. Затем чистые культуры дрожжей и бактерий перекачивают в аппарат 33.

Сброженное в аппарате 27 квасное сусло охлаждают, выводят осевшие дрожжи в сборник 26, а в бродильно-купажный аппарат вводят еще раз расчетное количество сахарного сиропа и колера, который готовят в аппарате 30 и выдерживают в сборнике 29. Купаж кваса тщательно перемешивают и направляют на фасование в автоцистерны 28. При фасовании в бочки или бутылки в схеме предусмотрено использование изобарических фасовочных машин.



Для того, чтобы усовершенствовать ум,  
надо больше размышлять, чем заучивать.  
ДЕКАРТ РЕНЕ (1596–1650), французский философ,  
математик, естествоиспытатель

### 3.12 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Пиво – слабоалкогольный, игристый напиток, продукт законченного спиртового брожения, изготовленный из пивоваренного ячменного солода с применением хмеля.

Вследствие насыщенности диоксидом углерода и содержания небольшого количества этанола пиво не только утоляет жажду, но и повышает общий тонус организма. Являясь хорошим эмульгатором пищи, оно способствует более правильному



обмену веществ и повышению усвояемости пищи. В пиве содержится значительное количество питательных и биологически активных веществ: белков, углеводов, микроэлементов и витаминов.

Качество пива оценивают по органолептическим и физико-химическим показателям. По органолептическим показателям пиво должно соответствовать требованиям стандарта по прозрачности цвета, аромату, вкусу, пенообразованию и др.

Пиво вырабатывают трех типов: светлое, полутемное и темное. В зависимости от экстрактивности объемная доля спирта в светлом пиве не менее 2,8...9,4 %, в полутемном и темном – 3,9...9,4 %. Во всех типах пива массовая доля диоксида углерода должна быть не менее 0,33 %, высота пены – не менее 30 мм, пеностойкость – не менее 2 мин. Энергетическая ценность 30...85 ккал в 100 г пива в зависимости от экстрактивности начального сусла.

По способу обработки пиво подразделяют непастеризованное и пастеризованное.

Основным сырьем для производства пива является ячменный пивоваренный солод: светлый, темный, карамельный и жженный. Два последних вида солода получают из светлого солода путем термической обработки в обжарочном барабане и применяют для темных сортов пива.

Качество солода должно соответствовать требованиям стандарта по органолептическим (внешний вид, цвет, запах, вкус) и физико-химическим (размеры зерен, массовая доля сорных примесей, влаги, экстракта в сухом веществе солода, продолжительность осахаривания и др.). По этим показателям светлый солод разделяют на три сорта (высший, I и II классы), жженный солод на I и II классы. От соотношения видов солода в рецептуре и его качества во многом зависят сортовые особенности пива.

Для выработки пива возможно использование несоложеного ячменя, рисовой сечки, пшеницы, обезжиренной кукурузной муки. Применение несоложеного сырья экономически выгодно и технологически оправдано.

Вода считается оптимальной для пива, если отношение концентрации ионов кальция к общей щелочности воды не менее единицы, а соотношение ионов кальция и магния 1 : 1...1 : 3. Жесткость воды и ее солевой состав регулируют различными способами (реагентным, ионообменным, электродиализным и обратноосмотическим).

Хмель придает пиву специфический горьковатый вкус и аромат, способствует удалению из сусла некоторых белков, служит антисептиком и повышает пеностойкость пива. Важная составная часть хмеля – дубильные вещества, количество которых достигает 3 %. В пивоварении используют высушенные хмелевые шишки, молотый, гранулированный или брикетированный хмель, а также различные хмелевые экстракты.

Ферментные препараты используют при применении более 20 % несоложенного сырья в количестве от 0,001 до 0,075 % к массе перерабатываемого сырья. Аминолитические препараты повышают выход экстракта и улучшают качество сусла, протеолитические используют для ликвидации коллоидных помутнений в пиве, цитолитические повышают стойкость пива.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Основу технологических процессов производства пива составляют биохимические превращения веществ в живом организме, происходящие под влиянием ферментов, и физико-химические процессы взаимодействия этих веществ под влиянием условий внешней среды. Основные процессы пивоваренного производства связаны с получением и брожением пивного сусла, дображиванием, выдержкой и осветлением пива.

Цель процесса *приготовления пивного сусла* – получение водного раствора ценных сухих веществ зернового сырья и хмеля в соотношении, определяемом сортом пива и жизнедеятельностью дрожжей, при минимальных потерях и затратах.

Для более тесного соприкосновения экстрагируемых веществ с водой, облегчения и ускорения их растворения зерновое сырье измельчают. Дробление стремятся вести так, чтобы мучнистая часть зерна превратилась в мелкую крупку и муку, а оболочку сохранить и использовать в качестве фильтрующего слоя. Весьма целесообразно дробить увлажненный солод, что позволяет устранить потери на распыл, характерные для дробления сухого солода, увеличить выход экстракта на 2,5...3,0 % и сократить продолжительность фильтрования затора на 20...25 %.

В солоде и несоложенных зерновых материалах содержание водорастворимых веществ составляет 10...15 %. Большая часть ценных сухих веществ, представленных в основном крахмалом и белком, находится в нерастворимом состоянии. Для перевода в растворимое состояние их в процессе затириания подвергают ферментативному гидролизу. Процесс смешивания дробленых зернопродуктов с водой называется *затирианием*, а полученная смесь – *затором*.

Основной целью затириания является перевод сухих веществ солода и несоложенных материалов в растворимое состояние под действием ферментов солода и применяемых ферментных препаратов. Солод для сусла и пива является не только источником получения экстрактивных веществ, но и источником ферментов, под действием которых нерастворимые вещества самого солода и несоложенных материалов переходят в раствор. В солоде высокого качества активность ферментов высокая, позволяющая провести необходимые биохимические изменения в заторе при использовании до 15 % несоложенного сырья. При большом расходе несоложенных материалов добавляют ферментные препараты.

На действие ферментов и экстрагирование растворимых веществ зернового сырья влияет гидромодуль затириания. С увеличением концентрации затора скорость ферментативных реакций замедляется, что заметно при увеличении концентрации свыше 16 %. Поэтому обычно при затириании используют соотношение дробленых зернопродуктов к воде 1 : 4, чтобы концентрация первого сусла не превышала 16 %.

При производстве темных сортов пива применяют жженный или карамельный солод, который измельчают до тонкого помола, затирают при температуре 80...90 °С в течение 30 мин, а затем подают в общий затор.

Затор готовят двумя способами: настойным (инфузионным) и отварочным (декокционным). При настойном способе сухой дробленый солод смешивают с водой требуемой температуры, в дальнейшем затор медленно со скоростью 1 °/мин подогревают с выдержкой белковой и мальтозной пауз, пауз осахаривания и общего осахаривания. Длительность пауз определяют качеством солода и сортом приготавливаемого пива и колеблется в пределах 20...30 мин. Настойный способ применяется при использовании только хорошо растворенного солода с высокой ферментативной активностью, позволяет сократить продолжительность затириания и снизить энергозатраты.

Отварочные способы характеризуются тем, что часть затора (называемая отваркой) подвергается кипячению с целью клейстеризации крахмала, что облегчает воздействие на него ферментов и увеличивает выход экстракта. По количеству отварок различают одно-, двух- и трехотварочный способы. Наиболее распространенными в промышленности являются одно- и двухотварочный способы. При использовании

несоложенного сырья применяют способы совместного затирания с солодом или предварительной раздельной подготовки его с последующим соединением с солодовым затором.

*Брожение пивного сусла* – сложный биохимический процесс, во время которого под действием ферментов пивных дрожжей сбраживается основное количество углеводов сусла. Потребительские свойства пива существенно зависят от вида применяемых дрожжей, определяющих вкус и аромат готового продукта.

Для отдельных сортов темного пива применяют специальные расы дрожжей верхового брожения.

Существуют низовое и верховое брожение. Они отличаются применяемыми расами дрожжей и температурным режимом. Низовое брожение протекает обычно при 6...10 °С, верховое – при 14...25 °С. Оба типа брожения протекают в две стадии: первую принято называть главным брожением, вторую дображиванием.

*Главное брожение* характеризуется более или менее интенсивным сбраживанием большей части сахаров сусла. В условиях ведения главного брожения на начальной стадии одновременно происходит как брожение, так и интенсивное размножение дрожжей. Биомасса дрожжей увеличивается в 3...4 раза. Но при нормальном брожении размножение дрожжей заканчивается задолго до конца брожения.

Основным биохимическим процессом при главном брожении является превращение сбраживаемых сахаров в этанол и диоксид углерода. Процессом, сопутствующим спиртовому брожению, является образование из аминокислот высших спиртов, которые оказывают влияние на аромат и вкус пива. Высшие спирты являются своеобразными побочными продуктами брожения.

Качество пива существенно зависит от окислительно-восстановительного потенциала сбраживаемого сусла. При высоком значении этого потенциала происходят окислительные процессы, в результате чего сусло и молодое пиво становятся темнее, ухудшается вкус готового пива, может появиться муть. Большую роль в изменении окислительно-восстановительного потенциала играют дрожжи. Они тормозят окислительные процессы, быстро поглощая растворенный в сусле кислород, затрачивая его на обменные реакции. Кроме того, выделяющийся диоксид углерода вытесняет кислород из сусла, что также замедляет окисление.

Из других физико-химических процессов важное значение для брожения имеют коагуляция белковых веществ и пенообразование. Образование спирта, эфиров и понижение pH сбраживаемого сусла способствует коагуляции белковых веществ. Белковые вещества частично денатурируют, частично теряют свой заряд и флокулируют. Происходит выделение некоторых фракций белков в виде крупных агрегатов с одновременной агглютинацией и осаждение дрожжей. Выделяются в основном белковые вещества, изоэлектрическая точка которых близка к pH молодого пива. При этом осаждаются и часть тонких взвесей (белково-дубильные соединения), которые поступили в бродильный аппарат с суслom.

Пенообразование обусловлено выделением пузырьков диоксида углерода. Образующийся в ходе брожения диоксид углерода сначала растворяется в сбраживаемом сусле, а по мере насыщения сусла выделяется в виде газовых пузырьков. На поверхности газовых пузырьков появляется адсорбционный слой поверхностно-активных веществ (белки, пектин, хмелевые смолы). При слипании отдельных пузырьков появляется пена, постепенно покрывающая поверхность сусла. В процессе брожения сусла внешний вид пены изменяются: в определенный период она напо-

минает завитки. Основу для образования завитков создают коагулируемые белки и выделяемые хмелевые смолы, а их формирования – диоксид углерода.

*Дображивание и выдержка пива* имеют решающее значение для вкуса, пенистости и стойкости пива. В этот период протекают те же процессы, что и при главном брожении, но более медленно. Уменьшение скорости биохимических процессов обусловлено в основном более низкой температурой и меньшим количеством дрожжевых клеток в единице объема сбраживаемого продукта, так как основная масса дрожжей удаляется из него после окончания главного брожения.

Важным процессом при дображивании и выдержке является *карбонизация* пива, т.е. насыщение пива  $\text{CO}_2$  – важнейшей составной частью пива, которая придает пиву приятный и освежающий вкус, способствует пенообразованию, предохраняет пиво от соприкосновения с кислородом воздуха, служит консервантом, подавляя развитие посторонних и вредных микроорганизмов.

Насыщение пива газом осуществляется при длительной выдержке пива в спокойном состоянии. Связывание и накопление углекислоты в пиве возможно благодаря тому, что дображивание происходит в закрытых емкостях под избыточным давлением. Этот процесс называется *шпунтованием*. В шпунтованном пиве большая часть углекислоты находится в пересыщенном состоянии. Молодое пиво после главного брожения содержит около 0,2 % растворенной углекислоты, а готовое пиво – не менее 0,35...0,40 %. В среднем при нормальных условиях дображивания пересыщение пива углекислотой достигает 30...40 %.

Существенное отличие пива от газированной воды заключается в сохранении пересыщения пива диоксидом углерода после снятия давления. Медленное выделение углекислоты при употреблении пива объясняется адсорбционными свойствами коллоидно-растворимых веществ, содержащихся в его экстракте.

Весьма важным процессом при дображивании и выдержке является *осветление пива* путем его продолжительного отстаивания. Цель осветления – удаление из пива твердых частиц для придания ему высокой прозрачности, биологической и белково-коллоидной стойкости без ухудшения вкуса, аромата и снижения пеностойкости.

Для удаления как можно большего количества частиц, способных к образованию мути, осветление необходимо вести при низких температурах (около 0 °С). С понижением температуры пива происходит выделение тех веществ, которые при температурных условиях главного брожения являлись еще растворимыми. Наступает помутнение, которое обуславливается главным образом белково-дубильными соединениями. Скорость и степень осветления зависят от характера и величины взвешенных частиц. Чем тяжелее и крупнее взвешенные частички, тем быстрее наступает осветление. Дрожжевые клетки оседают быстрее, чем белковые вещества. Тончайшие взвешенные частицы оседают очень медленно. Для их осаждения при 2...4 °С требуется продолжительное время. Однако оседающие дрожжи сорбируют белковую муть и другие взвеси, увлекая их на дно резервуара.

Особое значение при дображивании и выдержке имеют процессы созревания пива, заключающиеся в формировании аромата, вкуса и других потребительских свойств готового продукта. В период созревания протекают биохимические, химические и физико-химические процессы. Вследствие окислительных процессов исчезают вещества, которые обуславливают неприятный букет молодого пива. При выдержке вкус пива улучшается, выраженный дрожжевой привкус и привкус хмелевой горечи исчезают. Уменьшение горького вкуса при выдержке пива объясняется коа-

гуляцией и старением хмелевых смол. Это одна из причин перехода грубого, горького вкуса в благородный. Дрожжевой привкус исчезает в результате оседания дрожжей.

Созревшее, выдержанное пиво является сложной полидисперсной системой с содержанием твердой фазы 0,15...0,01 % на сухое вещество. Частицы твердой фазы пива можно разделить на три группы: дрожжи и микроорганизмы размером 1...10 мкм; белки, полифенолы и углеводы размером 0,1...10 мкм; соли различных металлов, посторонние частицы (адсорбенты, частицы покрытия резервуаров). Основную массу твердой фазы составляют дрожжи (около 90 %).

По структуре и форме вещества твердой фазы различают хлопьевидные (белок), желеобразные (крахмал и гуми-вещества) и кристаллические (соли различных металлов). Белковые и полифенольные комплексы нестабильны, что может привести к образованию мути в готовом пиве. Эти реакции частично обратимы, выпадение мути происходит при охлаждении пива.

Осветление пива методом отстаивания не достигается в достаточной степени, поэтому готовое пиво дополнительно осветляют сепарированием, фильтрованием или тем и другим вместе.

*Сепарирование пива* основано на интенсификации процесса осаждения примесей при помощи центробежной силы. Сепаратор для осветления пива отличается от сепаратора для осветления суслу конструкцией барабана: для осветления суслу применяют камерный барабан, а для пива – тарельчатый.

Преимущества сепарирования: снижение производственных потерь пива, более легкий переход от пива одного сорта к пиву другого сорта. Однако сепараторы обладают невысокой эффективностью осветления: плохо выделяются частицы высокой степени дисперсности. Поэтому сепарированное пиво не имеет блеска. При сепарировании хорошо выделяются дрожжи, поэтому его применяют для предварительного осветления пива при высоком содержании плохо флокулирующих дрожжевых клеток (более 1,5 млн в 1 см<sup>3</sup>).

*Фильтрование* – наиболее эффективный способ очистки пива от примесей. Фильтрацию пива производят через намывной слой фильтрующего материала либо через фильтр-картон. В намывных фильтрах в качестве фильтрующего материала чаще всего используют диатомитовые порошки. Они механически задерживают частицы мути (смолы, белковые вещества, дрожжевые клетки и др.). Их готовят из сырого диатомита, который представляет собой остатки кремнистых панцирей одноклеточных микроскопических водорослей – диатомий.

Диатомитовые фильтры обеспечивают хорошее фильтрование и высокую производительность при содержании дрожжевых клеток 0,15...0,3 млн в 1 см<sup>3</sup> нефильтрованного пива. При большем содержании дрожжей производительность фильтра снижается, поэтому рекомендуется использовать сепараторы для предварительного осветления пива.

Для осветляющего и стерильного фильтрования применяют картон. Размер пор картона для осветляющего фильтрования 10...15 мкм, для стерильного – 3...5 мкм. Картон изготавливают из древесной и хлопковой целлюлозы с добавлением асбеста. Во избежание попадания волокон асбеста в фильтр одна сторона картона имеет пористое полимерное покрытие.

В настоящее время самым удобным фильтрующим материалом считается инфузорная земля – кизельгур. Этот материал образует фильтровальный слой со значи-

тельной структурной расчлененностью поверхности, что позволяет ей задерживать частицы меньше, чем средний размер промежутков. В зависимости от фракционного состава инфузорной земли кизельгуровые фильтры могут задерживать частицы, размер которых превышает 2...5 мкм. С помощью этих фильтров выполняют стерильное фильтрование пива.

Однако если пиво инфицировано, то в нем присутствуют бактерии, размеры которых существенно меньше размеров пор фильтрующего материала. Для обеспложивания пива проводится пастеризация и стерилизация путем тепловых, химических, радиационных и др. процессов. В результате таких воздействий микроорганизмы гибнут или разрушаются, благодаря чему повышается стойкость продукта. Стойкость непастеризованного пива – не менее 8 сут, пастеризованного и обеспложиванного – не менее 30 сут. Перспективным направлением эффективного обеспложивания пива является применение ультрафильтрационных установок.

Готовое пиво фасуют в новые и оборотные бутылки вместимостью 0,5 и 0,33 дм<sup>3</sup>, изготовленные из прозрачного стекла оранжевого или зеленого цвета. Такие цвета снижают отрицательное влияние на пиво дневного света и способствуют сохранению его качества. Пиво фасуют также в новые полимерные бутылки вместимостью 0,5...2 дм<sup>3</sup>, бочки, кеги, автоцистерны. Бутылки должны быть стандартными, с гладкой поверхностью, со стенками равномерной толщины, термостойкими. Они должны выдерживать внутреннее давление не менее 0,08 МПа. Во избежание потерь СО<sub>2</sub> используют изобарический принцип фасования.

**Стадии технологического процесса.** Приготовление пива можно разделить на следующие стадии:

- подготовка и дробление солода и несоложенных материалов;
- получение пивного сусла;
- сбраживание сусла и дображивание пива;
- фильтрование и осветление пива;
- упаковывание в потребительскую и транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса выполняются с помощью комплексов оборудования для измельчения солода и приготовления пивного сусла: дробилки, заторные и варочные агрегаты, фильтрационные, сусловарочные аппараты и хмелеотборные аппараты.

Следующим идет комплекс оборудования линии для охлаждения и осветления пивного сусла, состоящий из холодильных компрессионных установок, теплообменных аппаратов и пластинчатых теплообменников, отстойных аппаратов и сепараторов.

Ведущий комплекс оборудования линии предназначен для брожения (дображивания) пива и состоит из бродильных аппаратов и танков, установок для непрерывного брожения и дображивания.

Завершающим является комплекс оборудования для получения готового пива, включающий фильтр-прессы, сепараторы, диатомитовые и кизельгуровые фильтры для осветления пива, а также упаковочное оборудование.

Машинно-аппаратурная схема линии производства пива представлена на рис. 3.12.

**Устройство и принцип действия линии.** Пивоваренный солод выгружают из автотранспорта в приемный бункер 1, из которого он транспортируется норией 2 через весы 3 в распределительные шнековые конвейеры 4, обеспечивающие загруз-

ку сырья в силосы 5. В них солод выдерживается 4...5 недель и, благодаря гигроскопичности, приобретает равновесную влажность 5...6%.

Отлежавшийся солод по возможности надобности выгружают из силоса 5 через магнитный уловитель и весы 6 на ленточный конвейер 7. С последнего солод с помощью норы 8 и шнекового конвейера 10 загружают в бункеры суточного запаса 11.

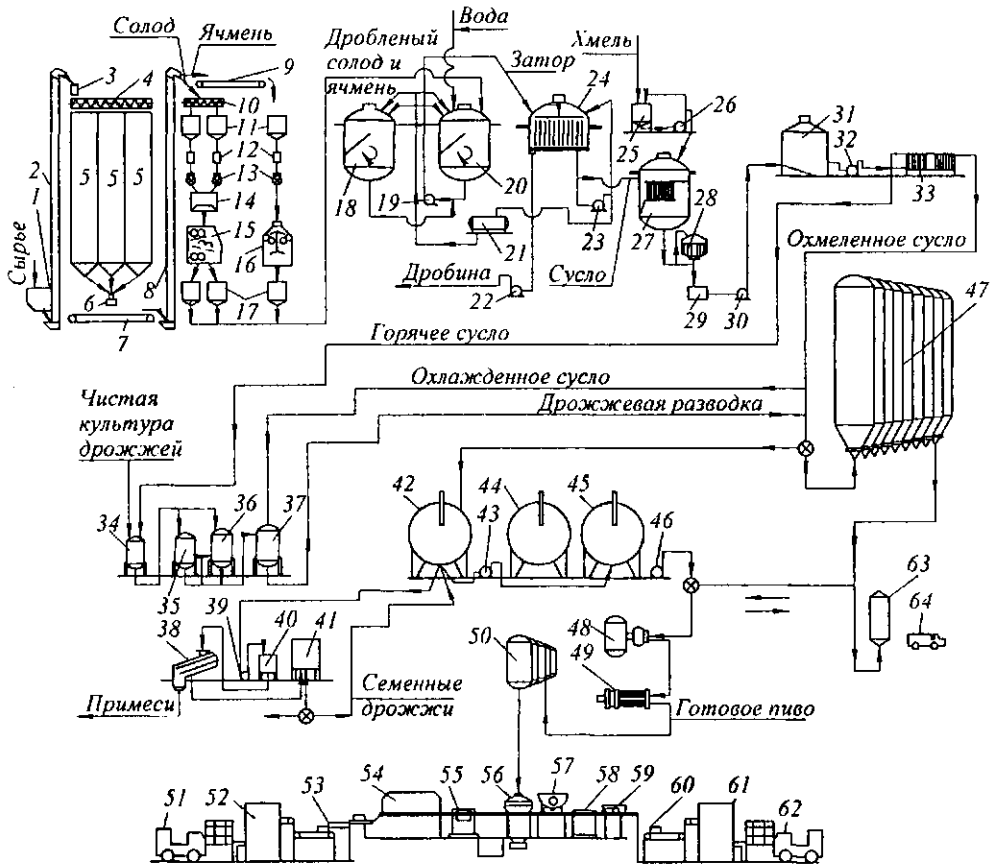


Рис. 3.12 Машинно-аппаратурная схема линии производства пива

Аналогичным образом ячмень, используемый в качестве несоложенного сырья, загружают и хранят в силосах, а затем загружают конвейером 9 в бункер 11.

Из бункера 11 солод через магнитный уловитель 12 и весы 13 падают в полировочную машину 14 для очистки от пыли и остатков ростков. После этого солод измельчают в вальцовой дробилке 15 и накапливают в бункере 17. Зерно ячменя через магнитный уловитель и весы подают в вальцовый станок 16, а после измельчения загружают в бункер 17.

Перерабатывать солод различного качества позволяет двухотварный способ затирания, при котором можно легко корректировать технологический режим. Для приготовления пивного сусла этим способом в заторный аппарат 20 предварительно набирают около половины всего количества воды, необходимого для затирания, включают мешалку и через предзаторник загружают из бункеров 17 дробленые зер-

нопродукты и смешивают с теплой водой (40...45 °С). После окончательного перемешивания (затириания) затор нагревают до 45...52 °С и выдерживают белковую паузу 15...30 мин.

Затем густую часть (около 40 %) заторной смеси (затора) перекачивают насосом 19 в другой заторный (отварной) аппарат 18. В нем затор медленно подогревают до 61...63 °С и выдерживают мальтозную паузу 20...30 мин.

После этого затор в аппарате 18 осахаривают 15...30 мин при 70...72 °С, а затем доводят до кипения и кипятят в течение 20...30 мин. Вначале крахмал расщепляется до декстринов, а затем при 75...77 °С происходит общее осахаривание крахмала. Кипячение необходимо для разваривания крупных частиц солода заторной массы.

Первую отварку из аппарата 18 медленно возвращают в заторный аппарат 20 и смешивают с основным затором, чтобы повысить его температуру до 61...63 °С, и выдерживают мальтозную паузу 15...20 мин. После этого около 30 % основного затора (его густую часть) снова перекачивают в отварной аппарат 18, нагревают до 70...72 °С, выдерживают 15...20 мин, нагревают и кипятят 7...10 мин.

Готовую вторую отварку медленно перекачивают из аппарата 18 в аппарат 20 к основному затору. При этом температура затора поднимается до 70...72 °С и в течение 20...30 мин проводится осахаривание крахмала. Продолжительность выдержки может быть увеличена (но не более 1 ч) до полного осахаривания затора, если качество солода понижено. После полного осахаривания затор подогревают до 75...77 °С и перекачивают насосом 19 в фильтрационный аппарат 24.

При всех стадиях затириания для интенсификации тепло-, массообменных и ферментативных процессов во время подогрева заторной массы в аппаратах 18 и 20 работают мешалки с большой частотой вращения; во время выдержек затора при различных температурных паузах мешалки вращаются медленнее.

Затор при фильтровании разделяют на две фракции: жидкую (пивное сусло) и твердую фазу (дробину). В фильтрационном аппарате 24 сусло отделяется через твердую фазу затора.

Фильтрационный аппарат представляет собой цилиндрический сосуд с плоским дном. На расстоянии 8...12 мм от основного дна расположено второе ситчатое дно, которое служит основанием для дробины. Для полного извлечения экстрактивных веществ из дробины внутри чана находятся разрыхлительный механизм и сегнерово колесо. Фильтрационный аппарат снабжен регулятором давления, который позволяет регулировать скорость фильтрования и указывает величину разности уровней жидкости в фильтрационном чане и резервуаре регулятора. Во избежание охлаждения затора при фильтровании боковые стенки фильтрационного чана покрыты теплоизоляцией.

Во время перекачки затора, дробину равномерно распределяют по всей поверхности сита фильтрационного аппарата, чтобы использовать слой дробины в качестве фильтрационного материала.

Процесс фильтрования затора подразделяют на две стадии: фильтрование первого сусла, т.е. сусла, получаемого при фильтровании затора, и промывание дробины водой с целью извлечения экстрактивных веществ. Первые порции фильтрата получаются мутными, его насосом 23 перекачивают обратно в фильтрационный чан. В дальнейшем на фильтрующем материале образуется слой взвешенных частиц, через которые фильтруется затор, и получается прозрачное сусло. Его направляют в сусловарочный аппарат 27.



При фильтровании сусла и промывке дробины поддерживают температуру 75...78 °С, для того чтобы сохранить  $\alpha$ -амилазу, которая расщепляет остатки неосахаренного крахмала, вымываемого из дробины.

Скорость фильтрования сусла в фильтрационном чане зависит от качества затора, живого сечения сит и высоты слоя дробины, который не должен превышать 30...35 см. Чем лучше растворен солод и лучше сохранена оболочка при дроблении, тем рыхлее лежит слой дробины и быстрее проходит фильтрование. Следует следить, чтобы затор не охлаждался ниже 75 °С. Фильтрование первого сусла продолжается 1...1,5 ч.

После фильтрования первого сусла в дробине остается еще 30 % сусла; для его извлечения дробину промывают водой, которую нагнетают насосом 23 из сборника 21. При этом применяют разрыхлитель и ороситель. Ножи разрыхлителя разрезают дробину, а вода, поступающая из оросителя, равномерно растекается по дробине и вымывает оставшийся в ней экстракт. Воду подают при работе разрыхлителя до появления ее над поверхностью дробины. При фильтровании необходимо следить за тем, чтобы вода покрывала дробину, и температура ее была не ниже 75 °С и не выше 80 °С.

После спуска последней промывной воды дробину с минимальным содержанием экстракта выгружают насосом 22 из фильтрационного чана в специальный бункер, а сита и чан тщательно моют и готовят для фильтрования следующего затора.

Один раз в месяц сита механически чистят или обрабатывают 10 %-м раствором каустической соды и тщательно моют. Продолжительность сбора промывных вод 1,5...2 ч.

Для интенсификации процесса разделения затора на жидкую и твердую фазы перспективно использование центробежных способов с применением центрифуг и сепараторов.

Отфильтрованное сусло и промывные воды собирают в сусловарочный аппарат 27, где и кипятят с хмелем. С момента, когда поступающее из фильтрационного чана сусло покроет дно сусловарочного котла, и до конца поступления промывных вод температуру жидкости поддерживают на уровне 75...78 °С. После спуска всех промывных вод проверяют полноту осахаривания и начинают кипятить сусло.

Экстракт хмеля дозируют насосом 26 из сборника 25. Хмель дозируют в сусло в два или три приема, причем последнюю порцию – незадолго до конца кипячения. Доза хмеля зависит от сорта пива, качества и способа внесения хмеля. Количество хмеля тем больше, чем выше концентрация сусла. Чем больше должна быть стойкость пива, тем короче продолжительность кипячения с хмелем. Светлые сорта пива охмеляются сильнее, чем темные, и хмелевая горечь их больше.

Наиболее эффективно применять хмель в виде экстракта. При этом повышается стойкость пива и упрощается технологический процесс охмеления сусла.

Для улучшения вкусовых свойств пива рекомендуется сначала кипятить сусло без хмеля, тогда на белки будут действовать дубильные вещества солода. При добавлении хмеля к суслу, частично освобожденному от белков, оно приобретает сильный хмелевой аромат, но без грубой горечи. Если же в сусло добавить хмель в начале кипячения, дубильные вещества солода, как более слабые, не взаимодействуют с белками и остаются в растворе, придавая суслу грубоватый вкус.

Для проведения дальнейших стадий технологического процесса приготовления пива требуется биологическая чистота сусла, от которой зависит стойкость конечного продукта – пива. Для этой цели достаточна длительность кипячения 20...25 мин,

однако на практике сусло кипятят около 1,5...2 ч. Только длительное кипячение сусла позволит закрепить нужное соотношение отдельных фракций белковых веществ, свертывание некоторых неустойчивых белковых веществ в виде крупных хлопьев, которые в дальнейшем выпадут в осадок и приведут к осветлению сусла.

После кипячения сусло должно хорошо осветляться, т.е. свернувшиеся крупными хлопьями белки должны быстро осаждаться на дне пробного стаканчика, а сусло должно быть прозрачным.

Осветление и охлаждение сусла проводят с целью удалить взвешенные частицы из сусла, понизить температуру до благоприятной для процессов брожения и насытить его кислородом воздуха. Прошедшее через слой хмелевой дробины горячее сусло прозрачно. Но при охлаждении из него продолжают выделяться грубые взвеси, которые образуются во время кипячения сусла с хмелем. Основное количество этих взвесей выделяют из сусла в сепараторе – хмелеотборнике 28. Горячее пиво поступает в сборник 29, а затем перекачивается насосом 30 в гидроциклонный аппарат 31. В нем сусло охлаждают сравнительно медленно до 60...70 °С.

При охлаждении сусла выделяются вещества, растворимые в горячем и нерастворимые в холодном сусле. Осадок, образующийся на второй стадии, называется «холодным» или тонким осадком. Осаждение взвешенных частиц – осветление сусла – положительно влияет на протекание последующего процесса брожения и улучшает качество пива.

В горячем сусле кислород растворяется незначительно; с понижением температуры сусла растворимость кислорода (как и других газов) увеличивается. Окислительные процессы за счет поступающего кислорода энергичнее протекают при более высокой температуре: сусло темнеет, резко понижаются хмелевые аромат и горечь. Эти процессы ухудшают качество сусла. Однако кислород содействует коагуляции белков и образованию хорошего осадка в сусле, благодаря чему оно лучше осветляется. Чтобы сократить нежелательные окислительные процессы до минимума, общая продолжительность осветления и охлаждения сусла не должна превышать 100 мин.

После этого сусло перекачивают насосом 32 в пластинчатый теплообменник 33 для быстрого охлаждения до начальной температуры брожения: до 6...7 °С при низовом брожении или 14...16 °С при верховом брожении. Быстрое охлаждение сусла производят для того, чтобы снизить опасность инфицирования.

Разведение чистой культуры дрожжей необходимо для увеличения массы дрожжей из пробирки, получаемой из музейной коллекции, до массы разводки дрожжей, дозируемой в бродильный аппарат. Первые стадии размножения дрожжей осуществляют в микробиологической лаборатории, а затем в производственных условиях на оборудовании линии.

В стерилизатор 34 набирают горячее охмеленное сусло, кипятят и охлаждают до 8...12 °С. Охлажденное сусло направляют в бродильный аппарат 35, куда переносят лабораторную разводку чистой культуры дрожжей. Сбраживание сусла продолжают в течение 3 сут. При этом дрожжи размножаются и их биомасса увеличивается. После брожения из аппарата отбирают часть разводки дрожжей (10 дм<sup>3</sup>) в сосуд для посевных дрожжей, где она хранится до следующего пересева. Основную часть разводки дрожжей из аппарата перекачивают во второй бродильный аппарат 36, в котором дрожжи размножаются в течение 3 сут. Сброженная биомасса поступает в бродильный аппарат 37 вместимостью 1000 дм<sup>3</sup>, куда доливают 300 дал заво-

дского охмеленного сусла, а через 12 ч – еще 400 дал. Через 36 ч забродившее сусло в качестве дрожжевой разводки сжатым воздухом передавливается в ток сусла, поступающего на брожение.

На следующих циклах бродильные аппараты, освобожденные от дрожжей, заполняют стерильным суслом из стерилизатора и засевают дрожжами, хранящимися в сосудах (10 дм<sup>3</sup>). Процесс размножения дрожжей в аппарате повторяют многократно до обнаружения в дрожжах посторонней микрофлоры.

Избыточные семенные дрожжи из аппарата главного брожения 42 с помощью вакуум-насоса 39 через промежуточный вакуум-сборник 40 направляются в вибрационное сито 38. Дрожжи обрабатывают на вибросите для отделения крупных хлопьев белковых веществ и хмелевых смол, а затем тщательно промывают холодной водой температурой 1...2 °С. Очищенные жидкие дрожжи поступают в сборник 41 для повторной подачи в аппарат 42 или для отгрузки на реализацию.

Брожение пивного сусла производят в бродильных аппаратах (танках). Бродильные аппараты 42, 44 и 45 представляют собой закрытые резервуары из нержавеющей стали цилиндрической формы.

В аппарат главного брожения 42 дозируют бродильную смесь, полученную при перемешивании дрожжевой разводки и холодного охмеленного сусла путем продувания стерильного воздуха или диоксида углерода. Брожение в аппарате 42 протекает в несколько стадий. Они отличаются друг от друга и характеризуются изменением внешнего вида поверхности бродящего сусла, изменением температуры, понижением экстрактивности сусла и степенью осветления пива.

Продолжительность главного брожения зависит от экстрактивности сусла и температуры брожения. При холодном способе продолжительность брожения сусла с экстрактивностью 11...13 % составляет 7...8 сут, 14...20 % – 9...12 сут. Главное брожение считается законченным, если произошло осветление молодого пива, а за сутки сброжено 0,1...0,2 % экстракта сусла.

Молодое пиво из аппарата 42 насосом 43 перекачивают в аппараты для дображивания и созревания пива (лагерные танки) 44 и 45. Дображивание пива проводят при температуре 1...2 °С в закрытых аппаратах без контакта с воздухом, под давлением диоксида углерода 0,04...0,06 МПа. Для проведения выдержки пиво под определенным постоянным давлением применяют специальные регуляторы давления, называемые шпунтаппаратами.

Сначала процесс дображивания протекает при открытом шпунтовом отверстии, и только по истечении некоторого времени (через 1...2 сут) танки герметически закрывают. Сразу после перекачки молодое пиво шпунтовать нельзя, так как в танках над пивом имеется 2...4 % воздушного пространства. При повышенном давлении воздух может раствориться в пиве и будет препятствовать процессу созревания. За несколько дней до шпунтования весь воздух над поверхностью пива успеет вытесниться диоксидом углерода.

Общая продолжительность дображивания и созревания пива в аппаратах 44 и 45 составляет 11...90 сут в зависимости от вида приготавливаемого пива и принятой технологии. Ход дображивания и выдержки контролируют по убыли экстракта, увеличению содержания диоксида углерода и алкоголя, степени осветления и, наконец, по аромату, вкусу и пенности. Показателем окончания дображивания является конечная степень сбраживания. Для получения более стойкого пива достигают почти конечной степени сбраживания, разница составляет только 1...2 %.

Наряду с периодическим способом брожения и дображивания пива в нашей стране и за рубежом применяют непрерывные и ускоренные методы. Для получения пива эффективно используют цилиндрикоконические бродильные аппараты большой вместимости (ЦКБА). Этот аппарат 47 представляет собой выполненный из нержавеющей стали вертикальный цилиндрический сосуд с коническим дном, оборудованный поясами охлаждения, благодаря которым можно устанавливать индивидуальный температурный режим по высоте. Внутренняя поверхность полированная.

В аппарате 47 совмещены процессы главного брожения, дображивания и созревания пива. Аппарат заполняют сушлом и дрожжевой разводкой, причем сушло насыщают воздухом при помощи специального аэратора. Процесс брожения начинают при температуре 9...10 °С. В течение первых двух суток температуру повышают до 14 °С. Главное брожение заканчивают, когда содержание сухих веществ в сусле снизится до 2,2...2,6 %.

Дображивание и созревание молодого пива начинают с охлаждения нижней конической части аппарата 47 до температуры 0...2 °С, при этом происходит осаждение дрожжей. В цилиндрической части аппарата в верхней зоне поддерживают температуру 13...14 °С, в нижней – 10...13 °С, избыточное давление 0,04...0,05 МПа. После завершения дображивания в рубашку цилиндрической части аппарата подают хладагент и доводят температуру всей массы пива до 0...2 °С, что обеспечивает оптимальные условия для его осветления.

После отвода дрожжей проводят при необходимости карбонизацию пива, продавливанием сквозь него диоксида углерода.

Продолжительность процесса в цилиндрикоконическом аппарате 47 существенно сокращена по сравнению с резервуарными аппаратами 42, 44 и 45. Она, прежде всего, зависит от концентрации сухих веществ в сусле. Общая продолжительность брожения и дображивания пива для сусла с экстрактивностью 11 % до 12...14 сут, для 12 % – до 18...20, для 13 % – до 22...25 сут.

Созревшее пиво осветляют на кизельгуровом фильтре 48, иногда дополнительно подвергают тонкому обеспложивающему фильтрованию в фильтре 49 и собирают в сборник 50 готового пива.

Комплекс оборудования для фасования пива в потребительскую и торговую тару работает следующим образом. Автопогрузчик 51 подает пакеты с пустыми бутылками в пакеторасформировывающую машину 52 и машину для выемки бутылок 53. Далее с помощью системы конвейеров пустые бутылки через световой экран загружаются в бутылкомоющую машину 54. Качество мойки контролируют в инспекционной машине 55. Бутылки заполняются пивом в фасовочной машине 56 и укупориваются в машине 57. Контроль заполнения и укупорки бутылок осуществляют во второй инспекционной машине 58, а затем наносят этикетку и оформляют бутылки в этикетировочной машине 59. После этого бутылки укладывают в ящики в машине 60, формируют пакеты в машине 61 и направляют эти пакеты автопогрузчиком 62 в экспедицию. При реализации свежего пива без продолжительного хранения нефльтрованное созревшее пиво загружают в мерный сосуд 63 для дозированной подачи в автоцистерны 64 или другие специальные емкости.



Всегда оставаться неудовлетворенным –  
в этом сущность творчества.  
*РЕНАР ЖЮЛЬ (1864–1910),  
французский писатель*

### 3.13 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДКИ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Водка – крепкий алкогольный напиток с объемным содержанием спирта (крепостью) 40...56 %, приготовленный смешиванием ректификационного спирта и воды с последующей обработкой и фильтрованием. Она представляет собой прозрачную бесцветную жидкость без посторонних включений с характерным водочным ароматом и вкусом.

Водку готовят на ректификационных спиртах высшей очистки «Экстра» и «Люкс». В зависимости от сорта спирта и ингредиентов она делится на водку и водку особую. Особая водка отличается специфическим ароматом и мягким вкусом, которые обусловлены внесением таких ингредиентов, как глицерин, мед, сахар, уксусная и лимонная кислота, гидроксид натрия, дихромат калия и эфирные масла.

Вода, используемая для приготовления водки, должна содержать минимальное количество продуктов распада органических азотистых веществ и легко окисляющихся неорганических примесей. Обессоливание воды обеспечивается электродиализным или обратноосмотическим методами.

Различные добавки вкусового характера рассчитывают на 1000 дал водки. Например, при приготовлении «Столичной» водки в сортировку задают в виде сиропа 20 кг сахара, в «Русскую водку» – 0,01 кг перманганата калия, в «Украинскую горилку» – 40 кг меда, в «Посольскую» водку – 3,1...6,2 кг сухого обезжиренного молока (как белковый полимер для извлечения ряда примесей и как источник сахара лактозы).

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Сортировку и водно-спиртовой раствор на ликероводочных заводах готовят периодическим и непрерывным способами, причем периодический способ является традиционным.

Для производства водки спирт сначала смешивают с очищенной умягченной водой. При этом происходит выделение теплоты (наибольшее тепловыделение при объемной доле спирта в растворе 36,25%) и сжатие (контракция) раствора. Выделение теплоты и сжатие раствора свидетельствуют о взаимодействии молекул воды и спирта, при котором образуются непрочные соединения – гидраты.

При расчете количества спирта и воды для приготовления заданного объема сортировки учитывают эти особенности процесса. Например, для приготовления водно-спиртового раствора с объемной долей спирта 40 % необходимо к 100 дал спирта 96,2 % прибавить не 100, а 147,59 дал воды.

Водно-спиртовой раствор, смешиваемый периодическим способом, готовят примерно 1,5 ч. Сначала из мерников последовательно задают расчетное количество спирта, а затем воду. Смесь перемешивают в течение 5...20 мин, а затем центробежным насосом перекачивают в напорный сборник. Воздух, содержащий пары спирта, направляют в ловушку-адсорбер для их улавливания.

Непрерывный способ приготовления водно-спиртового раствора обеспечивает высокую стабильность и точность объемной долей спирта в сортировке

$\pm(0,05...0,1)$  % по отношению к номинальному процессу, сокращает продолжительность процесса и потери спирта на 0,05 %.

Приготовление водно-спиртовой смеси непрерывным способом с помощью поточного (струйного) многоступенчатого перемешивания обеспечивает встречное турбулентное давление струй спирта и воды в смесителе, сопровождающееся образованием гидратов. При работе по этому способу спирт и умягченная вода дозируются в соотношении 1 : 1,48. Объемная доля спирта в сортировке при этом  $40\pm 0,2$  %. Ингредиенты вводят в поток воды перед смесителем. Скорость подачи спирта и умягченной воды контролируют расходомерами, а концентрацию спирта – поточным плотномером.

Непрерывный инжекционный способ обеспечивает объемную долю спирта водно-спиртового раствора  $40\pm 0,2$  %. Смеситель, выполненный в виде инжектора с турбунизатором, с оборудованной внутри перфорированной трубой, обеспечивает эффективное гидродинамическое перемешивание. Скорость истечения смеси через отверстие перфорированной трубки 2,5...4,5 м/с. Давление на входе в инжектор составляет 0,8 МПа, а на выходе – 0,1 МПа. При приготовлении сортовых водок в смеситель подают расчетное количество ингредиентов в виде растворов.

**Стадии технологического процесса.** Производство водки состоит из следующих стадий:

- подготовка воды;
- приготовление, фильтрование и обработка водно-спиртовой смеси;
- фильтрование водки;
- внесение добавок;
- контрольное фильтрование водки;
- подготовка посуды;
- фасование в бутылки и оформление готовой продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки водно-спиртовых растворов, в состав которого входят аппараты для кондиционирования воды, ультрафильтрационные и обратноосмотические установки, а также сортировочные аппараты и смеситель непрерывного действия.

Другой подготовительный комплекс оборудования линии содержит песочные фильтры, угольные колонки и установки для регенерации активированного угля перегретым паром.

Ведущий комплекс оборудования линии предназначен для фасования и оформления готовой продукции. В его составе имеются бутылкомоечные, фасовочно-упорочные, инспекционные и этикетировочные машины.

На рис. 3.13,а представлена машинно-аппаратурная схема линии производства водки полунепрерывным способом, а на рис. 3.13,б – инжекционным способом.

**Устройство и принцип действия линии.** Исходная питьевая вода повышенной жесткости поступает из напорного сборника (рис. 3.13,а) и умягчается на ионообменном реакторе 2 (катионитовом или анионитовом). Вода подается сверху вниз, после чего она направляется в сборник 3 исправленной (умягченной) воды. Регенерацию катионита осуществляют раствором соли, поступающем в реактор из солерастворителя 1.

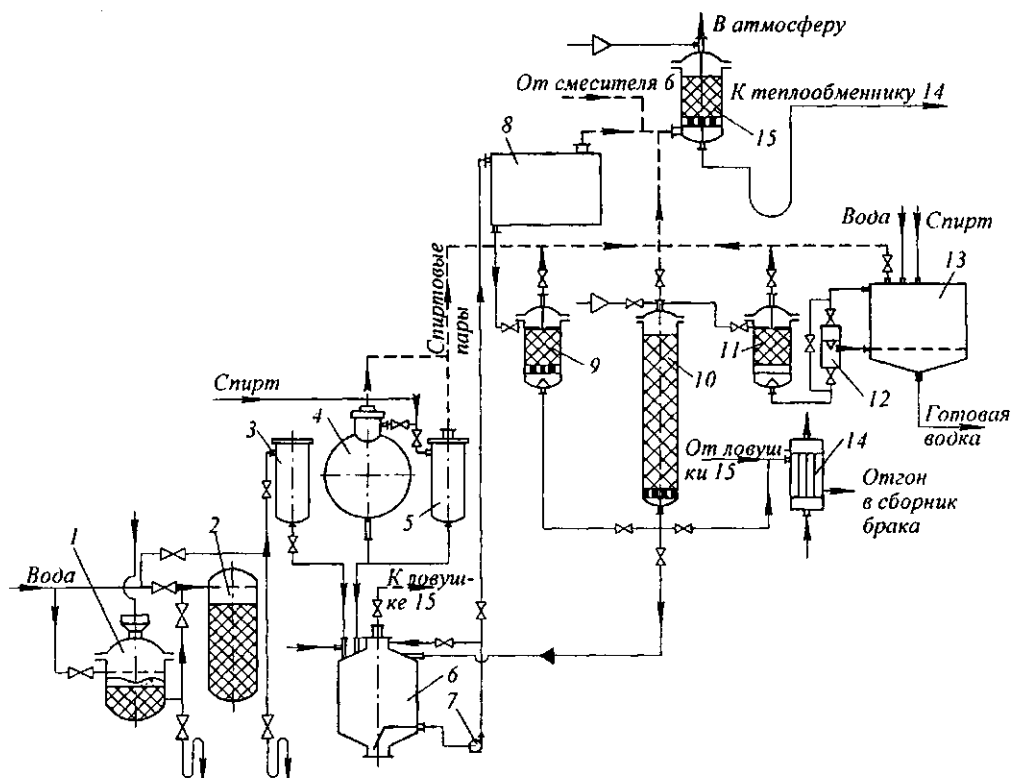


Рис. 3.13,а Машинно-аппаратурная схема линии производства водки полунепрерывным способом

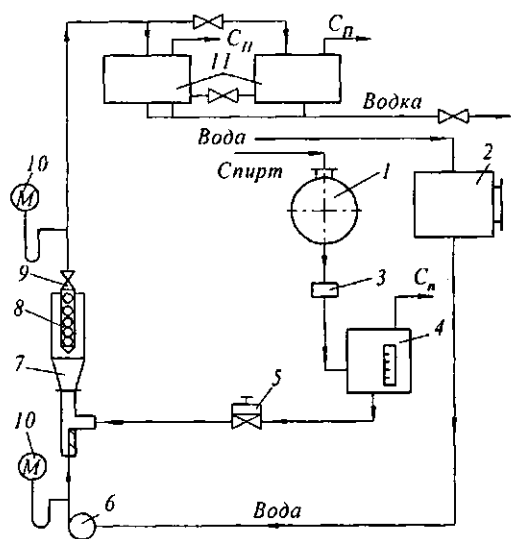


Рис. 3.13,б. Машинно-аппаратурная схема линии производства водки инъекционным способом

Промывные воды из позиций 1 и 2 направляются в канализацию. Этиловый ректифицированный спирт, пройдя мерники 4 и 5, поступает в смеситель 6, куда направляется также и умягченная вода. Перемешивание смеси и подача ее в напорный сборник осуществляется центробежным насосом 7. Спиртовые пары из смесителя 6 и другого оборудования поступают для улавливания в ловушку-адсорбер 15. Водно-спиртовые пары после извлечения их паром из ловушки 15 направляются для конденсации в теплообменник 14 и далее в виде отгона в сборник брака. Водно-спиртовая смесь из сборника 8 самотеком поступает вначале на предварительное фильтрование через песочный фильтр 9 в реактор-адсорбер 10 и далее в фильтр-песочник 11 на окончательное фильтрование.

Расход водно-спиртового раствора водки определяют с помощью ротаметра 12. После этого водка поступает в сборник готовой продукции 13. При необходимости крепость водки корректируют, добавляя спирт или воду при перемешивании. Готовую водку из сборника 13 направляют на фасование.

При получении водки инъекционным способом спирт из спиртохранилища (рис. 3.13.б) поступает в мерник 1, а затем через смотровой фонарь 3 в бачок постоянного уровня 4. Спирт подается в инжектор-смеситель 7 с помощью регулируемого вентиля 5, снабженного специальным маховиком. При изменении поворота маховика на одно деление крепость сортировки изменяется на 0,05 об. %. При этом учитывается влияние температуры сырья. Обработанная вода подается из сборника 2 в смеситель центробежным насосом 6. Этот насос обеспечивает постоянство коэффициента инъекции смеси. Диаметр трубопровода 50 мм. Сам смеситель выполнен в виде инжектора 7, который заканчивается турбулизатором 8, оборудованным внутри перфорированной трубкой. Благодаря такому устройству водно-спиртовой раствор подвергается эффективному гидродинамическому перемешиванию. Турбулизатор соединен через обратный клапан 9 с напорным сборником водно-спиртового раствора 11. Манометры 10 регистрируют давление в системе. Спиртовые пары  $C_{II}$  направляют на улавливание.

Скорость движения смеси через отверстие перфорированной трубки 2,5...4,5 м/с. Давление на входе в инжектор составляет 0,8 МПа, а на выходе – 0,1 МПа.

В случае необходимости при приготовлении сортовых водок в смеситель подают расчетное количество ингредиентов в виде соответствующих растворов. Готовую водку из сборников 11 подают на фильтрование и фасование.



Я думаю, нет большей ненависти в мире,  
чем лень к знанию.

ГАЛИЛЕЙ ГАЛИЛЕО (1564–1642).

итальянский физик, механик, астроном, поэт, филолог

### 3.14 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ВТОРИЧНОГО ВИНОДЕЛИЯ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Виноградное вино является алкогольным напитком, имеющим сложный химический состав. Кроме воды и этилового спирта оно содержит: органические кислоты в основном винную и яблочную, в меньшем количестве лимонную, уксусную, сахара (глюкоза и фруктоза), дубильные, красящие, экстрактивные, минеральные вещества, ферменты, витамины и др. На состав и свойства вина оказывают влияние природа исходного винограда и технология производства.

Ассортимент выпускаемой продукции зависит от вида, качества и способа обработки виноматериалов. Виноградные вина делят на сортовые, выбранные из одного сорта винограда, и купажные – из смеси винограда различных сортов или смеси различных вин. Различают вина тихие, не содержащие диоксид углерода, игристые, содержащие диоксид углерода. Принято деление тихих вин на следующие категории: столовые (сухие и полусладкие), крепленые (крепкие, десертные), ароматизированные (крепкие, десертные). По окраски различают вина белые, розовые, красные.

Столовые вина получают без добавления спирта, они – продукт полного сбраживания натурального виноградного сока. Столовые сухие вина содержат объемную до-



лю от 9...14 % спирта естественного брожения и не более 0,3 % массовой доли сахара, столовые полусладкие – соответственно 9...12 % и 3...8 % несброженного сахара.

При производстве крепленых виноградных вин (типа Портвейн, Кагор и др.) допускается добавление спирта-ректификата. Крепкие виноградные вина содержат от 17 до 20 % спирта и от 1 до 14 % сахара. Десертные вина содержат 12...17 % спирта; по содержанию сахара эти вина подразделяются на полусладкие (5...12 % сахара при 14...16 % спирта), сладкие (14...20 % сахара и 12...17 % спирта) и ликерные (21...35 % и 12...17 % спирта).

Ароматизированные вина приготавливаются с добавлением спирта-ректификата, сахарозы, а также настоев различных растений. Содержание спирта в них 16...18 %, сахара 6...16 %. К группе ароматизированных вин относятся вермуты.

Вина, содержащие диоксид углерода, делятся на насыщенные естественным путем вторичным брожением (шампанское, полусладкое игристое) и шипучие или газированные, искусственно насыщенные диоксидом углерода путем сатурации.

В зависимости от качества виноградные вина делят на обычные и марочные. Обычными называются вина, выпускаемые без выдержки, но не ранее чем через 3 месяца после переработки винограда. Марочные вина высококачественные, выдержанные от 1,5 до 4 лет (в зависимости от типа), выработанные из лучших сортов винограда в определенных винодельческих районах. Наилучшие по качеству марочные вина, которые дополнительно выдерживаются в бутылках на менее 3 лет.

В общем случае готовое вино получают и из виноматериала – продукта брожения сусла (при производстве сухих вин) или спиртования бродящего сусла (при производстве крепленых вин). Вино может быть приготовлено и из плодово-ягодного сырья. Особым видом напитка является коньяк. Он готовится из коньячного спирта, получаемого путем дистилляции виноградных вин.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Предприятия вторичного виноделия могут размещаться совместно с предприятиями переработки винограда либо находиться вблизи мест потребления готовой продукции. Возможен вариант размещения в местах потребления продукции только комплексов оборудования для фасования готового вина, поставляемого в крупногабаритной таре: цистернах и бочках.

Молодое вино (виноматериал) еще не обладает свойствами, отличающими выдержанные, зрелые вина. Технологические приемы, с помощью которых виноматериал улучшает свои свойства, приобретают стабильность, осуществляют в соответствии с утвержденными технологическими схемами обработки и выдержки виноматериалов и вин.

*Обработку виноматериалов* при производстве вина выполняют с целью достижения нормативных показателей качества продукции. К таким показателям относятся органолептические показатели (вкус, аромат, цвет, прозрачность и др.) и содержание полезных и посторонних веществ в химическом составе вина (спирта, сахара, кислот, железа, минеральных веществ и др.). Основными операциями обработки виноматериалов являются купажирование, очистка, деметаллизация и оклейка осветляющими веществами, обработка теплом и холодом, осаждение примесей, фильтрование и др.

*Купажирование* заключается в смешивании различных партий виноматериалов, полученных в результате переработки одного или разных сортов винограда в определенном соотношении. Дегустационная комиссия предприятий выбирает лучший вариант из нескольких пробных купажей. Этот вариант должен соответствовать та-

ким нормативным требованиям по органолептическим и химическим показателям, которые характеризуют наименование вырабатываемого вина.

*Очистка виноматериалов* предназначена для предотвращения белковых помутнений вина, удаления механическими способами. Поэтому виноматериалы обрабатывают реактивами, чтобы растворимые примеси (соли тяжелых металлов, белки, алкалоиды и др.) преобразовать в нерастворимые частицы. Затем виноматериал смешивают с липкими веществами и адсорбирующими средствами. В результате такой обработки происходит коагуляция примесей и образование осадка в виде хлопьев. Далее виноматериал очищают (осветляют) от этих хлопьев методами осаждения или фильтрования.

*Деметаллизацию* проводят обработкой вин гексациано-(II)-ферратом калия ( $K_4[Fe(CN)_6]$ ), фитином, трилоном Б, которые, реагируя с нежелательными компонентами вина – тяжелыми металлами, образуют осадки и выводят их тем самым из вина. Это повышают стабильность и улучшает вкус вина.

*Оклейка вина* – введение органических (желатин, казеин, танин) или неорганических (диатомит, бентонитовые глины) сорбентов, вступающих во взаимодействие с коллоидами вина и образующих хлопьевидные скопления, которые при оседании увлекают за собой взвеси и вещества, способные образовывать муть и придавать вину посторонние привкусы и запахи.

*Охлаждение вин* ускоряет созревание и стабилизацию, так как при низких температурах снижается растворимость виннокислых солей, осаждаются дубильные и красящие вещества, белковые и пектиновые соединения, бактерии, споры грибов и мельчайшие взвешенные частицы.

*Тепловая обработка (60...65 °С)* обуславливает повышение стойкости вина, ускоряет созревание, улучшает вкусовые свойства и придает специфические особенности некоторым типам вин.

*Фильтрованием* через различные материалы (диатомин, перлит) достигается освобождение вина от частиц, вызывающих образование мути, полное осветление (до прозрачности с блеском).

Для обработки вина применяют и другие способы воздействия на него. Выбор способа обработки определяется в зависимости от состояния и типа приготавливаемого вина.

*Выдержка виноматериалов и вин.* Это ответственный технологический период созревания вина, в результате которого формируется вкус и букет, характерные для вина данной типичности, вино осветляется и становится стабильным к помутнениям. При выдержке в вине происходят различные биохимические процессы.

Из биохимических процессов наибольшее значение имеют окислительно-восстановительные реакции, в результате которых развиваются букет и вкус вина. В зависимости от типичности получаемого вина, которая определяется в основном степенью окисленности его компонентов, выдержку виноматериалов ведут при различных условиях кислородного режима и температуры. Так, при выдержке столовых вин, для которых наличие окисленных тонов во вкусе и букете недопустимо, доступ кислорода воздуха исключают или максимально ограничивают.

При выдержке виноматериалов для крепких вин, наоборот, создают благоприятные условия для протекания окислительных процессов. Выдержку этих виноматериалов проводят в аэробных условиях при более высокой температуре (60...65 °С) с дозированием определенных количеств кислорода. В результате сложных окисли-

тельно-восстановительных реакций происходит переход некоторых веществ в нерастворимое состояние. В период созревания идет целый ряд химических превращений составных веществ вина, например реакции эфиобразования.

Основными физическими процессами, протекающими при выдержке виноматериалов, являются осаждение взвешенных частиц. Частично выпадают в осадок белковые, пектиновые и красящие вещества, что ведет к изменению окраски вина, его вкуса. Кроме того, происходит испарение летучих компонентов вина. В результате испарения уменьшается объем выдерживаемого вина, повышается концентрация экстрактивных веществ и снижается содержание летучих компонентов. На стадии созревания вина протекают процессы, способствующие улучшению вкуса, букета и стабилизации вина.

Длительность выдержки, в результате которой вино становится зрелым и пригодным к фасованию, зависит от целого ряда факторов, важнейшими из которых являются тип вина, общая экстрактивность вина, количество дубильных веществ, кислотность, условия обработки и выдержки и т.д.

При достижении вином устойчивой стабильности и хорошо развитых дегустационных свойств (зрелого и способного к фасованию состояния) дальнейший контакт вина с кислородом воздуха приводит к ухудшению качества вина. Последующее хранение вина должно осуществляться в герметически закрытых емкостях для исключения контакта вина с воздухом.

Готовым называется вино, прошедшее полный цикл обработки и выдержки, розливозрелости и являющееся стабильным ко всем видам помутнений. Такое вино фасуют в потребительскую тару – стеклянные бутылки, которые в свою очередь упаковывают в транспортную тару: полимерные, картонные или дощатые ящики.

**Стадии технологического процесса.** Вторичное виноделие имеет следующие стадии:

- приемка, контроль качества, хранение и транспортирование виноматериалов;
- смешивание (купажирование) и обработка виноматериалов разного качества в зависимости от способа приготовления вина: очистка от посторонних примесей, осветление, нагревание, охлаждение и др.;
- отдых и выдержка виноматериалов и вина в емкостях при заданной температуре;
- транспортирование и подготовка стеклотары;
- фасование и укупоривание вина в бутылки;
- пастеризация и выдержка вина в бутылках;
- товарное оформление бутылок с вином и упаковывание бутылок в транспортную тару.

**Характеристики комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для купажирования и оклейки виноматериалов, в состав которого входят насосы-дозаторы виноматериалов и реагентов (бентонита, рыбьего клея и др.), емкости для отдыха, купажа и оклейки виноматериалов, а также система трубопроводов.

Другой подготовительный комплекс оборудования линии содержит бутылкомоечную машину и устройства для подачи и дозирования бутылок, воды и моющих средств.

Ведущий комплекс оборудования линии предназначен для обработки оклеенного виноматериала и получения вина, готового к фасованию. В его составе имеются фильтры, теплообменные аппараты, термические цистерны, а также напорный ре-

резервуар и система трубопроводов с насосами для транспортирования виноматериалов и подачи готового вина на фасование.

Завершающий комплекс оборудования линии состоит из фасовочных, укупорочных, этикетировочных, укладочных и других машин для упаковывания вина и бутылок, а также системы конвейеров для межоперационных перемещений порожней и заполненной продуктом тары.

На рис. 3.14. показана машинно-аппаратурная схема линии производства вин.

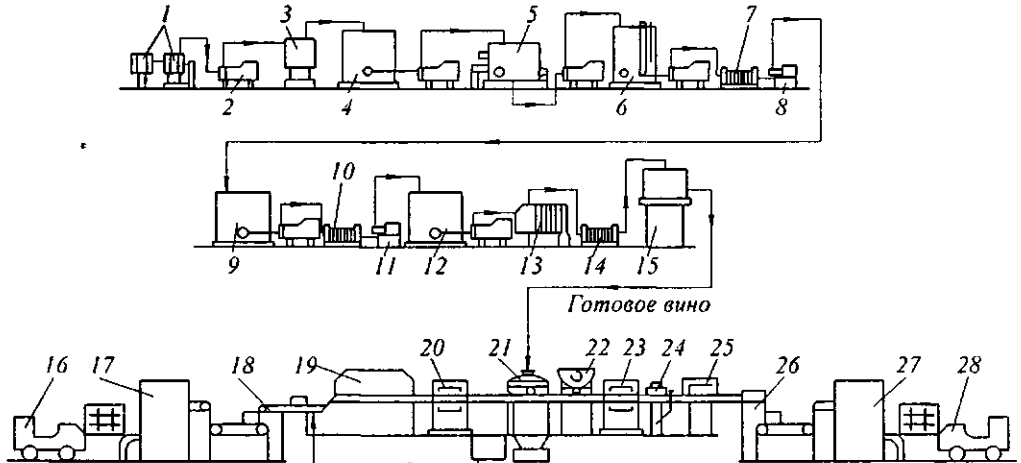


Рис. 3.14 Машинно-аппаратурная схема линии производства вин

**Устройство и принцип действия линии.** Виноматериал доставляется на предприятие в автомобильных или железнодорожных цистернах, бочках или контейнерах 1. После документального оформления приемки проводят оценку качества виноматериала по сортовым, органолептическим и физико-химическим показателям, от которой зависят условия использования продукта и последующие режимы его обработки и выдержки. Каждую партию виноматериала в отдельности перекачивают самовсасывающим насосом 2 через счетчик 3 в резервуары 4 для отдыха и предварительной выдержки.

При производстве вина из резервуаров 4 дозируют в резервуар 5 различные виноматериалы и другие компоненты в соотношениях, предусмотренных рецептурой для данного типа вина и обеспечивающих показатели его качества требованиям стандарта и технических условий.

В резервуаре 5 проводят купажирование смеси компонентов для получения однородной партии с выровненными показателями по цвету, содержанию кислот, сахара и т.д. При выработке сортовых вин смешивают виноматериалы одного и того же сорта и назначения.

После купажирования виноматериалов в резервуар 5 дозируют оклеивающие вещества, после их смешивания с продуктом его перекачивают в резервуар 6 для выдержки купажа на клею. Через 2...4 нед после оклейки вино становится прозрачным и его снимают с осадка. Вкус вина вследствие уменьшения содержания дубильных веществ становится мягче.

Из резервуара 6 вино перекачивают через фильтр 7 в пластинчатый теплообменник 8 для охлаждения до 10...14 °С. Охлажденный купаж сульфитируют и вы-

держивают в термоцистерне 9. После этого вино снимают с осадка и перекачивают через фильтр 10 в пластинчатый нагреватель 11 для подогрева до 60...65 °С. Нагретый купаж выдерживают в термоцистерне 12.

После термической обработки вино снимают с осадка, охлаждают в теплообменнике 13, пропускают через пластинчатый фильтр 14 и загружают в напорный резервуар 15. В зависимости от типа и качества вина его могут направить на дальнейшую обработку и выдержку либо сразу передать на фасование в машину 21.

Технологическую схему обработки виноматериалов выбирают в зависимости от их особенностей и физико-химического состояния. Например, виноматериалы, предназначенные для ординарных сухих столовых вин, для придания им розливостойкости подвергают обработке в течение 8...20 сут в зависимости от характера помутнений и способа обработки. Обработанные вина оставляют в покое на 10 сут в условиях, исключающих доступ воздуха, фильтруют на фильтрах, обеспечивающих полную прозрачность вина с блеском, и фасуют в бутылки для реализации.

Для предупреждения окисления содержание свободной сернистой кислоты в белых столовых винах перед подачей на фасование доводят до 20 мг/дм<sup>3</sup>. С этой же целью из вина перед фасованием удаляют растворенный кислород путем смешивания вина в потоке с инертными газами (смесью азота и диоксида углерода) на специальной установке, смонтированной в линию подачи вина на фасование. Газы поступают в вино в диспергированном состоянии в виде мелких пузырьков через специальную насадку-распылитель. Кислород, растворенный в вине, диффундирует в газовые пузырьки и вместе с ними удаляется из вина.

Подготовка бутылок, фасование в них вин и укупоривание, инспекция, пастеризация вин в бутылках, товарное оформление бутылок осуществляется на типовых комплексах оборудования для укупоривания вин. Такой комплекс работает следующим образом.

Автопогрузчик 16 подает пакеты с пустыми бутылками в пакетосформирующую машину 17 и машины для выемки бутылок 18. Далее с помощью системы конвейеров пустые бутылки через световой экран загружаются в бутылкомоечную машину 19.

Качество мойки контролируют в инспекционной машине 20. Бутылки заполняются вином в фасовочной машине 21 и укупориваются в машине 22. Контроль заполнения и укупоривания бутылок выполняют во второй инспекционной машине 23, отделяют горлышко бутылки в машине 24, а затем наносят этикетку и оформляют бутылки в этикетировочной машине 25.

После этого бутылки укладывают в ящики в машине 26, формируют пакеты в машине 27 и направляют эти пакеты автопогрузчиком 28 в экспедицию.

Для повышения стойкости столовых вин к микробиологическому помутнению применяют горячее фасование и бутылочную пастеризацию. Фасования в условиях повышенной температуры подлежат только хорошо обработанные розливостойкие вина. При горячем фасовании вино нагревают в теплообменнике до температуры 50±5 °С и фасуют на специальных машинах в бутылки, предварительно подогретые до температуры не ниже 40 °С. Для пастеризации вина в бутылках используют бутылочные пастеризаторы. Температуру вина в бутылках в камерах максимального нагрева поддерживают на уровне 50±5 °С.



...Одновременно с делением наук, с их все большей специализацией, на их границах возникают особенно бурно растущие новые области знания-мостики, знаменующие слияние наук друг с другом и с производством, которому они служат особенно плодотворно.  
**РЕБИНДЕР ПЕТР АЛЕКСАНДРОВИЧ (1898-1972),**  
*физико-химик, академик АН СССР*

### 3.15 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАЙОНЕЗА

**Характеристики продукции сырья и полуфабрикатов.** Майонез – один из перспективных продуктов питания. Его применяют в качестве приправы к разнообразным кулинарным блюдам для повышения их питательности и облагораживания вкуса, что способствует возбуждению аппетита и улучшению пищеварения.

В противоположность маргарину майонез представляет собой эмульсию типа масло – вода, где дисперсионной средой является вода, а дисперсной фазой – масло.

Сырьем для производства майонеза являются растительные рафинированные дезодорированные масла, сухое молоко, яичный порошок, сахар, соль, горчица и другие пищевые и вкусовые добавки.

При изготовлении майонеза используют в основном жидкое подсолнечное масло, реже соевое и светлое хлопковое. Попадание даже незначительного количества саломаса недопустимо, так как способность саломаса кристаллизоваться приводит к разрушению майонезной эмульсии.

В качестве эмульгаторов применяют сухое молоко и яичный порошок, растительные фосфолипиды. Сухое молоко используют одновременно и как структурообразователь, белки молока в присутствии влаги способны к набуханию, а это помогает влагоудержанию и обеспечивает структурирующее действие на все компоненты, входящие в майонез.

Горчичный порошок – вкусовая добавка, а содержащиеся в нем белки также обеспечивают эмульгирование и структурообразование.

Соль придает вкус продукту и оказывает консервирующее действие; пищевая сода поддерживает определенный pH, благодаря чему улучшается процесс набухания белков молока.

Сахар – вкусовая добавка, уксусная кислота выполняет ту же функцию и, кроме того, повышает бактерицидные свойства майонеза. Фосфатный кукурузный крахмал (сложный эфир крахмала и фосфорной кислоты) используют как структурообразователь и стабилизатор низкоконцентрированных майонезов.

Вода при производстве майонеза необходима для растворения соли и сахара, для растворения и набухания белков молока и других рецептурных компонентов.

К жидким растительным маслам, сухому молоку, сахару-песку и поваренной соли предъявляют те же требования, что и при производстве маргариновой продукции. Яичный порошок используют в порошкообразном виде, он не должен иметь посторонних запаха и привкуса. Горчичный порошок должен быть сухим, обладать острым запахом аллилового масла и не темнеть. В горчичной пасте не должно ощущаться затхлости и не свойственной свежей горчице горечи, прелости.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Майонезы в зависимости от калорийности подразделяют на три вида: высококалорийные с массовой долей жира более 55 %, среднекалорийные, содержащие 40...55 % жира, и

низкокалорийные – менее 40 % жира. По назначению и составу майонезы делят на столовые, с пряностями, с вкусовыми и железирующими добавками, диетические и для детского питания.

Столовые майонезы обладают нежным кисловатым вкусом, хорошей вязкостью и консистенцией. Майонезы с пряностями имеют вкусовые свойства майонеза «Провансаль», но обогащены вкусом и запахом пряностей. Эти виды майонезов можно использовать в качестве приправы для салатов, овощных, рыбных и мясных блюд.

Майонезы с вкусовыми и железирующими добавками выпускаются острыми и сладкими. Эти майонезы обладают сладким привкусом соответствующих эссенций. В качестве железирующей добавки они содержат фосфатный крахмал и предназначены для приправы фруктовых салатов. Их также применяют для детского питания и как бутербродные продукты.

Майонезы диетические характеризуются нежным вкусом. Этот майонез используют в детском и диетическом питании.

Основными тенденциями расширения ассортимента и разработки новых рецептов майонезов являются снижение калорийности путем уменьшения содержания жиров и сахара, повышение биологической ценности путем полной или частичной замены традиционных компонентов натуральными биологически и физиологически активными веществами.

**Стадии технологического процесса.** Производство майонеза можно разделить на следующие стадии и операции:

- подготовка сухих и жидких компонентов;
- дозирование компонентов и приготовление фаз;
- дозирование фаз;
- температурная обработка фаз;
- предварительное эмульгирование;
- получение готового майонеза;
- фасование майонеза;
- упаковка в ящики;
- транспортирование на склад и хранение готовой продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия производства майонеза начинается с комплекса оборудования для подготовки сухих и жидких компонентов, включающего емкости и насосы. Далее по ходу технологического процесса предусмотрены комплексы для приготовления и дозирования фаз, содержащие счетчики, теплообменники, емкости, насосы и гомогенизаторы.

Следующий комплекс предназначен для температурной обработки и предварительного эмульгирования, в состав которого входят теплообменники, насосы-дозаторы и эмульгаторы.

Ведущим является комплекс оборудования для получения готового майонеза, который содержит емкости и насосы-дозаторы.

В завершающий комплекс входит оборудование для фасования майонеза и укладки его в ящики.

Машинно-аппаратурная схема технологической линии производства майонеза представлена на рис. 3.15.

**Устройство и принцип действия линии.** На линии майонез получают следующим образом. В емкость 7 поступает рафинированное дезодорированное растительное масло. Просеянные сухие компоненты (яичный порошок, сухое обезжирен-

ное молоко, горчичный порошок, сахарный песок, соль, сода пищевая) взвешиваются на весах в соответствии с распределением рецептурного набора по фазам и направляются в емкости 6 и 7 для приготовления фаз 2 и 4.

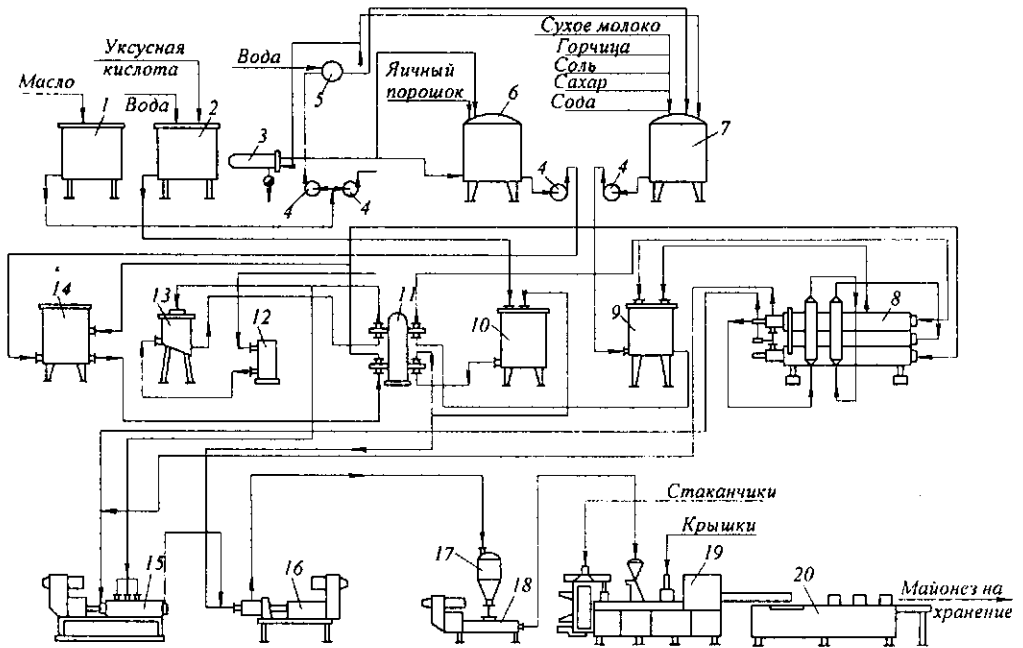


Рис. 3.15 Машинно-аппаратурная схема линии производства майонеза

Фаза 1 – растительное масло, подогретое в пластинчатом теплообменнике до  $20 \pm 2$  °С. Фаза 2 – суспензия яичного порошка в растительном масле – яичный порошок смешивается с растительным маслом, подаваемым через счетчик объема, при температуре  $65 \pm 2$  °С. Фаза 3 – 10 %-ный раствор уксусной кислоты, который готовят смешиванием 80 %-ной уксусной кислоты и воды. Фаза 4 – растительное масло, сухое обезжиренное молоко, горчичный порошок и сода – все компоненты смешивают при  $20 \pm 5$  °С и частоте вращения мешалки  $0,83 \text{ с}^{-1}$ . После образования гомогенной суспензии подают воду, сахарный песок и соль.

Для приготовления фазы 2 из емкости 1 насосом 4 через счетчик объема 5 и теплообменник 3 подается в емкость 6 растительное масло температурой  $(65 \pm 2)$  °С и загружается яичный порошок, происходит перемешивание и пастеризация фазы 2. Далее фаза 2 поступает в распределительную емкость 14, из которой насосом-дозатором 11 направляется на охлаждение до  $(15 \pm 5)$  °С в охлаждающий цилиндр комбинатора-теплообменника 8 и далее в комбинатор-эмульсатор (гомогенизатор) 15.

В емкость 7 для приготовления фазы 4 из емкости 1 насосом 4 через счетчик объема 5 перекачивается растительное масло и подаются предварительно взвешенные сухое обезжиренное молоко, горчичный порошок и сода. Затем подается вода через счетчик объема 5 и вводятся остальные сухие компоненты (сахарный песок и соль). После перемешивания фаза 4 направляется в распределительную емкость 9, откуда насосом-дозатором 11 – на пастеризацию в нагревательный цилиндр комби-



натора-теплообменника 8. Пастеризация производится при  $(82 \pm 2)^\circ\text{C}$  с выдержкой при этой температуре в течение 6 мин. Затем во втором охлаждающем цилиндре комбинатора-теплообменника 8 фаза 4 охлаждается до  $(15 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

Давление на выходе из охлаждающих цилиндров должно быть 0,15...0,20 МПа. Из комбинатора-теплообменника фаза 4 направляется в комбинатор-эмульгатор 15.

Фазу 3 – 10 %-ный раствор уксусной кислоты – готовят в баке 2.

Растительное масло (фаза 1) через пластинчатый теплообменник 12 и распределительную емкость 13 насосом-дозатором 11 подается в комбинатор-эмульсатор 15. Образующаяся в нем предварительная эмульсия направляется в роторный гомогенизатор 16, где смешивается с 10 %-ным раствором уксусной кислоты (фаза 3), подаваемым насосом-дозатором 11 из емкости 10. Майонезная эмульсия обрабатывается в роторном гомогенизаторе 16 путем продавливания через зазор между статором и ротором (от 0,1 до 1,5 мм) при частоте вращения вала ротора 13,3...15,0  $\text{с}^{-1}$ .

Готовый майонез после гомогенизатора 16 поступает в емкость 17, откуда винтовым насосом 18 подается в дозатор фасовочной машины 19, которая разливает майонез в стаканчики из ПВХ вместимостью 250 г. Из фасовочной машины стаканчики с майонезом направляются на машину 20 для укладки в ящики из гофрированного картона. Машина укладывает по 4 стаканчика сверху в 3 ряда и 3 слоя (36 шт.) в каждый ящик. Обандероленные ящики направляются на склад, где готовая продукция хранится до отправления потребителю при температуре 0...18  $^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха не более 76 %.



Всего двести поколений нас отделяют от доисторических времен – шесть тысяч лет. Учтите, всего двести предков у каждого из нас. Если так считать, то прогресс покажется быстрым... Этот простой подсчет показывает чрезвычайную юность мыслившего человечества и в известной мере объясняет те ошибки, которые оно совершило и, увы, еще совершает...  
*ЖОЛИО-КЮРИ ФРЕДЕРИК (1900–1958), французский физик, общественный деятель*

### 3.16 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАРГАРИНА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Маргарин – пищевой жир из растительных и животных жиров, имеющий вид сливочного масла. При комнатной температуре маргарин имеет пластичную твердообразную структуру, которая представляет собой дисперсную систему эмульсии типа "вода в жире". Дисперсной средой этой системы является жировая основа, а дисперсной фазой – водномолочная смесь, содержащая водорастворимые компоненты.

Маргарин преимущественно предназначен для непосредственного употребления в пищу в качестве бутербродного масла и в кулинарии для приправы вторых блюд, выпечки и жарения. Из-за высокого содержания воды (16...17 %), разрушения эмульсии при нагревании и незначительного срока хранения жиров маргарин имеет ограниченное применение в промышленной переработке. Для этой цели выпускают разнообразный ассортимент специальных жиров: кондитерский, хлебопекарный, кулинарный, комбигир, гидрожир и др. В таких жирах содержание влаги обычно не превышает 0,3 %, они не расслаиваются при нагревании и обладают повышенной стойкостью при хранении продукции, в состав которой входят.

Качество маргарина оценивают по физико-химическим показателям (массовая доля жира, белков, углеводов, воды, и др.) и по органолептическим свойствам. По массовой доле жира маргарины разделяют на высокожирные (столовый, молочный) – не менее 82 %, пониженной жирности (шоколадный) – не менее 62...65 % и низкокалорийные – 40...60 %. Маргарин должен иметь чистый вкус и аромат, сходные с вкусом и ароматом сливочного масла. Консистенция его должна быть однородной и пластичной, цвет – однородным по всей массе светло-желтым для окрашенного и белым для неокрашенного. При жарении маргарин не должен разбрызгиваться.

В жировую основу маргарина входят рафинированные дезодорированные растительные масла, животные жиры, пищевые саломасы и перэтерифицированные жиры. В жировую основу вводятся также жирорастворимые добавки (красители, ароматизаторы, консерванты, витамины) и повышающие стойкость эмульсии, эмульгаторы и фосфатидные концентраты с лецитином.

Молоко применяют в натуральном или сквашенном виде для придания маргарину вкуса и аромата сливочного масла. С этой же целью добавляют ароматизаторы, а также красители, придающие маргарину цвет сливочного масла. Для обеспечения полноты вкуса используются сахар и соль, которые также повышают стойкость продукта при хранении.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Ведущими процессами в производстве маргарина являются диспергирование рецептурных компонентов, переохлаждение и кристаллизация эмульсии типа «вода в жире». Интенсивное диспергирование проводится до размера частиц 6...15 мкм. В результате резкого охлаждения эмульсии и интенсивной механической обработки тонкого охлажденного слоя продукта происходят сложные процессы кристаллизации и рекристаллизации триацилглицеринов – жировой основы маргарина, определяющие важнейшие показатели качества готовой продукции – консистенцию, пластичность и температуру плавления.

В связи с ростом потребления маргариновой продукции важной задачей становится улучшение ее ассортимента и качества. Органолептические показатели маргарина должны быть такими, чтобы можно было широко использовать этот продукт в качестве бутербродного масла. Исследования показали, что решение этой задачи может быть достигнуто выпуском наливных маргаринов.

Тенденция к существенному увеличению выработки мягких маргаринов, фасованных в коробочки из полимерных материалов, четко прослеживается во всех промышленно развитых странах. Доля таких маргаринов составляет от 70 до 90 % общего производства столовых маргаринов. Изготавливают также диетические мягкие бутербродные маргарины, в состав жировой основы которых (до 50 %) входят глицериды физиологически активной линолевой кислоты.

В последние годы за рубежом повышают требования к маслам бутербродного назначения. Основное требование – легкая намазываемость при использовании непосредственно из холодильника (10 °С) и сохранение твердости при комнатной температуре (20 °С). Такие намазывающиеся столовые масла (жировые пасты) называют «спрэды». Они могут изготавливаться на основе молочного жира или не содержать его. Жирность спрэдов колеблется от 20 до 95 %, преимущественно 20...40 %, что требует ввода в них специальных загустителей (мальтодекстрины, желатин и др.) За рубежом выпускают их под фирменными знаками.

Маргарины выпускают как в мелкой фасовке – в пачках массой 200, 250 и 500 г, так и в крупной (монолит) – в ящиках до 25 кг.

**Стадии технологического процесса.** Технология твердых маргаринов предполагает осуществление следующих процессов:

- дозирование;
- смешение с получением грубой эмульсии;
- переохлаждение, совмещенное с механической обработкой (в интервале температур, близких к температуре застывания жировой основы маргарина);
- структурирование в кристаллизаторах с образованием маргарина;
- упаковка в потребительскую и транспортную тару.

Технология мягких (наливных) маргаринов основывается на следующих процессах:

- получение эмульсии (для низкожирных маргаринов предусматривается двухстадийное эмульгирование);
- пастеризация эмульсии;
- переохлаждение эмульсии с одновременной механической обработкой;
- пластификация путем декристаллизации;
- кристаллизация переохлажденной эмульсии;
- упаковка в потребительскую и транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальная стадия технологического процесса производства маргарина выполняется с помощью автоматических весов, укомплектованные баками для дозирования, а также насосами-дозаторами (безклапанными и клапанными).

Следующий комплекс линии состоит из вертикальных цилиндрических смесителей, оборудованных мешалками специальной конструкции. Требуемая температура нагрева эмульсии поддерживается пароводяной смесью, подаваемой в рубашку.

Ведущий комплекс линии состоит из оборудования для переохлаждения, которое состоит из нескольких одинаковых цилиндров теплообменников, работающих последовательно, а также кристаллизаторов, в состав которых входят фильтр-гомогенизаторы, и несколько, последовательно соединенных на фланцах цилиндрических секций.

Завершающий комплекс оборудования линии содержит машины: фасовочные, для раскрывания ящика, укладки в него пачек маргарина и обандероливания ящиков с продукцией, которые связаны между собой конвейерами.

На рис. 3.16. показана машинно-аппаратурная схема линии производства маргарина.

**Устройство и принцип действия линии.** При получении маргарина рафинированные жиры дозируют в бак 14, установленный на весах. В него же дозируют эмульгатор из бака 9 насосом 10 и маслорастворимые добавки (краситель, ароматизатор) из бака 11 насосом 12. Молоко из бака 6 насосом 5, вода из бака 3 насосом 4, солевой раствор из бака 1 насосом 2, водорастворимые добавки (сахар и др.) из бака 7 насосом 8 перекачиваются в бак 15, установленный на весах.

Взвешенные компоненты насосами 13 и 16 направляются в первые два смесителя 11. Полученную смесь подвергают рециркуляции с помощью насоса-эмульсатора 18 в течение 15 мин. Температура в смесителях устанавливается в зависимости от физических свойств жиров. Насос эмульсатор 17 представляет собой плунжерный насос высокого давления со специальным гомотенизирующим вентилем. В нем имеется диафрагма с небольшим отверстием, через которое продавливаются рецентур-

ная смесь, поступающая в смеситель 17. В результате обработки в насосом-эмульсаторе 18 происходит диспергирование жировых шариков, таким образом, грубая эмульсия превращается в тонкую.

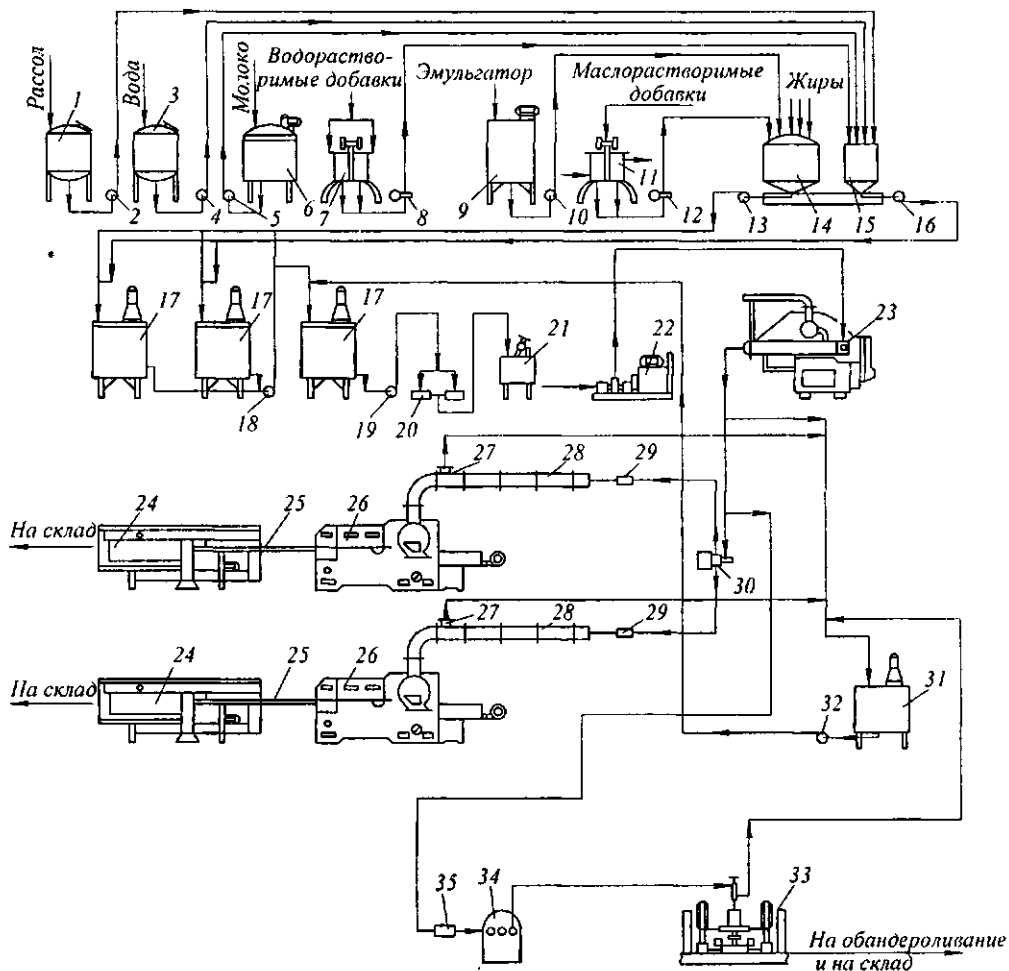


Рис. 3.16 Машинно-аппаратурная схема линии производства маргарина

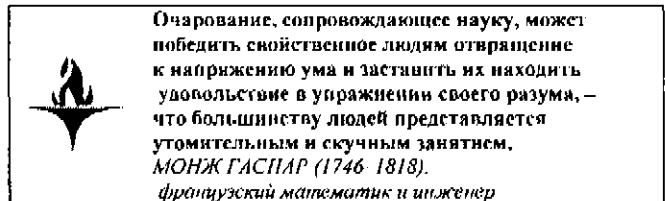
Полученную тонкую эмульсию насосом-эмульсатором 18 направляют в третий смеситель 17. Отсюда насосом 19 через двойной фильтр 20 она подается в уравнивательный бак 21. Передача эмульсии в четырехцилиндровый переохладитель 23 осуществляется при помощи насоса высокого давления 22. В начальный период работы линии, когда еще не установился стабильный режим, маргариновая эмульсия из переохладителя 23 направляется в бак возврата 31. Переохладитель (вотатор) 23 является одним из основных аппаратов для получения маргариновой продукции и предназначен для образования пластичной структуры продукта в результате тонкого эмульгирования, охлаждения и механической обработки маргариновой эмульсии. Цилиндры переохладителя выполнены из нержавеющей стали и оснащены рубашками для хладагента (жидкого аммиака). Внутри каждого цилиндра находится вра-

щающийся барабан (частота вращения  $500 \text{ мин}^{-1}$ ), на поверхности которого установлены ножи-скребки. При вращении барабана они снимают и перемешивают слой эмульсии, намерзающий в зазоре между стенками цилиндра и барабана.

Во время работы переохладителя 23 поддерживается давление эмульсии  $1,5 \dots 3,5 \text{ МПа}$ . Температура эмульсии на входе в переохладитель  $38 \dots 40 \text{ }^\circ\text{C}$ , на выходе –  $10 \dots 13 \text{ }^\circ\text{C}$  и зависит от состава жирового набора и режима охлаждения. Потоки эмульсии, выходящие из переохладителя, распределяются в зависимости от способа упаковки и производительности упаковочного оборудования.

При мелкоштучной упаковке продукции охлажденная эмульсия через распределительное устройство 30 и фильтры-структураторы 29 подается в кристаллизаторы 28. В последних эмульсия превращается в уплотненную пластичную массу маргарина, которая подается в машину 26 для фасования брикетов маргарина в пачки из пергаменты. Далее эти пачки конвейерами 25 передаются в машины 24 для упаковки в ящики. Избыток продукта отводится через компенсирующее устройство 27 в бак возврата 31, откуда расплавленная эмульсия насосом 32 перекачивается в третий смеситель 17. При выработке маргарина в блока, упакованных в ящики, переохлажденная эмульсия, минуя распределительное устройство, через фильтр 35 поступает в декристаллизатор 34, в котором в результате выделения скрытой теплоты температура маргарина повышается на  $2 \dots 3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Из декристаллизатора 34 маргарин направляется в машину 33 для наполнения и взвешивания ящиков. Вначале до достижения необходимых параметров маргаино-вая эмульсия поступает в бак возврата 31. Ящики с продуктом подаются конвейером в обандероливающую машину, а затем на склад готовой продукции.



### 3.17 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВАРЕННЫХ КОЛБАС

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Колбасные изделия готовят на основе мясного фарша с солью, специями и добавками, в оболочке или без нее и подвергают тепловой обработке до готовности к употреблению.

Для выработки вареных колбас используют говядину, свинину, баранину, мясо птицы и другие виды мяса в парном, остывшем, охлажденном, подмороженном и замороженном состояниях, субпродукты 1-й и 2-й категорий, отпрессованную мясную массу, белковые препараты (кровь, плазму крови, казеинаты, изолированные и концентрированные соевые белковые препараты), а также пшеничную муку, крахмал, молоко, яйцапродукты.

Вареные колбасы должны иметь упругую, плотную, некрошливую консистенцию. На разрезе продукта фарш монолитный, для структурных колбас кусочки шпика или грудинки равномерно распределены, имеют определенную форму и размеры. Цвет продуктов на разрезе равномерный, розовый или ярко-розовый без серых пя-

тен. Колбасные изделия должны иметь приятный запах с ароматом пряностей, без посторонних привкуса и запаха.

Требования к внешнему виду определяются действующей нормативно-технической документацией, утвержденной в установленном порядке. Они ориентированы на спрос потребительского рынка, хороший дизайн, удобство при транспортировке и возможность контроля качества готовых изделий. Вареные колбасы упаковывают в оборотную тару массой до 40 кг или в тару из гофрированного картона массой до 20 кг.

Вареные колбасы высшего сорта (диабетическая, докторская, любительская, столовая, останкинская, прима, молочная и др.) имеют срок реализации при температуре 0...8 °С и относительной влажности воздуха 75...85 % не более 72 ч, а колбасы 1-го, 2-го и 3-го сортов – 48 ч с момента окончания технологического процесса при использовании обычных колбасных оболочек. Срок реализации может быть увеличен при использовании специальных формующих материалов из полимерных пленок.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Обваленное мясо жилят и нарезают в зависимости от группового ассортимента на куски массой до 1 кг. Мясо в кусках или в измельченном виде взвешивают и подвергают посолу мокрым или сухим способом с использованием посолочных ингредиентов. Затем сырье повторно измельчают в два этапа: грубо (на волчке) и тонко (на куттере).

Сырье, пряности, воду (лед) и другие материалы взвешивают в соответствии с рецептурой с учетом добавленных при посоле соли или рассола и готовят фарш на куттере, куттере-мешалке, мешалке-измельчителе или других машинах.

Вначале загружают нежирное мясное сырье (измельченное на волчке с диаметром отверстий решетки 2...3 мм): говядину высшего, 1-го и 2-го сортов, нежирную свинину, баранину жилованную, а также добавляют часть холодной воды (льда), раствор нитрата натрия (если он не был внесен при посоле сырья), фосфатиды, сыворотку или плазму крови, белковый стабилизатор, соевые белковые препараты в виде геля. После 3...5 мин перемешивания вводят полужирную говядину, пряности, препарат гемоглобина или кровь, сливочное масло (для колбасы диетической), аскорбинат или изоскорбинат натрия, либо аскорбиновую кислоту и обрабатывают фарш еще 3...5 мин, за 2...5 мин до конца обработки добавляют крахмал или муку.

При приготовлении фарша колбасных изделий с использованием белковых препаратов (изолированных и концентрированных соевых белков, казеинатов и т.д.) в конце перемешивания в куттер добавляют соль из расчета 2,5 кг на 100 кг гидратированных белковых препаратов. Общая продолжительность обработки фарша на куттере или куттере-мешалке 8...12 мин, температура готового фарша в зависимости от температуры исходного сырья, количества добавленного льда и типа измельчителя составляет 12...18 °С.

Для приготовления фарша в высокоскоростных вакуумных куттерах или измельчителях (скорость резания более 120 м/с) используют несоленое жилованное мясо в кусках. Для этого загружают говядину, добавляют лед, раствор нитрата натрия, соль и другие ингредиенты, закрывают крышку куттера, создают остаточное давление 15 кПа и куттеруют сырье 5...8 мин. Затем снимают вакуум и продолжают куттерование в течение 3...4 мин до полной готовности фарша. Общая длительность куттерования 8...12 мин. Температура готового фарша 11...12 °С.

Количество воды, добавляемой при приготовлении фарша, зависит от состава сырья и составляет 15...30 % от массы куттеруемого сырья. Для снижения температуры фарша рекомендуется воду заменять льдом частично или полностью.

Наполнение колбасных кишечных и искусственных оболочек фаршем производят на пневматических, гидравлических или механических вакуумных шприцах при остаточном давлении 8 кПа. Наполнение фаршем искусственных оболочек диаметром 100...120 мм производят с использованием цевок диаметром 40...60 мм. Вязку батонов производят вискозным шпагатом и льняными нитками. В последнее время широко используются искусственные полимерные оболочки и их формовка производится с помощью клипсаторов.

Батоны сырых колбас в натуральной оболочке, нашприцованные без применения вакуума, подвергают кратковременной осадке (для подсушивания оболочки и уплотнения фарша) в течение 2 ч при 0...4 °С.

В стационарных камерах батоны обжаривают при 90...100 °С в течение 60...140 мин. Обжаренные батоны варят паром в пароварочных камерах или в воде при температуре 75...85 °С до достижения температуры в центре батона 70 °С. После варки колбасы охлаждают под душем холодной водой в течение 10 мин, а затем в камере при температуре не выше 8 °С и относительной влажности воздуха 95 % до достижения температуры в центре батона не выше 15 °С.

**Стадии технологического процесса.** Изготовление вареных колбас состоит из следующих стадий:

- предварительное измельчение мясного сырья;
- посол и созревание мяса;
- тонкое измельчение и приготовление фарша;
- шприцевание фарша в оболочку;
- вязка батонов и навеска его на раму;
- тепловая обработка (обжарка, варка и охлаждение);
- хранение и упаковка.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для предварительного измельчения мясного сырья, в состав которой входят волчки-жиловщики, блокорежки, блокорежка-измельчитель и напольные тележки.

В состав линии входят комплекс оборудования для посола мяса, состоящий из смесителя, агрегата для измельчения и посола мяса, а также комплекса оборудования для посола и созревания мяса.

Комплекс оборудования для созревания мяса представляет собой камеру, состоящую из стационарных стеллажей и напольных тележек.

Ведущим является комплекс оборудования для тонкого измельчения и приготовления фарша, в состав которого входят волчок, куттер, смеситель-измельчитель, мешалка-измельчитель, куттер-мешалка и фаршеприготовительный агрегат.

Комплекс оборудования для шприцевания фарша в оболочку состоит из шприца, конвейера для вязки колбас, клипсатора, колбасного агрегата и колбасных рам.

Завершающий комплекс состоит из термоагрегата непрерывного действия или термокамеры периодического действия.

Машинно-аппаратурная схема линии производства вареных колбас представлена на рис. 3.17.

**Устройство и принцип действия линии.** После разделки и обвалки мясо направляют на жиловку: отделение соединительной ткани, кровеносных и лимфатических сосудов, хрящей, мелких косточек и загрязнений. Жилованное мясо на предприятиях малой мощности измельчают в волчке 1 и с помощью напольных тележек 2 транспорти-

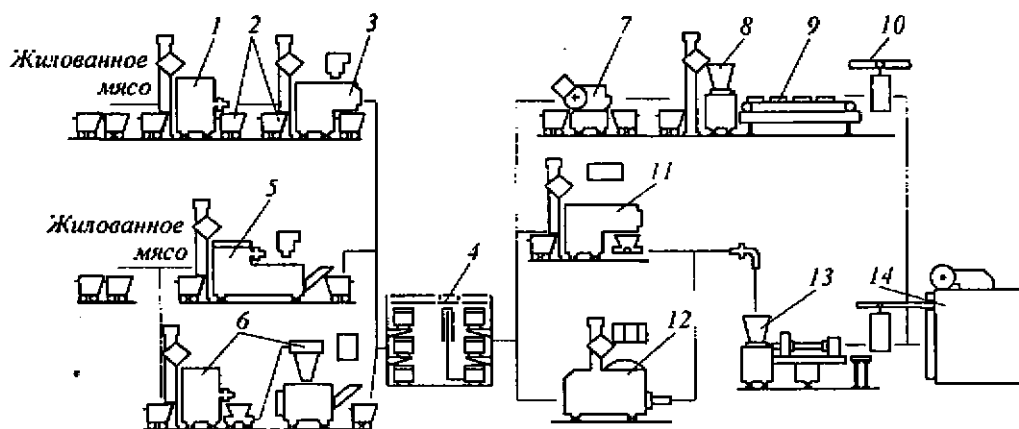


Рис. 3.17 Машинно-аппаратурная схема линии производства вареных колбас

руют к смесителю 3, в которых производят посол. Посоленное мясо выгружают из смесителя 3 в напольную тележку и транспортируют в камеру созревания 4.

На предприятиях средней и большой мощности измельчение и посол мяса осуществляют с помощью посолочного агрегата 5 или комплекса оборудования для посола мяса 6. В первом агрегате измельченное мясо самотеком попадает в смеситель, а во втором – фаршевым насосом перекачивается по трубопроводу от волчка в весовой бункер смесителя. Посолочные вещества подают автоматические дозаторы в количестве, пропорциональном массе измельченного мяса в дежу смесителя. После перемешивания и выгрузки сырье в тележках направляют в камеру созревания 4.

При использовании чашечного куттера 7 для тонкого измельчения и приготовления фарша к шприцующей машине 8 фарш транспортируют в напольных тележках, которые с помощью подъемника разгружаются в приемный бункер шприца. В этом случае формование колбасных батонов производят вручную в отрезную оболочку с одним заделанным концом с последующей ручной вязкой батонов шпагатом на конвейерном столе 9 и разгрузкой их в колбасные рамы 10.

Для приготовления вареных колбас с более высокой степенью механизации применяют комбинированные машины для приготовления фарша 12 и агрегат для формования колбасных изделий 13. Смеситель-измельчитель 11 предназначен для смешивания выдержанного в посоле измельченного мяса с рецептурными ингредиентами и последующим его тонким измельчением. Формование вареных колбас с изготовлением оболочки из рулонного материала осуществляют на колбасном агрегате 13.

После вязки или наложения петли батоны навешивают на палки, которые затем размещают на рамы 10 и направляют в термокамеру 14 для термической обработки (осадки, обжарки, варки и охлаждения).





Человек должен верить, что непонятное можно  
понять; иначе он не стал бы размышлять о нем.  
ГЕТЕ ИОГАНН ВОЛЬФГАНГ (1749-1832),  
немецкий писатель, мыслитель, естествоиспытатель

### 3.18 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОПЧЕНЫХ КОЛБАС

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** *Копченые колбасы* (варено-копченые и сыро-копченые) – мясные изделия, предназначенные для длительного хранения. *Полукопченые колбасы* – мясные изделия, которые достигают кулинарной готовности после варки, копчения, сушки и могут храниться более длительное время, чем вареные колбасы: до 10 сут при температуре не выше 12 °С и относительной влажности воздуха 75...78 % (в подвешенном состоянии) и до 3 сут в неохлаждаемых помещениях.

Полукопченые колбасы имеют упругую консистенцию, варено-копченые и сырокопченые – плотную. Фарш на разрезе, как правило, имеет включения в виде кусочков шпика, грудинки, жирной или полужирной свинины, его цвет – от розового до темно-красного. Вкус – слегка острый, в меру соленый (для сырокопченых – солоноватый), с выраженным ароматом копчения.

Копченые колбасные изделия готовят из смеси различных видов мяса с добавлением шпика, белковых препаратов, поваренной соли, специй и других ингредиентов. Среди мясного сырья наибольший удельный вес занимают говядина и свинина. В некоторых регионах применяют баранину, козлятину, конину, мясо буйволов, яков, оленей, диких животных и птицы.

Для производства *полукопченых и варено-копченых* колбас используют говядину (для варено-копченых – от взрослого скота), свинину, баранину в остывшем, охлажденном и размороженном состояниях, шпик хребтовый и боковой, грудинку свиную с массовой долей мышечной ткани не более 25 %, жир-сырец бараний подкожный и курдючный.

Для производства сырокопченых колбас используют говядину от взрослого скота, свинину, баранину в охлажденном и размороженном состояниях, шпик хребтовый, грудинку свиную с массовой долей мышечной ткани не более 25 %, жир-сырец говяжий подкожный, жир-сырец бараний подкожный и курдючный. Лучшим сырьем является мясо от задних и лопаточных частей туш быков в возрасте 5...7 лет и от лопаточной части взрослых свиней (2...3 года).

В качестве посолочных ингредиентов используют пищевую поваренную соль высшего или I-го сорта, сахар-песок и нитрит натрия. Для придания специфического вкуса и запаха добавляют пряности или их экстракты, лук, чеснок, ароматизаторы, копильные препараты.

Для формовки колбасных батонов используют натуральные (кишечные) и искусственные (целлюлозные, белковые, бумажные со специальной пропиткой) синтетические оболочки. Фиксируют форму колбасных батонов с помощью шпагата, льняных ниток, алюминиевых скоб.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Мясо поступает в колбасные цехи на костях в виде туш, полутуш, отрубов или без костей в виде замороженных блоков. Сырье, направляемое на переработку, должно сопровождаться разрешением ветеринарно-санитарной службы. При приеме сырья его осматри-

вают, подвергают дополнительной сухой зачистке и при необходимости сухой и мокрой зачистке. Подготовка сырья включает размораживание (при использовании замороженного мяса), разделку (операции по расчленению туш или полутуш на более мелкие отрубы), обвалку (отделение мышечной, жировой и соединительной тканей от костей) и жиловку. На обвалку направляют охлажденное сырье с температурой в толще мышц  $2\pm 2$  °С или размороженное с температурой не ниже 1 °С. При жиловке говядины и свинины удаляют грубую соединительную ткань, хрящи, мелкие косточки, крупные кровеносные сосуды, лимфоузлы и др. В процессе жиловки говядину, баранину и свинину разрезают на куски массой 300...600, грудинку свиную на куски массой 300...400 г, шпик хребтовый на полосы размером 15×30 см.

Разделку, обвалку и жиловку мяса проводят в производственных помещениях с температурой воздуха 10...12 °С и относительной влажностью не выше 75 %.

После обвалки и жиловки говядину и свинину направляют на измельчение и посол. Перед измельчением жирное сырье (свинину жирную, жир-сырец, шпик) охлаждают до  $2\pm 2$  °С или подмораживают до минус ( $2\pm 1$ ) °С.

Для производства полукопченых колбас посол мяса производят: в кусках массой до 1 кг; в шроте – при измельчении на волчке с диаметром отверстий решетки 16...25 мм; в мелком измельчении на волчке с диаметром отверстий решетки 2...4 мм; для варено-копченых – в кусках или в виде шрота; для сырокопченых – в кусках. Мясо перемешивают с сухой поваренной солью в мешалках различных конструкций, в том числе вакуумных, или посолочных агрегатах непрерывного действия, в течение 4...5 мин. При посоле на 100 кг мясного сырья добавляют 3 кг поваренной соли для полукопченых и варено-копченых колбас и 2,5 кг для сырокопченых. Нитрит натрия вносят в виде раствора с массовой долей 2,5 % из расчета: 7,5 г для полукопченых и 10 г для варено-копченых и сырокопченых на 100 кг мясного сырья. Допускается добавлять нитрит натрия при составлении фарша. Посоленное мясное сырье выдерживают в емкостях при температуре не ниже 0 и не выше 4 °С: для полукопченых колбас в кусках 2...4 сут, в шроте 1...2 сут, в мелком измельчении 12...24 ч; для варено-копченых колбас в кусках 2...4 сут, в шроте 1...2 сут; для сырокопченых колбас в кусках 5...7 сут.

Фарш для копченых колбас готовят двумя способами: в мешалках различных конструкций из выдержанного в посоле мясного сырья или на куттерах с использованием подмороженного сырья. Второй способ рекомендуется использовать при производстве колбас на поточно-механизированных линиях. При этом для приготовления фарша допускается использовать смесь, включающую не менее 50 % подмороженного мяса и не более 50 % соленого мяса.

По первому способу перед приготовлением фарша выдержанное в посоле нежирное мясное сырье измельчают на волчке с диаметром отверстий решетки 2...3 мм, полужирную и жирную свинину, грудинку и шпик – до размеров, предусмотренных рецептурой. Измельченную говядину перемешивают со специями 5...7 мин, добавляют нежирную свинину, полужирное мясо, грудинку, шпик, говяжий или бараний жир. Продолжительность перемешивания – 6...10 мин.

По второму способу жилованное мясо в кусках, полосы шпика и грудинки замораживают при толщине слоя не более 10 см до  $-5...-1$  °С (мясные замороженные блоки отепляют до этой температуры). После измельчения крупных кусков говядины, баранины через 30...90 с загружают нежирную свинину, поваренную соль, спе-

ции, раствор нитрита натрия, через 1...2 мин – полужирную и жирную свинину, шпик, грудинку, бараний жир и измельчают еще 30...90 с. Общая продолжительность измельчения и перемешивания 2...5 мин в зависимости от наименования колбасы, количества ножей и конструкции куттера. Температура фарша после куттерования –3...–1 °С.

Процесс формирования колбасных изделий включает: подготовку колбасной оболочки, шприцевание фарша в оболочку, вязку или клипсование (при использовании искусственной маркированной оболочки) колбасных батонов, их навешивание на палки или рамы.

Для полукопченых колбас наполнение оболочек фаршем производят на гидравлических шприцах при 0,5...1,2 МПа или вакуумных шприцах, для варено-копченых и сырокопченых – на гидравлических шприцах при 1,3 МПа. Батоны перевязывают шпагатом, нитками или при наличии специального оборудования и маркированной оболочки закрепляют их концы металлическими скрепками или скобами с наложением петли. Батоны навешивают на палки с интервалом 8...10 см. Свободные концы оболочки и шпагата не должны быть длиннее 2 см.

Батоны полукопченых колбас подвергают осадке 2...4 ч при 4...8 °С для изделий из предварительно посоленного сырья или 24 ч при 2...4 °С для изделий из замороженного сырья. При наполнении оболочек фаршем на вакуумных шприцах для полукопченых колбас, изготавливаемых из выдержанного в посоле мясного сырья, осадка может быть исключена.

Батоны варено-копченых колбас подвергают осадке 1...2 сут при 4...8 °С для изделий из предварительно посоленного сырья или 4 сут при 2...4 °С для изделий из замороженного сырья.

Длительную осадку (5...7 сут) применяют при изготовлении сырокопченых и сыровяленых колбас. Продолжительную осадку производят в специальных камерах с относительной влажностью воздуха 85...90 % и температурой 4...8 или 2...4 °С в зависимости от вида колбас и технологии.

Режимы термической обработки полукопченых колбас несколько отличаются в зависимости от применяемого оборудования. При термообработке в стационарных камерах батоны после осадки обжаривают 60...90 мин при  $90 \pm 10$  °С, варят в зависимости от диаметра батона 40...80 мин при  $80 \pm 5$  °С; охлаждают 2...3 ч при температуре не выше 20 °С и затем коптят при  $43 \pm 7$  °С в течение 12...24 ч.

При термической обработке в комбинированных камерах и термоагрегатах непрерывного действия проводят подсушку и обжарку батонов при  $95 \pm 5$  °С в течение 40...80 мин. Копчение проводят непосредственно после обжарки в течение 6...8 ч, постепенно снижая температуру в камере до  $42 \pm 3$  °С.

Сушат полукопченые колбасы в течение 1...2 сут при  $11 \pm 1$  °С и относительной влажности воздуха  $76,5 \pm 1,5$  %.

Термическую обработку варено-копченых колбас можно производить двумя способами:

– сначала проводят первичное копчение, при котором колбасу коптят дымом, полученным от сжигания древесных опилок твердых лиственных пород (дуба, бука, ольхи и др.) при  $75 \pm 5$  °С в течение 1...2 ч; после копчения батоны варят паром при  $74 \pm 1$  °С в течение 45...90 мин; после варки колбасу охлаждают в течение 5...7 ч при температуре не выше 20 °С и затем осуществляют вторичное копчение в течение 24 ч

при  $42 \pm 3$  °С; после этого колбасу сушат в течение 3...7 сут при  $11 \pm 1$  °С и относительной влажности воздуха  $76 \pm 2$  %;

– первичное копчение не производят, а сразу после варки колбасу охлаждают в течение 2...3 ч при температуре не выше 20 °С; затем колбасу коптят в течение 48 ч при  $45 \pm 5$  °С и сушат в течение 2...3 сут при  $11 \pm 1$  °С и относительной влажности воздуха  $76 \pm 2$  %.

Копчение и сушку сырокопченых колбас производят следующим образом: после осадки колбасу коптят в камерах дымом от древесных опилок твердых лиственных пород в течение 2...3 сут при  $20 \pm 2$  °С, относительной влажности воздуха  $77 \pm 3$  % и скорости его движения 0,2...0,5 м/с; после этого колбасу сушат 5...7 сут в сушилках при  $13 \pm 2$  °С, относительной влажности воздуха  $82 \pm 3$  % и скорости его движения 0,1 м/с; дальнейшую сушку проводят в течение 20...23 сут при  $11 \pm 1$  °С, относительной влажности  $76 \pm 2$  % и скорости движения воздуха 0,05...0,1 м/с.

**Стадии технологического процесса.** Технологический процесс приготовления варено-копченых колбас состоит из следующих стадий:

- подготовка сырья;
- измельчение мяса;
- составление фарша;
- наполнение оболочек фаршем;
- осадка;
- термическая обработка колбас;
- упаковывание, хранение и контроль качества.

**Характеристика комплексов оборудования.** Технологический процесс производства варено-копченых колбас начинается с комплекса оборудования для подготовки сырья, включающего столы для обвалки и жиловки мяса, а также емкости или агрегаты для его посола.

Следующим комплексом оборудования являются волчки, шпигорезки различных конструкций, на которых происходит измельчение мясного сырья, а также оборудование для составления фарша, включающее мешалки, куттеры (для измельчения замороженного сырья), а также разгрузочные устройства, емкости и насосы для фарша.

Наполнение оболочек фаршем производят гидравлическими и вакуумными шприцами, после чего батоны перевязывают на столах для вязки колбас или накладывают клипсы на концы батонцов, а затем навешивают либо укладывают на рамы и подвергают осадке. Осадочные камеры оборудованы подвесными путями. Для создания необходимого микроклимата используют пристенные батареи и воздухоохладители.

Ведущим комплексом является оборудование для термической обработки, для чего традиционно используют стационарные обжарочные, варочные и копильные камеры. Основным оборудованием на этой стадии является термоагрегат непрерывного действия с автоматическим регулированием температуры и относительной влажности среды, в котором колбасы на рамах подвергаются варке, копчению и высушиванию.

Завершающий комплекс оборудования включает контейнеры и упаковочные машины.

На рис. 3.18 приведена машинно-аппаратурная схема линии производства варено-копченых колбас.

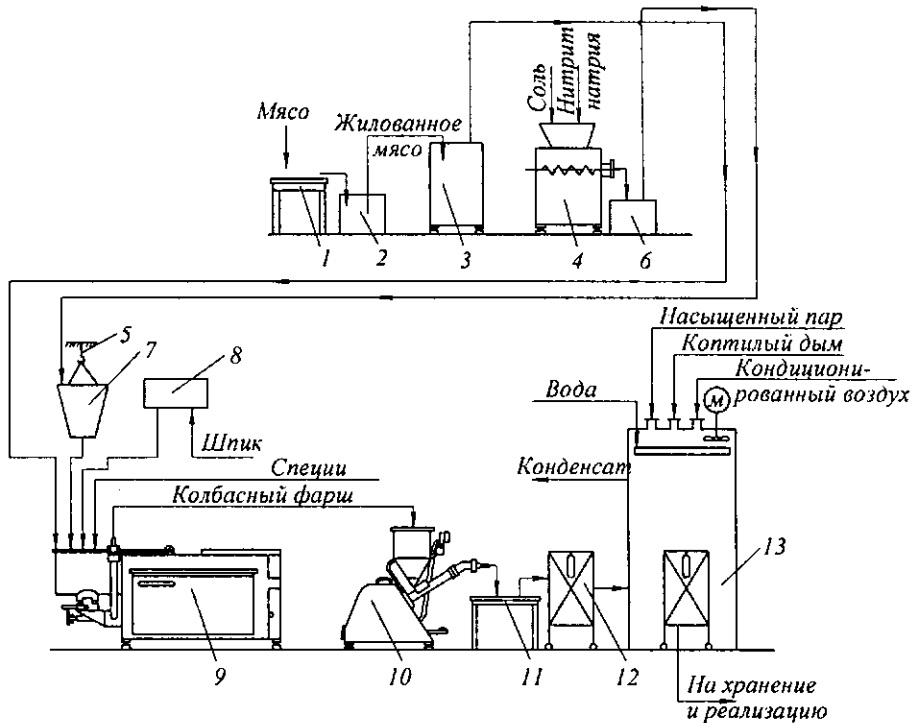


Рис. 3.18 Машинно-аппаратурная схема линии производства варено-копченых колбас

**Устройство и принцип действия линии.** Со стола обвалки и жиловки 1 мясо через промежуточные емкости 2 и 3 поступает в волчок 4 первичного измельчения. Измельченное мясо после перемешивания с солью (массовая доля соли в варено-копченых колбасах не должна превышать 3 %) насосом 6 перекачивается в бункер 7 для созревания фарша в посоле. Бункер 7 перемещают по монорельсу 5.

Выдержанное в посоле мясо предварительно смешивают в мешалке измельчителя 9, куда дозируются: шпик, после измельчения на шпигорезке 8, специи и другие ингредиенты рецептуры, фарш через переходник направляется в вакуумный шприц 10 для шприцевания.

Колбасные батоны вяжут шпагатом на столе для вязки колбас 11. Сформированные батоны навешивают на рамы 12, подвергают осадке и подают на термообработку в термоагрегат 13. Варят колбасу насыщенным паром в варочной камере термоагрегата при температуре 73...75 °С до достижения температуры в центре батона 68...72 °С.

После варки колбасные батоны охлаждают до достижения температуры варки батона 15 °С, коптят в течение 48 ч при температуре 40...50 °С и сушат при 10...12 °С и относительной влажности воздуха 74...76 % до достижения стандартной влажности продукта.

По окончании технологического процесса варено-копченые колбасы упаковывают и направляют в реализацию. Хранят колбасы в охлаждаемых помещениях при температуре 8 °С и относительной влажности 75...80 % в подвешенном состоянии не более 15 сут.



Свежий человек... может увидеть то,  
чего приглядевшийся не видит более.  
**ГЕТЕ ИОАНИ ВОЛЬФГАНГ (1749–1832).**  
*немецкий писатель, мыслитель, естествоиспытатель*

### 3.19 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЛЬМЕНЕЙ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Пельмени – это полуфабрикаты, изготовленные из мясного фарша с солью и специями, теста и подвергнутые замораживанию. Пельмени являются национальным блюдом, пользующимся большим спросом потребителей, благодаря высокой и питательной ценности и простоте кулинарной обработки. Они занимают основной объем выпуска быстрозамороженной продукции. Их делают с мясными, растительными и мясорастительными начинками.

Для производства пельменей применяют жилованное мясо (говяжье, свиное, баранье, конское, олень), мясо птицы механической обвалки, жир-сырец, субпродукты, яйца и растительное сырье (муку, концентрат соевого белка, картофель, капусту, лук). Субпродукты (мясная обрезь, сердце, мясо с голов, лёгкие, рубец, свиной желудок, мясо пищевода и калтыка), применяемые для изготовления пельменей, подвергают разборке и жиловке. Во время жиловки из субпродуктов удаляют кровоподтёки, железы, остатки прирезей шкуры, грубую соединительную ткань, кровеносные сосуды, лимфатические узлы, мелкие косточки и хрящи.

Жилованное мясо и субпродукты для изготовления пельменей используют без предварительного посола и выдерживания.

Пельмени изготавливают в следующем ассортименте: русские, сибирские, иркутские, особые, закусовые, столовые, столичные, останкинские, крестьянские, мясокартофельные, охотничьи, кубанские, школьные, любительские, донецкие и др. Каждый вид пельменей должен отвечать соответствующим органолептическим и физико-химическим показателям.

Пельмени должны быть не слипшимися, недеформированными, иметь форму полукруга, прямоугольника, края должны быть хорошо заделаны, фарш не выступать, поверхность должна быть сухой. При встряхивании пачек с пельменями они должны издавать ясный отчетливый звук. Для вареных пельменей характерны приятные вкус и аромат, свойственные замороженному сырию. Фарш должен быть сочным, в меру соленным, без посторонних привкуса и запаха.

В пельменях регламентируются массовые доли поваренной соли, мясного фарша и жира. Толщина тестовой оболочки пельменей должна быть не более 2,0 мм, а в местах заделки не менее 2,5 мм. Контрольный выход пельменей к массе исходного сырья составляет: русских, сибирских, иркутских, школьных, останкинских, столовых, столичных, крестьянских, мясо-картофельных, донецких 120 %; охотничьих, кубанских 118 %; особых 122 %.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** При производстве пельменей тесто готовят из смеси муки и раствора соли с меланжем или свежей пищевой сывороткой, или казеинатом натрия. Мясное сырье жилюют и промывают, а рубец и свиной желудок варят 2...2,5 ч при 90 °С. Компоненты фарша измельчают на волчке и смешивают их в мешалке. При выработке пельменей столичных и иркутских сырье обрабатывают на куттере.

Пельмени замораживают на листах или на ленте из нержавеющей стали пельменного автомата. С лотков пельмени снимают на сбивочной машине, а отшлифовку пельменей ведут во вращающемся перфорированном (галтовочном) барабане.

Пельмени фасуют и упаковывают в полиэтиленцеллофановую пленку или в картонные коробки массой 350, 500 и 1000 г.

**Стадии технологического процесса.** Производство пельменей включает следующие основные технологические операции:

- приготовление теста и фарша;
- формовка тесто-фаршевого жгута и накатка изделий;
- замораживание пельменей и галтовка;
- упаковывание в потребительскую и транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия производства пельменей начинается с оборудования для подготовки теста и приготовления фарша, включающего тележки, трубопроводы и насосы, конвейеры и взвешивающие устройства, дозаторы и тестоприготовительные агрегаты, а также фаршемешалки.

Ведущим комплексом оборудования в линии является оборудование для дозирования и формования пельменей, в качестве которого используют пельменные автоматы различной производительности.

Следующими комплексами оборудования в линии являются морозильные камеры с естественным или искусственным движением воздуха, а также скороморозильные аппараты туннельного типа, в которых пельмени замораживают на лотках, установленных на полках тележек или на рамках. Галтовка пельменей производится в машинах для отделения мороженых пельменей от алюминиевых лотков, а также в галтовочных барабанах.

В завершающий комплекс линии входят объёмные дозаторы для пельменей и упаковочная машина.

Машинно-аппаратурная схема линии производства пельменей показана на рис. 3.19.

**Устройство и принцип действия линии.** В комплект оборудования линии входят тележки 1 для транспортирования фарша и теста и гидравлический подъемник 2.

Приготовленное тесто из тестомесильной машины 6 с помощью скребкового конвейера 7 и фарш, приготовленный в фаршемешалке 3, по фаршепроводу 5 с запорной арматурой фаршевым насосом 4 подаются в пельменный автомат 8. Сформованные тестофаршевые жгуты просушиваются воздухом с помощью специального устройства 9, подаваемого вентилятором 10. Затем с помощью барабана для штамповки 11 пельмени штампуются и подаются в скороморозильный аппарат 12.

В скороморозильном аппарате 12 принята система воздухораспределения, которая предохраняет замораживаемые продукты от нарушения целостности их тестовой оболочки, наблюдаемого в процессе замораживания при низких температурах и больших скоростях воздуха. В нем пельмени подмораживаются в потоке воздуха температурой  $-30...-32$  °С и при скорости  $3...7$  м/с на движущейся ленте конвейера их срезают ножом.

Затем они попадают в барабан на галтовку и окончательно замораживаются при температуре воздуха  $-32...-35$  °С и скорости  $2...4$  м/с. Из этого барабана через окно выгрузки 13 пельмени поступают в транспортную тару 14 (полиэтиленовые тазики), установленную на приемном столе 15, упаковываются в мешки или гофрированные ящики 16 и с помощью тележек 17 поступают в холодильник. Там их взвешивают и направляют далее в камеры хранения.

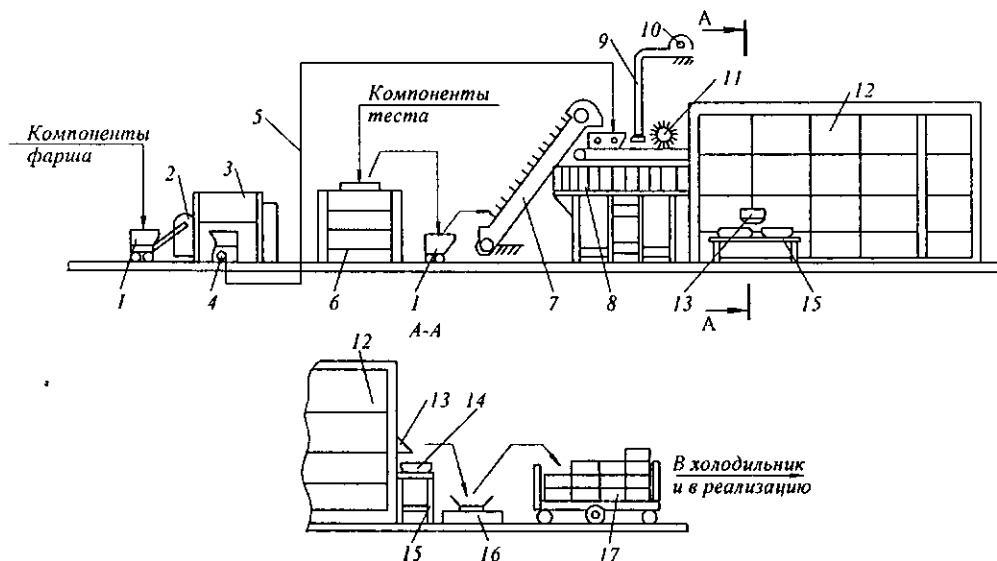


Рис. 3.19 Машинно-аппаратурная схема линии производства пельменей

Продолжительность охлаждения продукта на подмораживающем конвейере 6...12 мин, общая продолжительность процесса 15...40 мин.



Кому при начале дела упорно снится гром литавр,  
который венчает его,  
тот способен создавать лишь воздушные замки.  
БОРИСОВ ВАЛЕНТИН МИХАЙЛОВИЧ (р. 1924),  
ученый-востоковед

### 3.20 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНЫХ КОНСЕРВОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Мясные консервы – продукты с длительным сроком хранения, вырабатываемые из мяса и мясopодуков. Подразделяют на:

- мясные натуральные и рубленые («Говядина тушеная», «Свинина тушеная», «Баранина тушеная», «Завтрак туриста» свиной и говяжий и др.);
- из мясopодуков (фарши свиной, сосисочный, колбасный, любительский, колбасный куриный и др.);
- из субпродуктов (паштеты «Любительский», «Московский», «Особый»; «Язык в собственном соку» и др.);
- мясорастительные – из мяса и растительного сырья (капуста, макароны, рис, фасоль, горох и др.).

Из мясных консервов, являющихся продуктами полной кулинарной готовности, можно приготовить высокопитательные первые и вторые блюда, а также холодные закуски. Мясные консервы в зависимости от рецептуры и используемого сырья содержат практически все необходимые пищевые компоненты: белки, жиры, углеводы и минеральные вещества.



Мясные консервы – высококалорийные, компактные продукты питания, хранящиеся достаточно длительное время в неблагоприятных условиях без порчи. Основным сырьем при приготовлении консервов является говядина, свинина, баранина, конина, оленина, мясо кроликов и птицы, субпродукты, жировое сырье, яйца, молоко и молочные продукты.

К вспомогательным материалам относятся бобовые, крупяные, мучные продукты, посолочные ингредиенты, пряности и овощи. Из овощей в основном используют картофель, капусту, морковь. Для приготовления соусов и заливок применяют томат-пасту, томат-пюре и др. Из пряностей – гвоздику, перец, мускатный орех, корицу, лавровый лист, лук, чеснок, петрушку и укроп.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Для выработки мясных консервов допускается использовать мясо в охлажденном и размороженном виде. Не допускается использование парного мяса. При производстве натуральных консервов жилованное мясо нарезают на куски массой 30...120 г и закладывают в банку вместе с солью, специями и заливками. Тушки кроликов и птицы перед фасованием разрубают на куски массой до 200 г. Жир-сырец (для «Баранины тушеной» и «Говядины тушеной») измельчают на волчке с диаметром отверстий решетки 4...6 мм.

При перемешивании мясного сырья с ингредиентами вносят посолочные вещества. При изготовлении консервов «Завтрак туриста» сырье, измельченное на волчке мясо на куски массой 30...70 г, перемешивают в мешалке с солью, специями, сахаром, нитратом натрия и выдерживают при 4 °С в течение 3...4 сут. Использование рассолов (на 100 кг мяса 2,0...2,5 кг соли и 7,5 кг нитрата натрия в растворе) позволяет сократить продолжительность посола и повысить качество готового продукта.

Некоторые виды основного сырья и вспомогательных материалов перед использованием подвергают предварительной тепловой обработке: бланшированию, обжариванию, копчению и варке.

При фасовании вначале закладывают плотные составные части: соль, специи, жир-сырец, мясо, после чего в банку заливают жидкие компоненты – бульон и соус.

При фасовании жидкие и сыпучие компоненты дозируют машинами по объему с помощью мерных наполнительных цилиндров.

Взвешенные банки, наполненные содержимым, подают на закатку (присоединение крышки к корпусу). На закаточных машинах перед подачей крышки на прифальцовку ее маркируют (наносят специальные знаки, выдавливая металл внутрь банки). Сущность процесса закатки состоит в герметичном присоединении крышки к корпусу банки путем образования двойного закаточного шва.

Во время порционирования возникает опасность попадания воздуха в банку, кислород которого вызывает коррозию металла, замедляет процесс стерилизации, ухудшает качество продукта и сокращает сроки хранения консервов. Для этих целей используют методы вакуумирования (экспаустирования) содержимого банок перед закаткой: тепловой (нагревание паром при 80...85 °С или в ИК-камерах), механический (с помощью вакуум-насоса) и комбинированный. Глубина вакуума при экспаустировании поддерживается на уровне  $(3,3...6,6) \cdot 10^4$  Па.

Для подавления жизнедеятельности микроорганизмов в процессе производства консервов их стерилизуют. Нагрев мяса при температуре 120 °С в течение 5 мин уничтожает практически все виды спор. Стерилизацию проводят острым насыщенным паром без противодавления (для консервов в жестяной таре объемом до

500 см<sup>3</sup>) и водой, подогреваемой паром, с противодавлением (для консервов в стеклянной таре и в жестяных банках больших объемов).

После стерилизации консервы поступают на «горячую» сортировку, охлаждение и упаковывание. Охлаждение отсортированных банок осуществляют в специальных помещениях, предназначенных одновременно для хранения консервов.

Готовые консервы должны отвечать следующим требованиям:

Показатели	Высший сорт	1-й сорт
Массовая доля мяса и жира, %, не менее:	56,5	54
в том числе жира, не менее при закладке жира-сырца	10,5	–
при закладке жира топленого	8	8
Содержание хлорида натрия, %	1,0...1,5	1,0...1,5

**Стадии технологического процесса.** Производство мясных консервов состоит из следующих основных стадий:

- подготовка мясного сырья (обвалка и жиловка);
- измельчение мясного сырья;
- перемешивание с ингредиентами и посол;
- фасование и укупоривание (закатка) банок;
- стерилизация консервов и проверка на герметичность;
- сортирование, охлаждение и хранение продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки мясного сырья, состоящего из камеры размораживания, установки по обвалке мяса и емкости для сбора жилованного мяса.

Следующим идет комплекс оборудования для измельчения мясного сырья, состоящий из мясорезательной машины и волчка.

Основным является комплексе оборудования для перемешивания и посола мясного сырья, состоящий из мениалки, куттера и установки для перемешивания рассола.

Одним из важнейших является комплексе оборудования для фасования и укупоривания банок, включающий в себя дозаторы, фасовочную машину, весовое устройство и закаточную машину.

Далее следует комплекс оборудования для стерилизации консервов, состоящий из укладчика и стерилизатора.

Завершающим является комплексе финишного оборудования линии, включающий сортировочный стол, этикетировочную машину, машину для смазки банок вазелином и упаковочный стол.

На рис. 3.20 показана машинно-аппаратурная схема линии производства мясных консервов.

**Устройство и принцип действия линии.** Мясное сырье, поступающее в замороженном состоянии, размораживают при определенных условиях и направляют на конвейер 1 для обвалки и жиловки. Здесь происходит отделение мышечной, соединительной и жировой тканей от костей, а также отделение хрящей, жира, сухожилий, косточек и кровеносных сосудов.

Жилованное мясо поступает в мясорезательную машину 2, где оно измельчается на отдельные кусочки. По лотку 3 куски мяса направляются в дозатор мяса 4, а с помощью дозаторов для соли и перца 5 и жира 6 в определенных пропорциях подводятся соответствующие ингредиенты. После их контрольного взвешивания на весах 7 заполненные всеми компонентами банки подводятся в вакуум-закаточную машину 8, в которой операцию закатки проводят в вакуумной камере при вакууме 58...66 кПа.

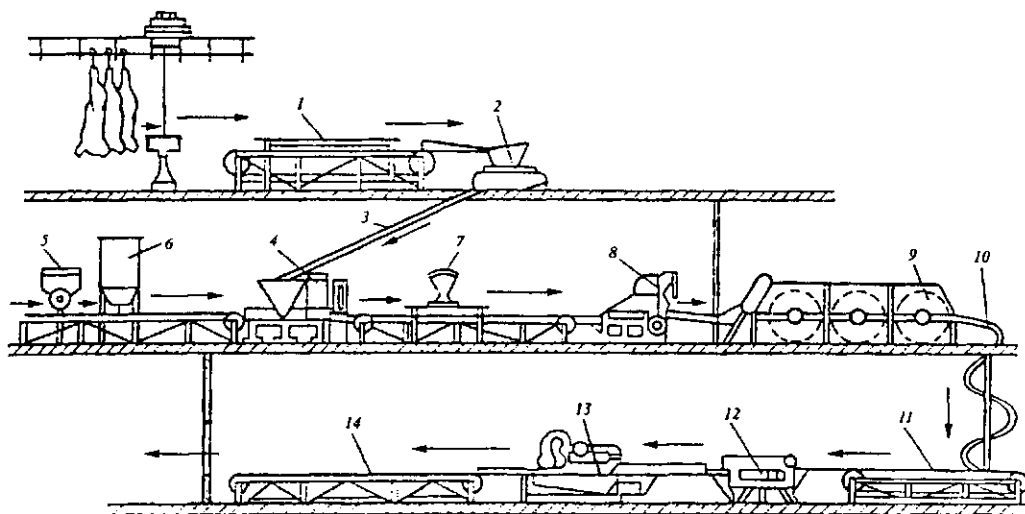


Рис. 3.20 Машино-аппаратурная схема линии производства мясных консервов

После закатки банки направляют в стерилизатор непрерывного действия 9, где консервы стерилизуют под давлением, превышающим давление насыщенных паров при температуре стерилизации 120 °С. С помощью лотка 10 прошедшие термообработку консервы поступают на стол сортировки 11 для обнаружения дефектов и негерметичности банок. После охлаждения на банки всех типов (за исключением литографированных) наклеивают бумажные этикетки с помощью этикетировочного автомата 12.

Консервы, предназначенные для дальнейшего хранения, во избежание коррозии покрывают антикоррозийной смазкой (техническим вазелином) на машине 13 для смазки банок и направляют на конвейерный стол 14. Банки, направленные непосредственно в реализацию, смазкой не покрывают.



Отдых после умственного труда — это не ничегонеделание, а труд физический, что не только приятно, но и чрезвычайно полезно. Необходимо чередовать труд умственный с физическим.  
**УШИНСКИЙ КОНСТАНТИН ДМИТРИЕВИЧ**  
(1824—1870).  
*русский педагог, публицист, писатель*

### 3.21 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНЫХ КОНСЕРВОВ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Мясные консервы являются одним из видов продуктов длительного хранения для детского питания. Для нормального функционирования детского организма пища должна содержать незаменимые, строго нормируемые пищевые и биологически активные вещества, к которым относятся белки и некоторые составные части жиров. Эти вещества не синтезируются в организме и отсутствие их вызывают симптомы недостаточности питания. Мясные консервы содержат 9...15 % белков и 6...15 % жиров.

Для детского питания выпускают мясные консервы следующих наименований: из мяса и субпродуктов крупного рогатого скота – «Малыш», «Малютка», «Язычок», «Пюре мясное детское»; из мяса цыплят – «Крошка», «Птенчик», «Бутуз». В рецептуры этих консервов кроме мясного сырья входят масло сливочное, крахмал, лук репчатый, пряности, соль, вода или мясной бульон и др. В зависимости от размера частиц рецептурных компонентов вырабатывают гомогенизированные, пюреобразное или крупноизмельченные продукты.

Качество готовой продукции определяется по органолептическим (внешний вид, цвет, вкус, запах и др.) и физико-химическим (химический состав, кислотность, зольность и др.) показателям, а также по показателям безопасности. К последним относятся результаты анализов, подтверждающие отсутствие консервантов, токсичных элементов, пестицидов, нитратов и микотоксинов, в число которых входит патулин.

Мясным сырьем продуктов детского питания являются говядина, телятина, свинина, курятина и некоторые субпродукты (язык, печень, мозги). Наибольшую ценность в пищевом и вкусовом отношении представляет мышечная ткань, образующая мускулатуру животного и являющаяся наиболее полноценной по химическому составу. Мясные консервы для питания детей первого года жизни производят из говядины молодняка первой категории упитанности, имеющее высокое вкусовое содержание полноценного белка и невысокое – жира, который не усваивается организмом ребенка.

Все мясное сырье должно отвечать критериям безопасности, которые установлены требованиями и нормами Минздравов РФ и РБ. Критериями безопасности мяса являются результаты анализов, подтверждающие отсутствие вредных веществ: токсичных элементов, афлатоксина В1, антибиотиков, гормональных препаратов и нитрозаминов.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В России и Беларуси потребность в специализированных продуктах питания для детей удовлетворяются лишь на 25...40 %. Решение проблемы в долгосрочной перспективе заключается в реконструкции действующей и строительстве новых, высокомеханизированных заводов по производству консервов для детского питания.

Консервы для детского питания должны вырабатываться на специализированных консервных предприятиях или в цехах с высокой технической и санитарной культурой производства. Технологический процесс изготовления консервов для детского питания должен осуществляться непрерывно. В случае работы отдельных машин и аппаратов в периодическом режиме пребывания продукта на линии между двумя последующими операциями не должно превышать 30 мин. Работа технологических цехов по выработке готовой продукции разрешается проводить в две смены. Третья смена должна быть предназначена для санитарной обработки и дезинфекции оборудования и инвентаря.

Особенность производства мясных консервов для детей заключается в необходимости предварительной термообработке – бланширования мяса, а также измельчение, деаэрации и пастеризации рецептурной смеси.

Для *бланширования* куски мяса или тушки кур погружают в кипящую воду. При температуре воды 98...100 °С продолжительность бланширования составляет от 5 до 30 мин в зависимости от размера кусков и вида мясного сырья. Для бланширования непрерывным пароконтактным способом куски мяса измельчаются в волчке. При бланшировании происходит частичный гидролиз соединительной ткани (кал-

логенов) и образование водорастворимого глютина, что улучшает структуру мяса и способствует его лучшему усвоению организмом.

Степень *измельчения рецептурной смеси* зависит от вида вырабатываемых консервов. При изготовлении крупноизмельченных консервов бланшированное мясное сырье измельчают в волчке, имеющем решетку с диаметром отверстия 2...3 мм. Затем дозируют в смеситель необходимые порции рецептурных компонентов, включая измельченное мясное сырье, и после тщательного перемешивания получают готовую рецептурную смесь.

При изготовлении пюреобразных консервов массу, полученную при смешивании всех компонентов, вторично измельчают на волчке с диаметром отверстия решетки 1,5 мм или пропускают через дезинтегратор (микрокуттер), обеспечивающий получения частиц продукта размером 1...1,5 мм. При выработке гомогенизированных мясных консервов вторичное измельчение рецептурной смеси доводят до размера частиц 0,15...0,20 мм. После этого измельченную массу гомогенизируют с целью получения однородной устойчивой консистенции продукта без отделения жира и влаги.

*Деаэрацию* выполняют для удаления воздуха из измельченной рецептурной смеси. Он попадает в продукт при измельчении и других процессах переработки, кроме того, воздух содержится в межклеточных полостях сырья. Наличие воздуха может привести к нежелательным окислительным процессам в продукте при его хранении. Воздух удаляется при распылении продукта в вакуумной камере при разрежении 0,07 МПа.

Для *пастеризации* деаэрированной рецептурной смеси продукт нагревают до 80 °С в течение 30...40 с. Нагревание продукта перед фасованием уничтожает большую часть вегетативной микрофлоры и облегчает последующую стерилизацию консервов в банках.

Основной ассортимент консервов для детского питания предназначен для детей в возрасте до трех лет, меньшую группу составляют консервы для детей старше трех лет и школьников, питание которых более приближено к рациону питания взрослого человека.

**Стадии технологического процесса.** Производство мясных консервов для детского питания состоит из следующих стадий и основных операций:

- подготовка мясного сырья (осмотр, мойка, обвалка, жиловка);
- подготовка сливочного масла, крахмала, соли, лука (очистка, растапливание, фильтрование или просеивание);
- приготовление бульона и пассирование лука;
- получение и бланширование крупноизмельченного мясного сырья;
- приготовление, тонкое измельчение и деаэрирование рецептурной смеси (дозирование рецептурных компонентов, смешивание, повторное измельчение, гомогенизация, деаэрирование);
- мойка, санитарная обработка, накопление и подача порожних консервных банок;
- пастеризация и упаковывание рецептурной смеси;
- стерилизация продукта, упакованного в оформленные банки и контроль банок с продуктом, упаковывание банок в транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки мясного сырья, сливочного масла, крахмала и других компонентов, а также приготовления бульона (на машинно-аппаратурной схеме этот комплекс не показан). Второй комплекс оборудования для получения и бланширо-

вания крупноизмельченного мясного сырья содержит волчок, эмульсатор, бланширователь и сепаратор.

В состав ведущего комплекса входят дозаторы рецептурных компонентов, месильная машина (фаршемешалка), дезинтегратор, гомогенизатор, деаэратор, пастеризатор рецептурной смеси и фасовочная и закаточная машины, стерилизатор. Линия завершается комплексом оборудования, включающим маркировочную машину и инспекционный конвейер и машину для упаковки банок с консервами в транспортную тару.

На рис. 3.21 показана машинно-аппаратурная схема линии производства пюреобразных мясных консервов для детского питания.

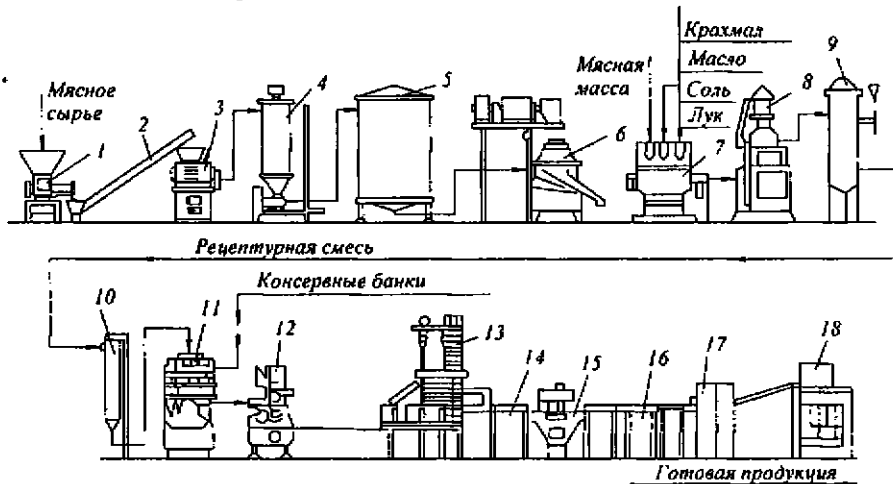


Рис. 3.21 Машинно-аппаратурная схема линии производства пюреобразных мясных консервов для детского питания

**Устройство и принцип действия линии.** Мясное сырье подвергают внешнему осмотру, туалету, обвалке и жиловке. Замороженное мясо предварительно дефростируют на воздухе. Хранение жилованного мяса свыше двух часов не допускается. Сливочное масло зачищают от бумаги и окисленного поверхностного слоя, растапливают и фильтруют через сита с диаметром отверстий 0,7...0,8 мм.

Соль пропускают через просеиватель с магнитным уловителем с размером отверстий сит не более 3 мм. Жилованное мясное сырье, охлажденное или замороженное в блоках, измельчают на волчке 1 с решетками, имеющими отверстия диаметром 5...6 мм, и направляют конвейером 2 в эмульсатор 3, куда добавляют воду с температурой 70...80 °С в количестве 35...45 % от массы мяса, и подают пар, чтобы нагреть массу до 60...75 °С.

Полученную смесь мясного сырья с водой насосом подают для бланширования в аппарат непрерывного действия для пароконтактного нагрева 4, где масса разбрызгивается распределительным устройством, расположенным в верхней части аппарата, и нагревается острым паром под давлением 0,5...0,6 МПа. Пар проходит предварительную очистку от всех загрязнений на специальном фильтре. Температура нагревания, давление пара и масса продукта на входе и выходе из аппарата регулируются автоматически.

При пароконтактном способе продолжительность бланширования ограничивается 45...120 с, продукт входит в непосредственный контакт с очищенным паром,

имеющим температуру 120...140 °С. При этом мясо быстро (мгновенно) нагревается по всему объему, значительно сокращаются потери экстрактивных и биологически активных веществ, качество продукта улучшается. Такой способа бланширования позволяет интенсифицировать процесс термической обработки и повысить биологическую ценность готового продукта.

Из аппарата 4 масса выгружается через редукционный клапан насосом в вакуумный охладитель 5 для мгновенного охлаждения, где поддерживается давление ниже атмосферного. При этом происходит интенсивное самоиспарение и температура продукта понижается до 98...100 °С. Из охладителя 5 масса поступает в сепаратор 6, где отделяется жидкая фракция.

После этого мясная масса поступает в рецептурно-смесительную установку 7, в месильную емкость – фаршемешалку которой дозируют все предварительно подготовленные компоненты в соответствии с рецептурой. Фаршемешалки имеют два режима работы: перемешивание и выгрузка. После окончания перемешивания масса выгружается через открытый люк фаршемешалки. Система управления дозаторами мясного сырья, а также жидких компонентов и выгрузкой приготовленной массы из фаршемешалок – электропневматическая. Фаршемешалки установлены с разворотом на 90° одна относительно другой и обращены люками выгрузки к дезинтегратору 8. Из фаршемешалок масса подается в дезинтегратор для тонкого измельчения до размеров частиц продукта 1,0...1,5 мм, затем на дезинтеграцию.

Деаэратор 9 состоит из вакуумной камеры, имеющей цилиндрическую и коническую части и крышки. Для эффективного удаления газовой фазы из мясной массы в деаэраторе использован конусный распределитель, обеспечивающий тонкоплечный гидродинамический режим течения мясной массы. Деаэратор снабжен водокольцевым вакуумным и роторным насосами. Роторный насос заблокирован с датчиком верхнего и нижнего уровня массы в деаэраторе: при достижении верхнего уровня насос включается, при понижении уровня до нижнего – отключается. Роторный насос выгружает деаэрированную массу в продуктовую зону теплообменного аппарата 10 с очищаемой поверхностью.

В теплообменном аппарате 10 происходит нагрев мясной массы при интенсивном ее перемешивании с помощью скребков ротора, которые очищают поверхность нагрева и способствуют интенсивному нагреву продукта. Аппарат имеет два контура автоматизации: дистанционный контроль и автоматическое регулирование температуры массы на выходе из теплообменника.

Из теплообменного аппарата 10 пастеризованная масса немедленно поступает в фасовочную машину 11 и дозируется в банке вместимостью 90 или 100 г из лакированной белой жести или алюминия. Наполненные банки укупоривают на вакуумзакаточной машине 12, обеспечивающей создание вакуума в верхнем незаполненном пространстве банки, и передают в стерилизатор 13. Разрыв во времени между наполнением банок и началом стерилизации не должен превышать 30 мин. Общая продолжительность процесса переработки от окончания бланширования мяса до подачи банок на стерилизацию не должна превышать 1,5 ч. Стерилизуют мясные консервы для детского питания при температуре 120 или 125 °С. Из стерилизатора 13 банки конвейером 14 подаются в маркировочную машину 15, затем подвергаются контролю на инспекционном конвейере 16 и укладываются в ящики на машине 17. С помощью машины 18 ящики с консервами загружают на поддоны для перевозки на склад.



В работе мысли есть радость, захватывающая дух, сила, гармония.  
**ВЕРНАДСКИЙ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ**  
(1863–1945), естествоиспытатель, основоположник учения о ноосфере, академик АН СССР

### 3.22 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА РЫБНЫХ ПРЕСЕРВОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Пресервами называют нестерилизованные консервы, срок хранения которых существенно меньше, чем у стерилизованных консервов.

В качестве сырья применяют балтийскую, черноморскую кильку, мойву, хамсу, сельдь, скумбрию и другие рыбы. Сырье по физико-химическим и органолептическим показателям должно отвечать требованиям стандарта для первого сорта, в частности, соответствовать требованиям относительно содержания жира в мясе сырья: для атлантической сельди, сельди-иваси, курильской скумбрии не менее 12 %, тихоокеанской сельди, скумбрии дальневосточной – не менее 6 %, мойвы – не менее 4 %.

Для заливки применяют рассол или соус (маринад), содержащие поваренную соль, уксус, вкусовые и ароматические добавки. Некоторые виды пресервов заливают растительным маслом: оливковым или подсолнечным рафинированным и добавляют антисептическое вещество – бензойнокислый натрий.

Пресервы выпускаются в основном в жестяных банках различной вместимости и конфигурации, а также в стеклянной и полимерной таре.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Для изготовления пресервов используют полуфабрикат простого, пряного и специального посолов или маринованный с массовой долей соли не более 10 %. Способ разделки полуфабриката зависит от вместимости тары.

В крупной таре вместимостью от 1,3 кг и более обычно вырабатывают пресервы из неразделанного или разделанного соленого полуфабриката, залитого рассолом. Разделку выполняют для получения полупотрошенной, обезглавленной или тушки рыбы. Для полупотрошения рыбе надрезают брюшко у грудных плавников и частично удаляют внутренности. Допускается частичное удаление внутренностей через жаберную щель. При обезглавливании у рыбы отрезают голову с плечевыми костями касательно жаберных крышек и удаляют ее вместе с пучком внутренностей. При разделке рыбы на тушку удаляют голову поперечным срезом касательно жаберной крышки, киль брюшка, плавники, чешую, внутренности, включая ястыки, икру или молоки.

В банках малой вместимости обычно вырабатывают пресервы из филе сельдевых рыб с заливкой соусом или растительным маслом. При разделке на филе тушку разрезают ровным срезом на две продольные половинки вдоль позвоночника, удаляют позвоночные и реберные кости, отрезают киль брюшка, снимают кожу. Для некоторых видов рыб допускается у филе оставлять кожу, например для кусочков сельди тихоокеанской, скумбрии в различных соусах и заливках, кусочков сардины в натуральном тузлуке. При разделке на филе-кусочки филе разрезают на поперечные куски шириной, равной внутренней высоте банки или на 4...5 мм менее ее, при укладке плашмя – шириной не более 3 см.

Пресервы готовы к пищевому использованию без кулинарной обработки. Благодаря обработке сырья и применению вкусовых добавок, в пресервах улучшены естественные вкусовые достоинства рыбы.



**Стадии технологического процесса.** Основными стадиями и операциями производства рыбных пресервов являются:

- мойка рыбы – полуфабриката;
- сортирование, разделка рыбы (на обезглавленную, тушку, филе, кусочки);
- приготовление консервирующей смеси, соусов и гарниров, масел;
- подготовка и подача порожних консервных банок (тары);
- дозирование и фасование в банки рыбных заготовок и заливок (рассола, соуса, маринада, масла и т. п.);
- контролирование и укупоривание консервных банок, заполнение продуктом;
- оформление внешнего вида укупоренных банок и упаковывание их в транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Состав оборудования линии производства пресервов зависит от технологии обработки рыбы перед ее укладкой в тару и вида тары. Во многих случаях одно и то же оборудование может применяться для различных видов пресервов. Линия начинается с комплекса оборудования для обработки полуфабрикатов и получения рыбных заготовок, в состав которого входят моечные, филетировочные, шкуроеъемные и другие машины для разделки рыбы. В следующий комплекс входит машина для мойки порожних банок и система конвейеров для транспортирования и накопления этих банок. В линию включено оборудование дозирования рецептурных компонентов и приготовления консервирующих смесей, соусов, маринадов, гарниров, масел и других заливок.

Ведущим является комплекс оборудования для получения консервных банок, заполненных продуктом, содержащий оборудование для дозирования рыбных заготовок и заливок, фасовочные, наполнительные, закаточные и укупорочные машины, контрольные весовые устройства. В завершающий комплекс оборудования входят устройства для мойки и сушки заполненных банок, этикетировочные машины и укладчик банок в транспортную тару – ящики.

На рис. 3.22 представлена машинно-аппаратурная схема линии производства пресервов в виде кусочков филе с различными заливками.

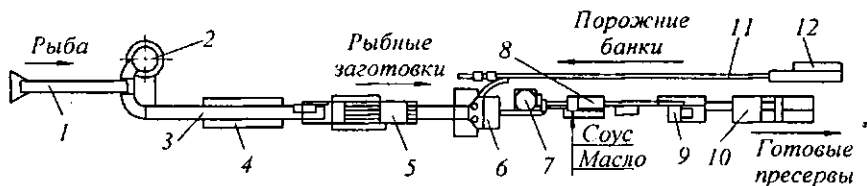


Рис. 3.22 Машинно-аппаратурная схема линии производства рыбных пресервов

**Устройство и принцип действия линии.** Комплекс разделочного оборудования данной линии предназначен для переработки двух видов полуфабрикатов: солевой неразделанной сельди или разделанной на тушку скумбрии. При производстве пресервов из сельди соленый полуфабрикат по лотку 1 направляют на приемный вращающийся стол филетировочной машины 2. В ней выполняется разделка рыбы на филе тушки: удаляют головы, плавники, чешую, внутренности, включая ястык, икру и молоку; тушку разрезают на две продольные половинки вдоль позвоночника, удаляют позвоночные и реберные кости, отрезают киль брюшка. Соленый разделанный полуфабрикат промывают в солевом растворе плотностью 1,03...1,06 г/см<sup>3</sup>.

Массовое соотношение солевого раствора и рыбы 2 : 1, при температуре солевого раствора не более 15 °С.

После филетирования ленточным конвейером 3 филе тушки сельди передается на конвейер 4 для инспекции и ручной дозачистки, оборудованный рабочими местами.

При производстве пресервов из скумбрии сырье подается системой ленточных конвейеров 3, минуя филетировочную машину 2 на конвейер 4 для ручной разделки на филе.

Полученные филе тушки укладывают шкурой вниз на приемный конвейер шкуроръемной машины 5. В ней с тушек снимают шкуру, затем их разрезают на кусочки и ленточным конвейером направляют на приемный стол фасовочной машины 6. В эту машину с накопительного конвейера 11 подают порожние консервные банки, вымытые в машине 12.

В машине 6 филе загружается в рыбоводы, дозируется порциями и фасуется в консервные банки, которые затем поступают на весоконтрольное устройство 7. С него отбракованные банки подают на пластинчатый конвейер, снабженный рабочими местами с весами для ручного исправления массы рыбы в банках.

Одновременно с подготовкой рыбы проводится приготовление соуса.

Банки, содержащие порции рыбы нормативной массы, пластинчатым конвейером загружают в дозирочно-наполнительную машину 8, в которой фасуют заданную дозу соуса (заливки). При необходимости закладывают гарнир или подают растительное масло.

Заполненные продуктом консервные банки укупоривают в безвакуумной закаточной машине 9.

Оформление внешнего вида укупоренных банок и их упаковывание в транспортную тару выполняют с помощью комплекса оборудования 10, в состав которого входят устройства для мойки и сушки банок, этикетировочные машины и укладчик банок в ящики.

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Линии сборки компонентов из сельхозсырья представляют собой технологические линии вторичной переработки, в которых исходное сырье на переработку поступает в виде однородных по составу, размерам и текстуре пищевых сред.*

*2. Ведущими операциями процесса сборки пищевых продуктов из компонентов являются дозирование и смешивание рецептурных ингредиентов, а также их формование и упаковка.*

*3. Линии вторичной переработки сельхозсырья универсальны, на них можно изготавливать широкий ассортимент изделий, различающихся по составу и форме; номенклатура готовой продукции этих линий в течение технологического цикла однотипна.*

*4. Одно из приоритетных направлений развития линий может быть определено как создание машин и аппаратов, в которых процессы легко поддаются автоматизации и агрегатированию этого оборудования.*

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова принципиальная основа вторичной переработки сельхозсырья в технологических линиях?
2. Какие стадии технологического процесса составляют основу производства хлеба из пшеничной и ржаной муки?
3. Какой комплекс оборудования является ведущим при производстве сдобных сухарей?
4. Каковы особенности производства и потребления макаронных изделий?
5. Что является исходным сырьем в производстве сахарного печенья?
6. Чем отличаются стадии технологического процесса в производстве сахарного и затяжного печенья?
7. Какова характеристика готовой продукции, сырья и полуфабрикатов в производстве вафель?
8. В чем различие ведущего и завершающего комплексов оборудования в производстве карамели?
9. В чем заключаются особенности производства в линии производства помадных конфет?
10. Какие стадии технологического процесса обеспечивают качественное производство кваса?
11. Из каких комплексов оборудования состоит линия производства пива?
12. Чем отличаются стадии технологического процесса при производстве водки периодическим и непрерывным способом?
13. Какой комплекс оборудования является завершающим в линии вторичного виноделия?
14. Какой наиболее энергоемкий комплекс оборудования в линии производства газированных безалкогольных напитков?
15. Что является исходным сырьем в производстве майонеза?
16. Каковы особенности производства и потребления маргарина?
17. Какова характеристика готовой продукции, сырья и полуфабрикатов при производстве вареных и копченых колбас?
18. Каково устройство и каков принцип действия линии производства пельменей?
19. Какие машины и аппараты входят в линию производства мясных консервов?
20. Какие технологические операции являются общими при производстве консервов различных видов?



Наука никогда не решает вопроса,  
не поставив при этом десятки новых.  
ШОУ ДЖОРДЖ БЕРНАРД (1856–1950),  
английский писатель

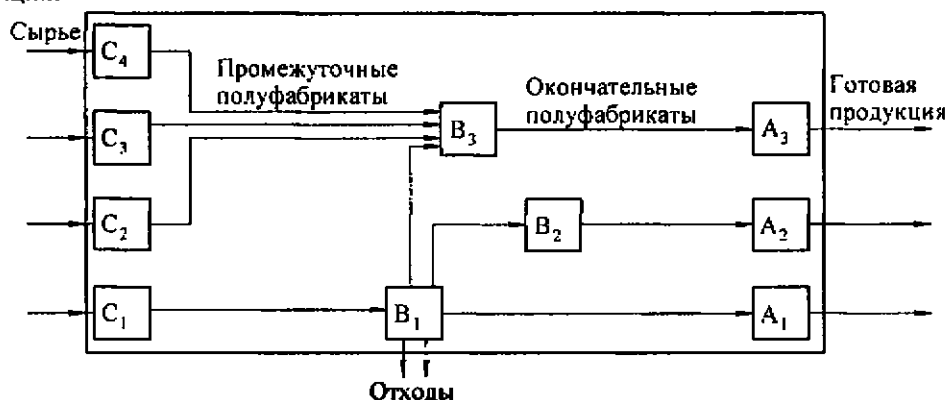
## Глава 4

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПУТЕМ КОМБИНИРОВАННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

В линиях для комбинированной переработки комплексно используется разделение пищевых сред путем разборки сельхозсырья с последующей его сборкой для образования многокомпонентных пищевых сред. При этом на определенных стадиях технологического процесса выполняются операции соединения и формования пищевых сред.

В общем виде оборудование линий для производства пищевых продуктов путем комбинированной переработки сельскохозяйственного сырья можно сгруппировать в виде комплексов, показанных на структурной схеме.

В состав линии входит комплекс  $C_1$  для подготовки к первичной переработке одного из видов сельхозсырья и несколько комплексов  $C_2, C_3$  и т.д. для подготовки вторичного сырья. При помощи машин и аппаратов, входящих в состав комплексов  $B_1, A_1$  и  $B_2, A_2$ , осуществляется выпуск продукции, полученной путем разборки исходного сырья. Комплексы оборудования  $B_3, A_3$  предназначены для выпуска сборной продукции.



Структурная схема технологической линии для производства пищевых продуктов путем комбинированной переработки сельскохозяйственного сырья



...Человек, вкладывающий в работу всю свою душу, всегда успевает больше, нежели человек, интересы которого не связаны непосредственно с его занятием.

*МАКСВЕЛЛ ДЖЕЙМС КЛЕРК (1831–1879),  
английский физик*

#### 4.1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНСЕРВОВ «ЗЕЛЕНЬ ГРОШЕК»

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Консервы «Зеленый горошек» представляют собой приготовленные соответствующим образом свежие, быстрозамороженные или сушеные зерна зеленого горошка, фасованные в стеклянные или металлические банки, залитые раствором поваренной соли и сахара, герметически укупоренные и стерилизованные.

Консервы из зеленого горошка относятся к числу основных овощных натуральных консервов и составляют свыше 40 % их общей выработки. Они обладают высокими пищевыми и вкусовыми достоинствами и относятся к группе консервов повышенной биологической ценности по содержанию полноценного белка, углеводов, витаминов, минеральных веществ, незаменимых и легко усвояемых аминокислот. Их употребляют в пищу в виде самостоятельного продукта или в виде гарниров.

Сырьем для производства консервов являются зерна незрелого горошка мозговых сортов «Альфа», «Воронежский зеленый», «Ранний грибовский 11» и др. в молочной или технической стадии зрелости (в период максимального накопления сахара и витаминов и минимального количества крахмала).

Консервированный зеленый горошек выпускают трех товарных сортов: высшего, первого и столового. Их различают по внешнему виду, цвету, вкусу и запаху, консистенции зерен, состоянию рассола. Так, во всех сортах консервов зерна должны быть целыми, без примесей оболочек зерна и кормового гороха коричневого цвета. Для высшего сорта допускается наличие 3 % битых зерен по отношению к массе горошка, для первого сорта – 5 %, а также единичных обрывков стручков и створок, для столового – 7 %, а также единичных обрывков стручков и створок, зерен кормового гороха не более 4 шт. на каждые 500 г консервов.

По цвету для высшего и первого сортов зерна должны быть однородными, зелеными. Для столового сорта допускается неоднородность по цвету. Консистенция зерен для высшего сорта должна быть мягкая, однородная, для первого – мягкая, неоднородная, для столового – более плотная, неоднородная.

Рассол должен быть прозрачным, характерного цвета с зеленоватым или оливковым оттенком. Допускается для высшего сорта небольшой осадок, для первого – слабая мутность и небольшой крахмалистый осадок, для столового – мутность, крахмалистый осадок.

Масса горошка от массы нетто консервов всех сортов должна быть не менее 65 %, массовая доля поваренной соли – 0,8...1,5 %, pH – не менее 5,6.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Особенности переработки зеленого горошка обусловлены весьма ограниченными сроками хранения скошенной стручково-стебельной массы растений и очищенных зерен зеленого горошка. Продолжительность хранения стручково-стебельной массы с момента скашивания до получения зерен горошка (обмолота) не должна превышать 12 ч. Срок хранения горошка после обмолота до переработки не должен превышать 2 ч.

Поэтому переработка зеленого горошка – единый технологический процесс, который может быть представлен в виде трех последовательно взаимодействующих этапов: скашивание и транспортирование зеленой массы, первичная переработка зеленого горошка, вторичная переработка для получения из него консервов.

Устаревшим является способ доставки на консервный завод целых стручков в ящиках с последующим обмолотом. Он связан с повышенными потерями и низким качеством сырья.

Современный способ предусматривает механизированную уборку и доставку стручково-стебельной массы на стационарный пункт первичной переработки зеленого горошка. Здесь производят обмолот, очистку и мойку зерна, а затем погрузку зерна в автоцистерны с водой или контейнеры типа «лодочка», либо в самосвалы для доставки зерна на предприятия вторичной переработки.

Более прогрессивным способом уборки и первичной переработки зеленого горошка является комбайновый метод, который в последние годы находит все большее применение. В основном используются самоходные комбайны. При движении по полю комбайн счесывает с растений бобы вместе с частями стеблей и листьями, масса транспортером направляется в молотильный барабан и обмолачивается, выделяя зерно, которое затем на системе очистительных устройств очищается от растительных примесей. Наличие высокопрочной нейлоновой сетки в грохоте барабана снижает повреждение зерна по сравнению с традиционными молотилками. Очищенное зерно поступает в бункер комбайна, после чего выгружается в самосвалы и направляется на дальнейшую переработку на предприятие.

Продление периода производства консервированного горошка обеспечивают за счет резервирования зеленого горошка. Удлинение сроков хранения дает возможность создать резерв для более равномерной его переработки. Для этого при первичной переработке применяются следующие виды консервирования горошка: охлаждение, обработка антимикробными препаратами, замораживание и сушка.

При резервировании горошка в охлажденном состоянии зерно после мойки и очистки подается в крупнотоннажные металлические резервуары вместимостью 5...15 т, куда поступает охлажденная до температуры 1...4 °С вода, горошек выдерживают в ней 4...5 мин, затем воду спускают и повторяют охлаждение новой порцией воды. Охлаждение проводят до температуры 6 °С, после чего воду сливают. Срок хранения зерна в резервуарах в неохлаждаемых помещениях: в цехах или на сырьевых площадках – до 24 ч, в охлаждаемых помещениях при температуре 0...2 °С – до 7 сут.

Кратковременное резервирование можно провести с использованием раствора гипохлорита натрия. Выдержку проводят в рабочем растворе гипохлорита натрия, содержащего 100...150 мг/дм<sup>3</sup> активного хлора, при температуре не более 16 °С в соотношении зерна и раствора 2 : 1 в течение 10 мин. После удаления раствора зеленый горошек допускается хранить не более 16 ч.

При резервировании в замороженном состоянии зерно после мойки и очистки поступает на бланширование для инактивации ферментов при температуре воды 45...86 °С в зависимости от степени зрелости в течение 4 мин, затем охлаждается водой до 30...35 °С и подается в скороморозильный аппарат, где замораживается до минус 18 °С, фасуется в контейнеры и хранится в камерах с температурой ми-

нус 18 °С. Срок хранения при этом до 1 года. Если срок хранения горошка сокращен до 1 мес допускается замораживание без бланширования.

При резервировании горошка в сушеном виде ботву скашивают в валки в поле, оставляют ее для сушки в естественных условиях. Высушенное до 14 % влажности зерно обмолачивают зерновыми комбайнами с валка, очищают, фасуют в тканевые мешки и отправляют на хранение. Гарантийный срок хранения – 10 мес.

Основное консервирование зеленого горошка производят при его вторичной переработке путем тепловой стерилизации. Для этого горошек с рассолом фасуется в герметически укупориваемую тару и подвергается тепловой обработке. Под действием высокой температуры инактивируются ферменты консервируемого продукта; микроорганизмы, находящиеся внутри тары, погибают, находящиеся же извне благодаря герметичности тары не могут попасть внутрь в процессе хранения, поэтому законсервированный таким образом продукт может сохраняться в течение многих лет.

**Стадии технологического процесса.** Первичную переработку и консервирование зеленого горошка можно разделить на следующие основные стадии и операции:

- получение зерна зеленого горошка;
- очистка и мойка зерна;
- бланширование зерна;
- охлаждение и инспекция качества зерна;
- приготовление рассола;
- фасование зерна горошка и рассола в банки;
- укупоривание (герметизация) банок, заполненных продуктом;
- стерилизация упакованного продукта;
- подготовка и упаковывание банок с готовым продуктом в транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Поточная линия производства консервированного зеленого горошка начинается с комплекса оборудования для первичной обработки горошка, включающего горохомолотилки, вибросито, моечно-сортировочную машину, лепесткоотделитель, сборники и систему конвейеров для транспортирования зеленой массы, зерна или отходов. Этот комплекс может входить как в состав линии, так и размещаться на полевом автономном пункте первичной переработки зеленого горошка. Во втором случае линия начинается с комплекса оборудования для приемки, очистки, мойки сырья, в состав которого входят приемный и смесительный баки, машины для очистки зерна горошка от растительных и минеральных примесей.

В состав линии входит также установка для приготовления рассола и машины для подготовки потребительской тары – консервных банок.

Ведущим является комплекс оборудования для получения банок с горошком, заполненных рассолом. В состав комплекса входят водоотделитель, бланширователь, машина для мойки и охлаждения бланшированного горошка, сортировочная машина, инспекционный конвейер и машины для наполнения банок зеленым горошком и рассолом.

Завершающий комплекс оборудования линии состоит из укупорочной машины, аппарата для стерилизации банок с продуктом, машины для мойки и сушки банок, этикетировочной и упаковочной машины.

На рис. 4.1 показана обобщенная машинно-аппаратурная схема линии производства консервов «Зеленый горошек» (из свежего сырья) без разделения ее на по-

левой и заводской цикл, т.е. минуя этап транспортировки и резервирования сырья тем или иным способом.

**Устройство и принцип действия линии.** Необмолоченную ботву с помощью вилочного и других типов погрузчиков, подающих конвейеров и специальных приспособлений равномерно загружают во включенные горохомолотилки 1. Отходы после молотилок удаляются скребковым конвейером 2. Обмолоченное зерно зеленого горошка ленточным 3 и ковшовым 4 конвейерами передают на вибрационное сито 5, а затем в веялку 6. Здесь удаляются оставшиеся после обмолота в массе зерна легкие примеси.

Из веялки 6 через автоматические весы зерно поступает в флотационную моечно-сортировочную машину 7. В ней в потоке воды отделяются тяжелые и легкие примеси, после чего с помощью насоса 8 по трубопроводу 9 горошек через машину для отделения лепестков 10 загружают в сборник 11.

При отправке на консервирование горошек транспортируют слоем не более 60 см в крупнотоннажных контейнерах типа «лодочка» 12 вместимостью 3...4 т или в самосвалах. Соотношение зерен горошка и воды при транспортировке должно быть 2 : 1, температура воды в момент заполнения должны быть не более 16 °С. В целях снижения микробиальной обсемененность и сохранения качества рекомендуется добавлять в воду раствор гипохлорита натрия.

Для получения консервов зеленый горошек разгружается в приемный бункер 13, затем в смесительный бак 14 с водой, а оттуда смесь горошек-вода насосом 15 перекачивается в машину 16 для отделения зерна от листьев. Транспортирующая вода возвращается по трубопроводу в приемный бункер 13.

Далее зеленый горошек поступает в двухбарабанную моечную машину 17 для отделения крупных и мелких примесей. После этого во флотационной моечной машине 18 отделяются примеси, плотность которых больше или меньше плотности зерна. Затем горошек конвейером 19 подается на барабанную сортировочную машину 20, после чего зерно собирается в сборнике, откуда по гидрожелобу подается в смесительный бак 21. Смесь вода-горошек по трубопроводу насосом 22 перекачивается в водоотделитель 23. Из него горошек подается в бланширователь 24.

Бланширование – кратковременное воздействие тепла на поверхностные слои продукта. Бланширование производится в горячей воде (температура 75...90 °С) в течение 2...5 мин для разрушения окислительных ферментов, что способствует лучшему сохранению цвета горошка, а также для удаления всех загрязнений, слизи, клейстеризованного крахмала, выделяющегося на оболочке зерен, а также частичек крахмала из разбитых зерен. Если этого не сделать, то прозрачный рассол, которым впоследствии заливают зеленый горошек в банке, при стерилизации помутнеет; с этой же целью бланшированный горошек промывают холодной или горячей водой.

Обработку горошка водой сначала проводят в моечно-охлаждающей машине 25, а затем обливают струйками воды в прутковом селекторе 26 и подают на инспекционный конвейер 27. На нем отбирают поврежденные битые зерна и посторонние примеси. Горошек должен быть распределен на ленте тонким ровным слоем. Скорость движения ленты конвейера 27 составляет 6...9 м/мин.

С целью снижения микробиальной обсемененности зеленого горошка после инспекции следует осуществлять душевое ополаскивание при помощи устройства 28, увеличив перфорацию ковшеи конвейера 29 для обеспечения стока воды перед загрузкой в бункер наполнителя 30.



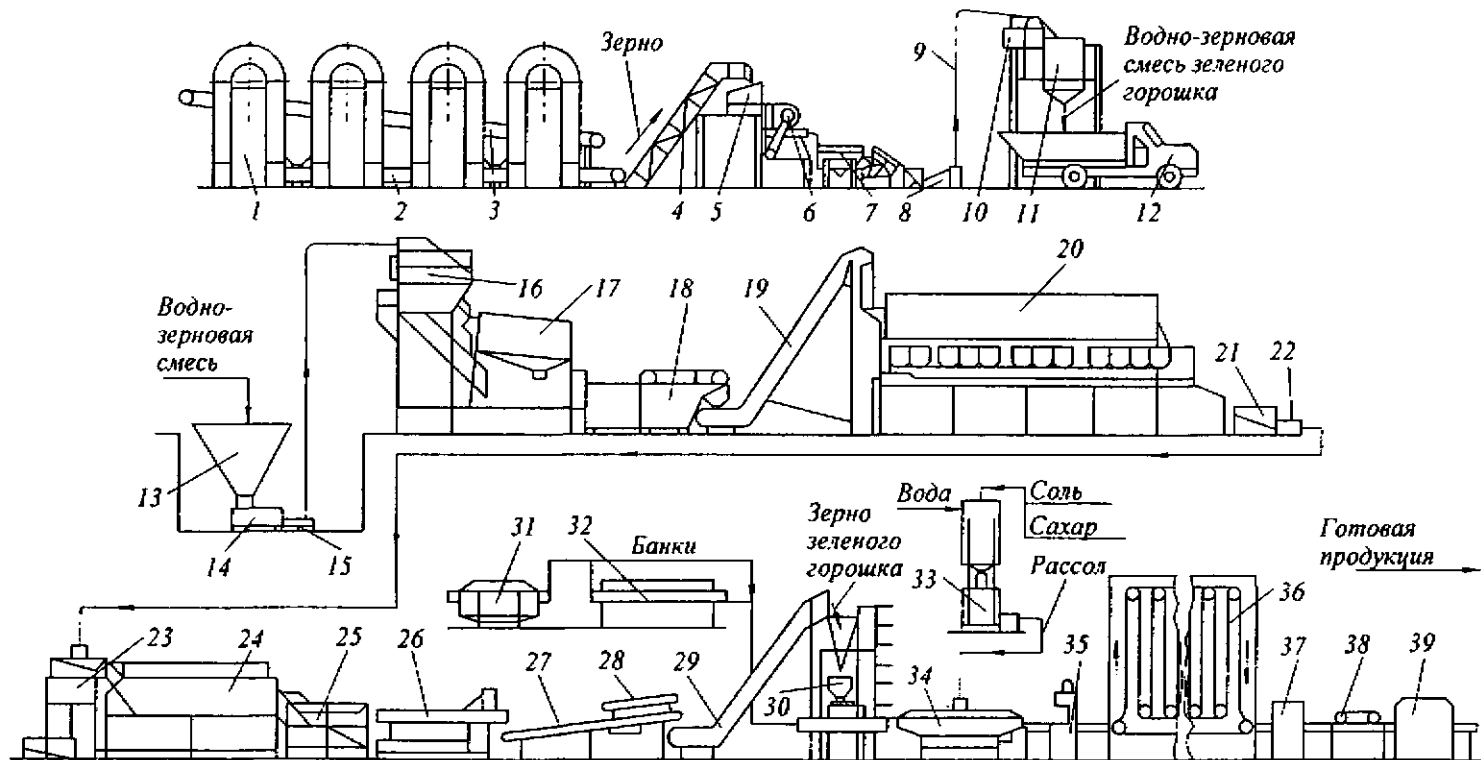


Рис. 4:1 Машинно-аппаратурная схема линии производства консервов «Зеленый горошек»

Фасование зеленого горошка производят в металлические или стеклянные банки вместимостью не более 1 дм<sup>3</sup>. По заказам торгующих организаций для реализации в сети общественного питания допускается фасование зеленого горошка в стеклянные или металлические банки вместимостью до 3 дм<sup>3</sup>. Порожние банки моют в машине 31, ополаскивают в машине 32 и подают в наполнительную машину для горошка 30.

Рассол готовят в устройстве 33, обычно по рецептуре, включающей 2,5...3 % соли и 2,5...3 % сахара. Фасование рассола в банки, заполненные порцией горошка, производят во второй наполнительной машине 34. Температура рассола при фасовании не менее 85 °С.

При наполнении банок надо придерживаться следующего соотношения составных частей: зеленого горошка 64...68 %, рассола 36...32 %. При фасовании горошка в крупную стеклянную тару необходимо строго контролировать степень наполнения с учетом того, чтобы не заполненная горошком и рассолом часть банки составляла 7 % всего объема во избежание срыва крышек при стерилизации.

При изготовлении консервов для общественного питания в крупной таре обязательно применение низина (низаплина). В этом случае в горячей подготовленный рассол (при температуре не ниже 80 °С) добавляют низин из расчета 150 г на 1 т готового продукта.

Во избежание закрахмаливания при производстве консервов столового сорта рекомендуется добавление в рассол хлористого кальция в количестве 0,07 %.

После фасования рассола банки укупоривают в машине 35 и загружают в пневмогидростатический стерилизатор непрерывного действия 36. В нем противоположно друг другу расположены две гидростатические системы, состоящие из шести последовательно соединенных камер – водяных ванн с высотой водяного столба 4 м каждая. Одна система служит для подогрева, другая – для охлаждения. Каждый четырехметровый водяной столб «подпирается» соответствующим давлением сжатого воздуха в смежной камере. Так, четырехметровый столб воды в первой камере, сообщающийся с атмосферой, поддерживается давлением 40 кПа в первом воздушном пространстве. Во второй камере воздушное давление приходится увеличить до 80 кПа, поскольку в этой камере следует компенсировать 8-метровый водяной столб и т.д. Таким образом, образуется система из шести водяных столбов общей высотой 24 м, эквивалентная давлению 240 кПа.

Разрыв во времени между укупоркой банок и их стерилизацией свыше 30 мин не допускается. При стерилизации консервов «Зеленый горошек» температурная обработка ведется в диапазонах 70 – 85 – 100 – 110 – 120 – 122 – 132 – 90 – 70 – 50 – 40 – 35 – 30 – 20 °С. По мере изменения температуры изменяется и наружное давление от 0,1 до 0,34 и от 0,34 до 0,1 МПа. Общее время прохождения банки через стерилизатор составляет 44 мин. Чтобы избежать разваривания зерен горошка, после стерилизации консервы охлаждают до 40...45 °С.

Из стерилизатора 36 банки поступают в машину 37 для мойки и сушки банок, линейную этикетировочную машину 38, а затем в машину 39 для укладки банок в ящики, отгружаемые на склад готовой продукции.



Невежда имеет большое преимущество перед  
человеческим образованием: он всегда доволен собою.  
**НАПОЛЕОН БОНАПАРТ (1769–1821),**  
*французский государственный деятель и полководец*

#### 4.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ФРУКТОВЫХ КОНСЕРВОВ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Фруктовые консервы являются одним из видов продукции длительного хранения для детского питания. Консервирование продуктов дает возможность сглаживать сезонные колебания в потреблении плодов и овощей, обеспечивать детское население в северных и отдаленных районах страны не синтезирующимися в организме витаминами и минеральными солями.

Фруктовые консервы составляют свыше 80 % объема выпуска консервов для детского питания. Наиболее широк ассортимент пюреобразных фруктовых консервов, которые по питательной ценности почти не уступают свежим плодам, а по усвояемости даже превосходят их.

Выпускают пюре натуральные, без каких-либо добавок и пюре с добавлением сахара 5...18 % в зависимости от кислотности плодов. По требованиям стандарта на консервы плодовые и ягодные для детского питания, пюре натуральные из яблок, груш и смеси плодов в готовом продукте должно содержаться растворимых сухих веществ 10...12 %, органических кислот (по яблочной кислоте) 0,2...0,6 %. Пюре фруктовые с сахаром должны содержать до 14 % (яблочное) или до 24 % (черносмородиновое) растворимых сухих веществ.

Качество готовой продукции характеризуется по органолептическим и физико-химическим показателям и показателям безопасности. Министерствами здравоохранения РФ и РБ утверждены критерии безопасности, установленные для консервов детского питания. Результаты анализов должны подтверждать отсутствие токсичных элементов, нитратов, микотоксинов и пестицидов.

Основным сырьем для производства фруктовых пюре являются яблоки, груши, абрикосы, сливы, малина, черная смородина, шиповник и другие фрукты и ягоды. В состав некоторых видов консервов включают молоко, манную или рисовую крупу, полуфабрикаты тропических плодов с сахаром (бананы, манго и др.). Пюреобразные фруктовые консервы могут выпускаться витаминизированными с добавлением аскорбиновой кислоты в количестве 0,05 %.

К сырью и материалам, используемым в производстве консервов для детей, предъявляются повышенные требования в части органолептических показателей, химического состава, технологических и потребительских свойств. Сырье следует выращивать в экологически чистых зонах, с тщательным контролем на содержание ядохимикатов, радионуклидов и солей тяжелых металлов. Каждая партия сырья должна сопровождаться сертификатом с указанием вида пестицидов, которыми его обрабатывали и датой последней обработки.

Применение полуфабрикатов, содержащих какие-либо консервирующие вещества, не допускается.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** При производстве фруктовых консервов важно сохранить питательную и биологическую цен-

ности, а также вкусовые достоинства продуктов для детей. Это зависит не только от качества сырья, но и технологии его переработки. Применяемые способы и режимы обработки сырья могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на качество готового продукта.

Современное производство консервированных продуктов для детского питания на промышленной основе позволяет применять прогрессивные технологии щадящей переработки сырья, обеспечивающие безопасность продукта и максимальное сохранение ценностей. При производстве фруктовых консервов эти показатели существенно зависят от выполнения операций сортирования сырья по качеству, его мойки, измельчения, деаэрации и тепловой обработки.

*Сортирование* по качеству проводится особенно тщательно. Удаляют плоды с поврежденной поверхностью, незрелые, загнившие, с плесенью, а также посторонние примеси. Как правило, сортировка проводится на сортировочном конвейере конвейере.

*Мойка сырья* проводится с целью удаления загрязнений, ядохимикатов, посторонних примесей и микроорганизмов. Плоды моют в чистой проточной питьевой воде. Качество мойки контролируют по обсемененности микроорганизмами мытого сырья, которая не должна превышать предельно допустимой нормы.

*Измельчение* применяют для разрушения целостности и внутренней структуры сырья и полуфабрикатов с целью образования заданной формы и размеров кусочков и частиц продукта, обеспечивающих эффективную его последующую обработку, наиболее полное извлечение полезных веществ из внутриклеточного пространства, а также легкую и быструю усвояемость продукта при его употреблении в пищу. Основными методами измельчения являются дробление, протирание и гомогенизация. При измельчении возрастает опасность стимулирования окислительных процессов, так как в результате разрушения клеточных стенок и контакта с воздухом активизируется деятельность окислительных ферментов, присутствующих в плодах. Поэтому измельчение желательно проводить в атмосфере водяного пара или инертных газов (диоксид углерода или азот), чтобы защитить от окисления и разрушения биологически активные и питательные вещества сырья.

*Деаэрация* – операция удаления воздуха из измельченного продукта. Воздух вызывает разрушение аскорбиновой кислоты, окисляет полифенолы и красящие вещества. Приводит к изменению цвета и ухудшает органолептические показатели.

*Тепловую обработку* плодового сырья применяют с целью его бланширования, разваривания, нагревания и стерилизации. Величину температуры и продолжительность тепловой обработки выбирают из условия минимального отрицательного воздействия на продукт.

Фруктовые консервы занимают важное место в питании детей, так как содержат значительное количество сахара, органических кислот, а также белка, аминокислоты, пектин, полифенольные и красящие вещества и витамины, особенно витамин С.

**Стадии технологического процесса.** Производство фруктовых консервов для детского питания состоит из следующих основных стадий и операций:

- подготовка плодового сырья: сортирование по качеству, калибрование, мойка, удаление плодоножек и косточек;
- дробление плодов, разваривание, очистка и протирание дробленой массы;
- приготовление сахарного сиропа и других добавок;
- дозирование рецептурных компонентов и смешивание рецептурной смеси;
- гомогенизация, деаэрация и нагревание рецептурной смеси;

- мойка, санитарная обработка, накопление и подача порожних консервных банок;
- фасование окончательного полуфабриката в банки, укупоривание банок, проверка на герметичность и стерилизация продукта;
- охлаждение, мойка и сушка банок после стерилизации, нанесение этикетки и укладка банок в транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки и обработки плодового сырья, в состав которого входят моечные машины, сортировочный конвейер, машины для удаления плодоножек и косточек, дробилку для плодов, аппарат для разваривания дробленой массы и протирочные машины. В состав линии входят вспомогательные комплексы оборудования (на машинно-аппаратурной схеме не показаны) для приготовления сахарного сиропа и подготовки консервных банок.

Ведущий комплекс оборудования для получения готовой рецептурной смеси и упаковки ее в консервные банки содержит дозаторы рецептурных компонентов, емкость с мешалкой, гомогенизатор, деаэратор, нагреватель, машину для фасования полуфабриката в консервные банки и укупорочную машину. Завершающий комплекс оборудования включает стерилизатор, машины для мойки, сушки, этикетирования и укладки банок, заполненных продуктом.

На рис. 4.2 показана машинно-аппаратурная схема линии производства фруктовых консервов для детского питания.

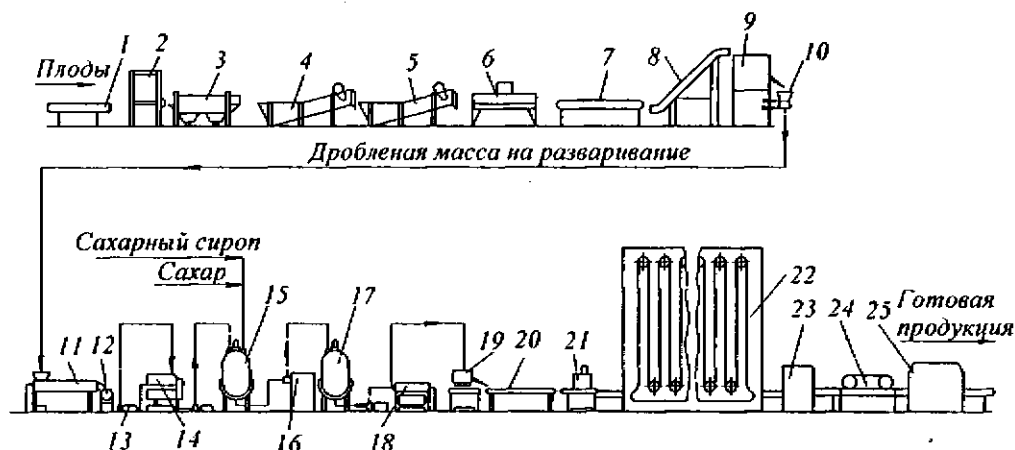


Рис. 4.2 Машинно-аппаратурная схема линии производства фруктовых консервов для детского питания

**Устройство и принцип действия линии.** Ящичные поддоны с плодами подают конвейером 1 к опрокидывателю 2 и загружают плоды в барабанную моечную машину 3 для первой мойки плодов и овощей с твердой структурой. Сырье размещается во вращающемся барабане этой машины и поступательно перемещается за счет его наклона. Две первые части по длине барабана находятся в ванне, заполненной моечной водой. Третья часть барабана с продуктом ополаскивается водой при помощи душевого устройства.

Дальнейшая мойка плодов проводится в двух унифицированных конвейерных машинах 4 и 5, установленных последовательно. Сырье попадает в ванну машины, наполненную водой, интенсивно перемешивается благодаря бурлению воды, которое создается нагнетанием воздуха компрессором через барботер, расположенный

на дне ванны. Вымытые плоды выносятся из ванны наклонным конвейером, в верхней части которого ополаскиваются чистой водой из душевого устройства. Плоды с мягкой структурой обычно моют в машинах 4 и 5, минуя машину 3.

Мытые ягоды и косточковые плоды очищают от плодоножек в машине 6. Рабочими органами машины служат обрезиненные ролики, расположенные попарно и вращающиеся в разные стороны. Ролики установлены с небольшим зазором между ними, в который плод не может попасть, а плодоножки втягиваются и отрываются.

Сортировку плодов по качеству производят на сортировочном конвейере 7. Затем плоды загружают конвейером 8 в косточковыбивную машину 9. В ней плоды загружаются в гнезда матриц и движутся к пуансонам, совершающим возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости. Косточки из плодов выбивают пуансоны в момент остановки матриц и они проваливаются через отверстия матриц внутрь барабана. Откуда выводятся из машины по лотку. Очищенные плоды выпадают в разгрузочный лоток при прохождении матриц через барабан.

Первая стадия измельчения плодов выполняется в дробилке 10, имеющей режущее устройство терочного типа. Дробление фруктового сырья позволяет получить общую массу, состоящую из частиц различной формы с размерами не более 3...4 мм. В результате дробления разрушается клеточная ткань и облегчается выход сока, дробленая масса приобретает текучую жидкообразную консистенцию, удобную для перекачки, механической и термической обработки продукта.

Дробленую массу направляют на разваривание в тонкослойный теплообменник 11 с очищаемой поверхностью нагрева. Обрабатываемый продукт нагревается в кольцевом зазоре между вращающимся барабаном и внутренней поверхностью корпуса, обогреваемого паром. При прохождении через кольцевое пространство продукт перемешивается ножами барабана, которые сообщают продукту турбулентное движение и снимают с греющей поверхности прилегающий слой продуктовой массы.

Разваривание по продолжительности занимает промежуточное место между бланшированием и варкой, что обеспечивает тепловое воздействие, при котором обрабатываются внутренние слои продукта для размягчения ткани и нарушения целостности плода.

Для удаления семян, косточек и грубых тканей разваренную массу обрабатывают в протирачной машине 12, снабженной ситами с размером отверстий примерно 3 мм. На следующей стадии измельчения плодовую массу перекачивают насосом 13 во вторую протирачную машину 14. Для получения более тонкого измельчения и снижения количества отходов протираание обычно проводится в две или три стадии путем последовательного пропускания через первое сито с диаметром отверстий примерно 1,5...2,0 мм. Второе – 0,8...1,0 мм и третье – 0,4...0,5 мм.

Рецептурную смесь готовят в варочном аппарате с мешалкой 15, в который дозируют в рецептурном соотношении плодовую массу, сахарный сироп, сахар и другие необходимые компоненты.

Дальнейшее измельчение рецептурной смеси выполняют в плунжерном гомогенизаторе 16, в котором можно получить однородный тонкоизмельченный продукт с частицами мякоти плодов размером 0,1 мм и менее. Воздух удаляют из продукта в деаэраторе 17.

Готовый пюреобразный продукт через шнековый нагреватель 18 загружают в приемный бункер фасовочной наполнительной машины 19. В эту же машину подаются порожние консервные банки, подвергнутые мойке и тщательной санитарной об-

работке. После заполнения дозой продукта банки подвергают контролю на инспекционном конвейере 20, укупоривают в паровакуумной машине 21 и направляют в гидростатический стерилизатор 22. Фруктовые консервы с рН ниже 3,8 стерилизуют при температуре 100 °С или пастеризуют.

Банки затем постулают в машину 23 для мойки и сушки банок, этикетировочную машину 24 и машину 25 для укладки банок в ящики.



...Вот что, пожалуй, всегда было характерно. Мы не боялись показать молодому человеку, что мы сами глупы. Мы никогда не воздерживались от заострения разногласий и противоречий.

*БОР НИЛЬС (1885 -1962), датский физик*

### 4.3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХАЛВЫ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Халва – сахарное кондитерское изделие волокнисто-слоистой структуры, образованной смесью взбитой с пенообразователем карамельной массы и жиросодержащей тертой массой ядер семян, орехов или бобовых (кунжута, подсолнечника, арахиса и др.). Наиболее часто вырабатывают халву подсолнечную ванильную, тахинную (кунжутную) ванильную, тахинную с орехами, тахинную шоколадную.

Все виды халвы вкусны и питательны. В составе халвы в среднем содержится 12 % белков, 30 % растительных жиров, 40 % легкоусвояемых углеводов, 12 % крахмала и других полисахаридов. Халва содержит витамины, многие минеральные вещества, особенно железо.

Халву выпускают в мелкой фасовке (штучную) или в крупной (весовую). Штучную халву укладывают в жестяные коробки массой нетто до 1 кг или формируют в виде брикетов массой до 500 г и завертывают. Весовую халву (до 8...15 кг) фасуют в дощатую, фанерную, картонную (гофрированную или литую), полимерную тару, жестяные коробки и банки.

Основным сырьем при производстве подсолнечной халвы являются семена подсолнечника, кукурузная патока, сахар, экстракт пенообразования (мыльного или солодкового корня), ароматические и вкусовые добавки. Показатели качества сырья должны соответствовать требованиям стандарта.

Для производства халвы рекомендуется использовать крупные и средние семена подсолнечника (масса 1000 шт не менее 65 г).

**Особенности производства и погребления готовой продукции.** Основные процессы производства подсолнечной халвы связаны с получением массы семян подсолнечника, взбитой карамельной массы и халвы.

*Тертую массу семян подсолнечника* получают путем их измельчения между трущимися рабочими поверхностями пары валков или дисков. В результате жировая и нежировая части должны обеспечивать оптимальные условия для вымешивания халвы. Из грубодисперсной тертой массы обычно получается более жесткая, мало-волокнистая, нежирная халва. Применение тертой массы очень тонкого помола приводит к образованию продукта мягкой структуры, несвойственной халве.

Готовая подсолнечная масса должна иметь температуру не выше 70 °С, влажность 1,0...1,3 %, содержание жира 55...62 %, степень измельчения 10...15 % от остатка обезжиренной навески на шелковом сите № 29.

*Взбитая карамельная масса* образуется в результате интенсивного перемешивания (взбивания) исходной карамельной массы с раствором пенообразователя в условиях насыщения смеси воздухом. Исходная карамельная масса должна иметь особые свойства: она должна долго сохранять пластичность, не затвердевать, обладать повышенной стойкостью против кристаллизации. Для такой массы карамельный сироп готовят с повышенным содержанием патоки (60...67 %) и уваривают сироп до относительно низкой концентрации сухих веществ (94...95 %). В качестве пенообразователя обычно используют отвар мыльного корня, содержащего до 5 % поверхностно-активного вещества сапонина.

В результате насыщения пузырьками воздуха плотность карамельной массы снижается от  $1530 \text{ кг/м}^3$  до  $1120...1150 \text{ кг/м}^3$ . Взбитая карамельная масса приобретает белый цвет, может вытягиваться в длинную тонкую равномерную нить и плавать на поверхности тертой массы.

*Получение халвы, вымешивание* – это равномерное распределение взбитой карамельной массы в тертой жиросодержащей массе с образованием волокнисто-слоистой структуры. На качество готовой халвы оказывают влияние рецептура карамельной массы, ее влажность, плотность, температура, а также степень измельчения тертой массы, ее температура и содержание жира. Кроме того, качество халвы зависит от продолжительности вымешивания, массы обрабатываемой порции и количества добавляемых отходов.

В частности, к образованию большого количества непромесов и толстых карамельных волокон приводит снижение влажности и температуры карамельной массы, либо снижение доли и температуры тертой массы. Карамельные нити в халве сильно утоньшаются и рвутся, халва слеживается, уплотняется, теряет волокнистую структуру в случае использования взбитой карамельной массы с повышенными влажностью, температурой и плотностью либо тертой массы с высокой температурой, а также в результате избыточной продолжительности вымешивания.

Халва, приготовленная по рецептуре с соблюдением установленного температурного режима, должна иметь тонковолокнистое строение, резаться ножом без сильного крошения.

**Стадии технологического процесса.** Производство подсолнечной халвы состоит из следующих стадий и основных операций:

- получение обжаренных ядер семян подсолнечника;
- получение подсолнечной тертой массы;
- получение отвара мыльного (или солодкового) корня;
- получение карамельного сиропа и карамельной массы;
- получение взбитой карамельной массы;
- вымешивание халвы и формование брикетов;
- упаковывание халвы в потребительскую и транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для получения обжаренного ядра семян подсолнечника, в который входят очистные и калибровочные воздушно-ситовые сепараторы, магнитные уловители, семенорушки, семеновеечные и просеивающие машины, аппараты для обжарки и охлаждения ядер и их крупки, вальцовые станки, а также бункера и система конвейеров.

Второй комплекс оборудования для получения тертой подсолнечной массы содержит валковые мельницы, протирочные машины, темперирующие сборники и насосы.



Получение отвара мыльного (или солодкового) корня обеспечивается в третьем комплексе оборудования, включающем баки для мойки и замочки корня, корнерезки и варочные котлы.

В состав четвертого комплекса оборудования для получения карамельной массы и насыщения ее воздухом входят дозирующие устройства, сборники-смесители, варочные аппараты, котел взбивальный, расходные баки и насосы.

Ведущим является комплекс оборудования для вымешивания халвы и формования брикетов, содержащий дозаторы компонентов, месильную машину, охлаждающий конвейер и формующую машину.

В завершающий комплекс оборудования линии входят машины для завертывания или фасования брикетов халвы и последующего их упаковывания в ящики.

Машинно-аппаратурная схема линии производства подсолнечной халвы представлена на рис. 4.3.

**Устройство и принцип действия линии.** Подсолнечные семена норийей 1 подаются в бункер 2 и по мере необходимости в соответствии с производственным циклом шнеком 3 и норийей 4 – в воздушно-ситовой сепаратор 5, где очищаются от пыли и посторонних примесей. После этого семена шнеком 6 подаются на калибрование по размеру в сепараторах 7 или на 2...3 – решетных ситах с отверстиями диаметром 4,7 и 10 мм.

Калиброванные крупные, средние и мелкие семена обрушиваются в рушилных машинах 8 отдельно. Обрушенное семя (рушанка) подается норийей 9 в семеновечную машину 10 для разделения на фракции, т.е. отделения ядра от недоруша, целяка, сечки, мучки (направляемой на маслозавод), лузги.

Подсолнечные ядра обжаривают в открытых жаровнях 11 с паровым или газовым обогревом, при непрерывном перемешивании. Продолжительность процесса термообработки в жаровне 30...40 минут. Температура ядер по окончательной обжарки 110...120 °С, влажность обжаренных ядер 1,0...1,2 %.

После обжарки подсолнечное ядро следует быстро охладить до 50 °С для предотвращения ухудшения его качества под длительным воздействием высокой температуры. Ядра могут охлаждаться в охлаждающем барабане, а также шахтных охладителях 12 при подаче в них холодного воздуха. При продувании ядер воздухом частично удаляется лузга. Температура охлажденных ядер 30 °С. Далее ядро направляется для повторного обрушивания в рушилную машину 13. Полученную рушанку фракционируют во второй ситовечной машине 14. На выходе из последней ядро ковшовым элеватором 15 загружают в вальцовый станок 16 для предварительного измельчения, при котором отделяются частицы лузги, прилипшие к ядрам семян. Крупку очищают от лузги на вибрационном сите 17.

Полученная из обезжиренного ядра, очищенная от лузги крупка размалывается на пятивалковом станке 18. При недостаточном содержании жира в крупке во время размолла добавляется подсолнечное масло, с тем, чтобы содержанием жира в полученной тертой массе было 60...61 %. Для максимального освобождения от лузги тертую подсолнечную массу перекачивают шестеренным насосом 19 и пропускают через протирочную машину 18 с диаметром отверстий сит: первого – 1,5 мм, второго – 0,8 мм. Остаточное количество лузги в тертой массе не должно превышать 1,4 %.

Готовая тертая масса перекачивается насосом 21 в сборник с мешалкой 22, где хранения при температуре 45...50 °С.

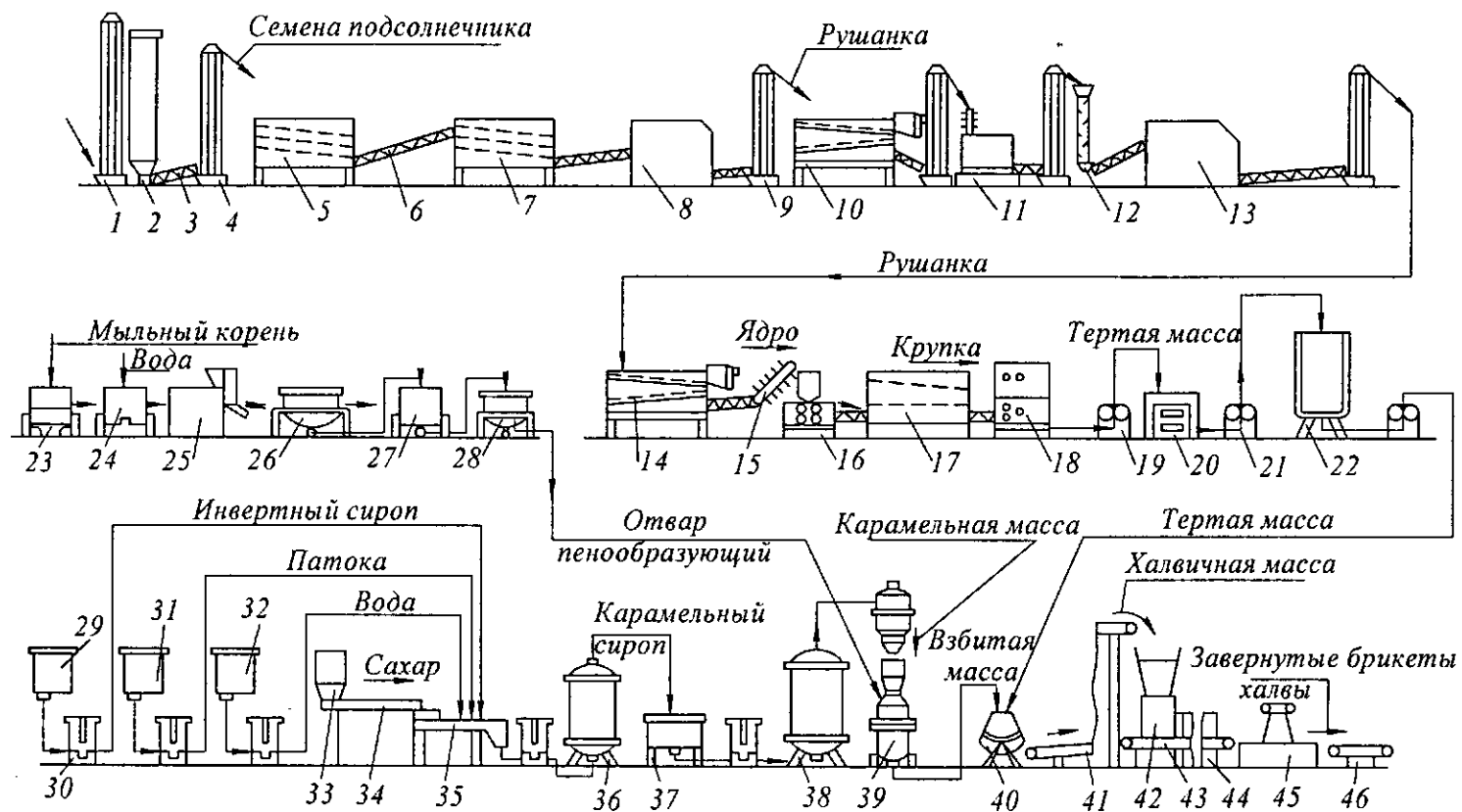


Рис. 4.3 Машинно-аппаратурная схема линии производства подсолнечной халвы

Массу постоянного перемешивают, чтобы исключить ее расслоение. Для приготовления отвара мыльного или солодкового корня сухой мыльный или солодковый корень тщательно отмывают водой от земли и пыли в емкости 23 и замачивают в емкости 24 в течение 10...24 часов в чистой горячей воде температурой 60...80 °С для размягчения.

Размягченные корневища режут на куски размером 3...4 см и толщиной не более 1 см на корнерезке 25. Нарезанный корень загружают в открытый варочный котел 26, установленный под вытяжным колпаком с усиленной вытяжкой тягой и вываривают 3...4 раза в свежих порциях воды. Полученные экстракты соединяются в промежуточном сборнике 27. Наконец они увариваются в варочном котле 28 до плотности 1040...1050 кг/м<sup>3</sup> – для мыльного корня и 1120...1130 кг/м<sup>3</sup> – для солодкового корня.

Готовый отвар сливают в чаны или баки, облицованные внутри керамической плиткой. При сливе отвар фильтруют через сетку с диаметром отверстий 1 мм. Оставшийся в котле после трех...четырех кратного вываривания мыльный (или солодковый) корень охлаждают холодной водой и удаляют из цеха как отходы. Отвар должен быть хорошо отфильтрован, темно-коричневого цвета, без постороннего запаха. Так как отвары могут плесневеть и бродить (через несколько дней), их изготавливают по мере производственной необходимости.

Для приготовления карамельного сиропа применяется сироповарочный агрегат, в котором масса уваривается под избыточным давлением. Компоненты рецептурной смеси для приготовления карамельного сиропа в смеситель 35 дозируют плунжерным насосами-дозаторами 30 из сборников 29, 31 и 32 в следующем порядке: патока, инвертный сироп, вода. Сахар-песок из бункера 33 при помощи дозатора 34 также загружают в смеситель 35. В нем рецептурная смесь нагревается до температуры 65...70 °С. Из смесителя рецептурная смесь в виде кашицеобразной массы с влажностью 17...20 % дозируется в змеевиковый варочный аппарат 36, где происходит уваривание сиропа до влажности 14...16 %. Карамельный сироп после фильтрации подается в сборник 37. Карамельную массу получают в змеевиковом вакуум-аппарате непрерывного действия 38. Карамельный сироп уваривают в вакуум-аппарате при давлении пара 0,5...0,6 МПа и разрежении не менее 80 кПа.

Для получения взбитой карамельной массы котел 39 перед загрузкой нагревают, затем загружают порцию карамельной массы, добавляют дозу отвара пенообразователя в количестве до 2 % к массе карамельной массы и включают мешалку. Продолжительность взбивания 15...20 минут при одновременной загрузке 100...150 кг продукта и частоте вращения вала с лопастями 100 мин<sup>-1</sup>. Температура карамельной массы во время взбивания 105...115 °С.

Вымешивание халвы производится в месильных машинах 40. Сначала в нее загружают порцию тертой массы при температуре 45...50 °С. Затем дозируют добавки. После этого загружают из котла 39 дозу взбитой карамельной массы. Все компоненты дозируют в соответствии с рецептурой. После включения месильной лопасти вымешивание ведут непрерывно до равномерного вытягивания карамельных нитей.

Готовую халвичную массу выгружают на охлаждающий конвейер 41, передающий ее на формование и упаковывание.

Процесс формования осуществляется следующим образом. Халвичная масса с содержанием жира 32...34 %, плотностью 1080...1130 кг/м<sup>3</sup> и температурой

63...68 °С загружается конвейером 41 в приемную воронку формующей машины 42. Халвичная масса под действием собственной силы тяжести заполняет рабочую камеру. При движении нагнетательного поршня масса из рабочей камеры поступает в мерные карманы делительной головки. Одновременно поршни мерных карманов делительной головки передвигаются до упорных болтов, после чего делительная головка проворачивается на 90° и выбрасывая все отформованные брикеты одновременно. Число циклов делительной головки до 8 в 1 мин. Точность деления  $\pm 2\%$ .

Отформованные брикеты проходят на ячеистом конвейере 43 через охлаждающий шкаф с принудительной подачей воздуха температурой до 8 °С. Скорость движения ячеистого конвейера 43 до 1 м/мин. Продолжительность охлаждения 15...20 мин. Температура брикетов, поступающих на упаковывание, 25...35 °С.

Халву упаковывают в термосвариваемую пленку на фасовочной машине 45. Завертывание брикетов можно осуществлять на заверточных машинах, применяемых в производстве пищевых концентратов и для упаковывания печенья в пачки. Завернутые брикеты халвы конвейером 46 направляются на упаковку в транспортную тару (ящики).

Весовую халву фасуют в дощатую, фанерную, картонную тару, жестяные коробки и банки с предварительной застилкой внутри со всех сторон пергаментом. Халву фасуют при температуре 60...70 °С.

Упакованная в тару халва сдается в экспедицию (или на склад), где хранится при относительной влажности воздуха до 70 % и температуре не выше 18 °С. При хранении халвы не допускаются резкие температурные колебания и совместное нахождение ее с продуктами, имеющими посторонний запах.



Ум не заменяет знания.  
ВОВЕНАРГ ЛЮК де КАЛЬЕ (1715-1747).  
французский писатель, моралист

#### 4.4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРАЛИНОВЫХ КОНФЕТ

**Характеристика продукции, исходного сырья и полуфабрикатов.** Пралиновые конфеты изготавливают из ореховой массы (пралине). Она представляет собой тонкоизмельченный полуфабрикат, полученный смешиванием сахарной пудры с тертыми обжаренными ядрами орехов и твердым жиром.

Пралиновые конфеты имеют высокую пищевую ценность и большую калорийность. По химическому составу и некоторым физико-химическим свойствам пралиновые конфеты имеют большое сходство с шоколадом. Они содержат около 30 % жира, 50...60 % углеводов, а также значительное количество растительных белков. Содержание влаги не превышает 3 %. Для улучшения питательных и вкусовых свойств пралиновых конфет, в их рецептуры включают сухие молочные продукты, какао продукты, фруктовые заготовки и пр., а также пряности и ароматические вещества. Многие виды пралиновых конфет глазируют шоколадом.

Пищевые достоинства пралиновых конфет существенно зависят от номенклатуры исходного сырья. Высококачественные виды пралиновых конфет изготавливают из сладкого миндаля и какао-масла. Обычные виды конфет вырабатывают из ядер кешью и кокосового масла или заменителей какао-масла. Для производства массовых видов пралиновых конфет (неглазированных батончиков) в основном исполь-

зуют ядра фундука или арахиса и кондитерский жир. Рецептуры значительной части ассортимента пралиновых конфет предусматривают применение в различных порциях большинства перечисленных видов сырья.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В настоящее время для производства пралиновых конфет применяются поточные линии, обеспечивающие комплексную механизацию основных и вспомогательных технологических процессов в соответствии с современным техническим уровнем. Однако это не исключает необходимость дальнейшего совершенствования линий в части повышения точности дозирования рецептурных компонентов и улучшения подготовки рецептурных масс к формированию.

По способу производства, технологическим процессам и возможности использовать аналогичное оборудование производство пралиновых конфет имеет много общего с производством шоколада. Наряду с этим производство пралиновых конфет имеет существенные особенности технологических параметров и режимов работы оборудования, обусловленных сложным взаимодействием жиров, входящих в состав тертых ореховых масс, и твердых жиров, предусмотренных рецептурой. Эти жиры являются основными структурообразователями полуфабрикатов и изделий. От температур плавления и застывания жиров, условий их кристаллизации зависят структурно-механические свойства конфетных масс при вымешивании, формовании и транспортировании, они определяют режимы и продолжительность охлаждения отформованных заготовок, допустимые нагрузки при транспортировании и завертке изделий, условия и сроки хранения готовой продукции.

Ореховые массы при комнатной температуре имеют твердую или полутвердую консистенцию, благодаря кристаллизации твердых жиров, добавляемых по рецептуре (например, какао-масло, кондитерский жир и др.). Но так как ореховые ядра содержат жидкие жиры, то конфетные ореховые массы имеют менее твердую консистенцию, чем шоколадные.

Увеличение содержания какао масла в пралиновой массе приводит к повышению ее прочности. Кокосовое и сливочное масло в смеси с какао маслом понижают прочность, а увеличение содержания жидкого масла орехов приводит к значительному снижению прочностных характеристик пралиновой массы и изделий из нее.

В зависимости от применяемого твердого жира конфетная масса пралине в температурном интервале от 21 до 33 °С имеет пластичную тестообразную консистенцию, обладающую формоудерживающей способностью. Поэтому пралиновые массы обычно формируют методом выпрессовывания конфетных жгутов с последующей поперечной резкой.

Существенной особенностью условий хранения и потребления пралиновых конфет является ограниченная стойкость конфетных масел при хранении. Это приводит к прогорканию ореховых масел, что неблагоприятно сказывается на вкусе изделий. Прогоркание может быть вызвано окислительными процессами, которые протекают при контакте жиров с кислородом воздуха. Некоторые факторы могут ускорить процесс окисления, например повышенная температура и ультрафиолетовые лучи.

Правильной организацией хранения пралиновых конфет можно замедлить окисление жиров, а, следовательно, и прогоркание. В качестве мер борьбы с окислительными процессами масел в конфетах могут быть рекомендованы: хранение на складах при пониженной температуре и без доступа света и воздуха, применение окрашенных и непрозрачных упаковочных материалов и тары.

Можно предотвратить или замедлить окисление масла путем добавления в массу пралине антиокислителей, например, жирорастворимого витамина Е.

**Стадии технологического процесса.** Производство пралиновых конфет можно разделить на следующие основные стадии и операции:

– подготовка сырья и полуфабрикатов к производству: хранение, очистка, обжарка, измельчение и дозирование орехов; хранение, просеивание и измельчение сахара-песка; хранение и просеивание сыпучих компонентов; хранение, темперирование и фильтрование жиров и жидких компонентов;

– приготовление рецептурной смеси: дозирование и смешивание рецептурных компонентов; измельчение рецептурной смеси;

– приготовление конфетной массы: дозирование и смешивание рецептурных компонентов, отминка и охлаждение конфетной массы;

– получение корпусов конфет: формование, охлаждение и резка конфетных жгутов, охлаждение заготовок конфет;

– глазирование корпусов конфет: подготовка, темперирование и подача глазури, нанесение глазури на корпуса конфет, охлаждение глазированных корпусов;

– завертывание и упаковывание конфет: ориентирование конфет в продольные ряды, завертывание конфет и упаковывание в транспортную тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства пралиновых конфет выполняются при помощи комплекса оборудования для подготовки сырья и полуфабрикатов к производству. В его состав входит оборудование для переработки орехов: очистительно-сортировочная машина, обжарочный аппарат, дробильно-сортировочная машина, дезинтегратор с трехвалковой мельницей. Для получения сахарной пудры применяют микромельницу. В состав этого комплекса входят также емкости для хранения сыпучих и жидких компонентов, просеиватели и темперирующие машины.

Комплекс оборудования для приготовления рецептурной смеси содержит рецептурно-смесительную установку с дозаторами и смесителем, а также пятивалковые мельницы.

В комплекс оборудования для приготовления конфетных масс входят дозаторы для рецептурной смеси, жиров и других компонентов, месильная машина и трехвалковая охлаждающая машина.

Ведущий комплекс оборудования для получения корпусов конфет имеет формующую машину, охлаждающие агрегаты, режущее устройство и глазировочную машину.

Завершающие операции производства пралиновых конфет выполняются комплексом оборудования, включающим ориентирующие устройства для конфет, заверточные машины, а также весовые устройства и оборудование для упаковывания завернутых или открытых конфет в транспортную тару.

На рис. 4.4 показана машинно-аппаратурная схема линии производства глазированных пралиновых конфет.

**Устройство и принцип действия линии.** Орехи, очищенные от скорлупы (ореховые ядра) норийей 6 подаются в очистительно-сортировочную машину 7. В ней ядра очищают от пыли, волокон и мешковины, скорлупы, посторонних примесей, а также металломагнитных примесей.

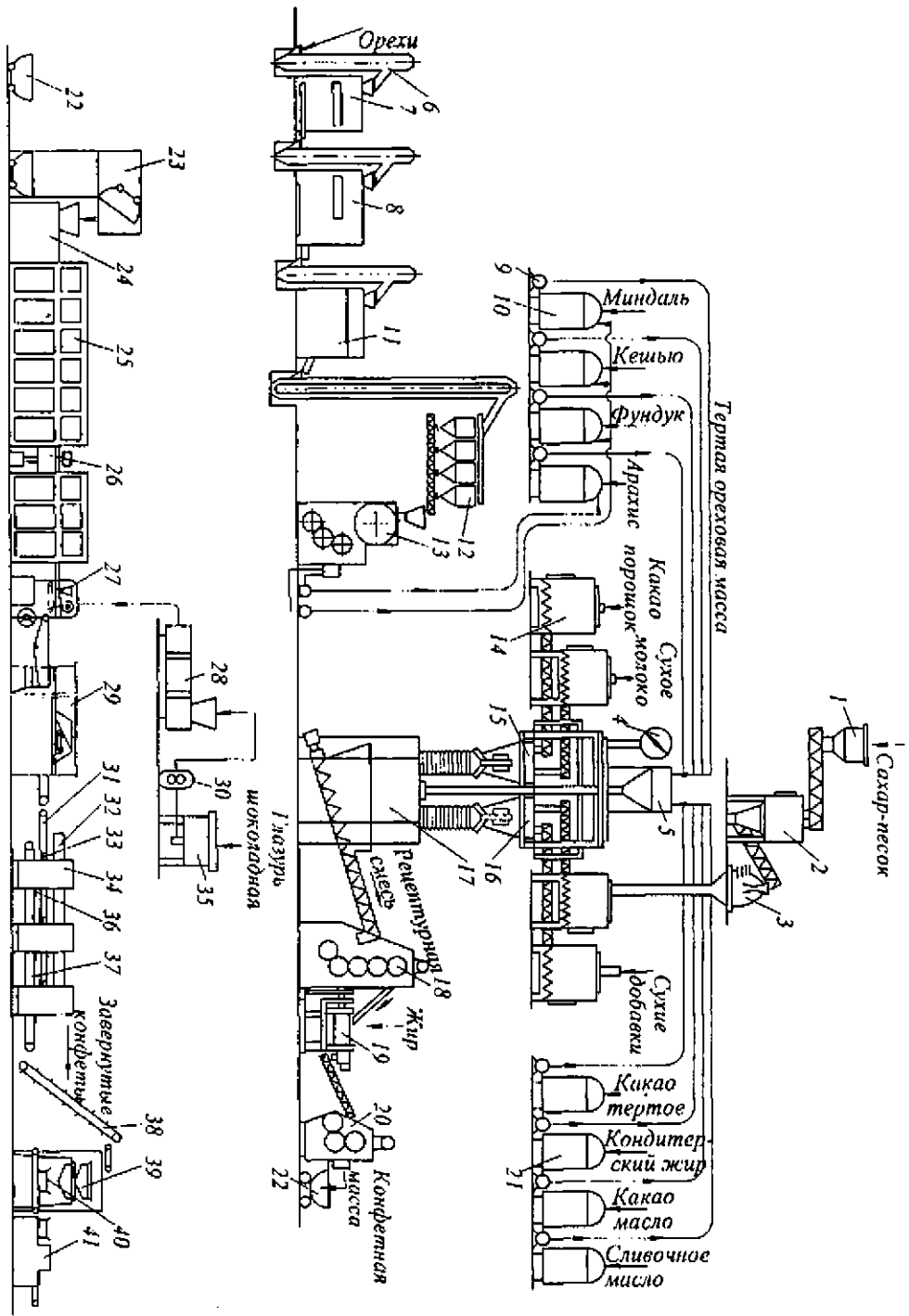


Рис. 4.4. Машино-аппаратурная схема линии производства глазированных пралиновых конфет

Очищенные ядра орехов поступают на обжарку, например, в цилиндрический обжарочный аппарат 8. В него загружают от 100 до 300 кг ядер в зависимости от размеров аппарата. Орехи подаются во вращающийся горизонтальный цилиндр, обогреваемый снаружи горячим воздухом или топочными газами. Орехи и теплоноситель не имеют непосредственного контакта.

При обжарке орехов температура теплоносителя составляет 130...170 °С, температура самих ядер орехов не должна превышать 120...125 °С. В результате обжаривания содержание влаги в ядрах орехов уменьшается от 4...7 до 2,5...3,0 %, что увеличивает хрупкость ядер. Кроме того, при обжарке происходят химические преобразования состава ядер, вызывающие изменения вкуса, аромата и цвета орехов. В процессе обжарки уничтожается бактериальная флора, что повышает стойкость полуфабрикатов и продукции при хранении.

Обжаренные ядра орехов подаются в дробильно-сортировочную машину 11, в которой они дробятся и охлаждаются до температуры 25...30 °С. Далее крупка ореха накапливается в расходных бункерах 12. Из последних дробленый орех поступает в дезинтегратор 13 с трехвалковой мельницей, где измельчается с образованием тертой ореховой массы, имеющей полужидкую консистенцию. Тертая масса перекачивается насосами в темперирующие сборники 10, причем каждый сборник предназначен для определенного вида орехов: фундук, миндаль, арахис и т.д.

Просеянный сахар-песок загружается в приемный бункер 1, из которого шнековым питателем он подается на измельчение в микромельницу 2. Из последней полученная сахарная пудра поступает в расходный бункер 3, в котором охлаждается до температуры 20...25 °С.

Сыпучие рецептурные компоненты: сухое молоко, какао-порошок, добавки предварительно просеиваются и загружаются в соответствующие промежуточные емкости 14, снабженные шнековыми питателями. В одну из них также загружают сахарную пудру из бункера 3.

Жидкие рецептурные компоненты: расплавленные жидкие жиры, какао тертое и др. из промежуточных темперирующих сборников перекачивают в сборники жидких компонентов 21, снабженные насосами.

Приготовление рецептурной смеси осуществляется при помощи рецептурно-смесительной установки с весовым дозированием и периодическим смешиванием компонентов. В ее состав входят приемный сборник жидких компонентов 5 и два приемных сборника сыпучих компонентов 15 и 16. Эти приемные сборники закреплены на платформе весового устройства, снабженного показывающим прибором 4 и системой автоматического управления электроприводами шнековых питателей в емкостях 14 и насосов 9 в сборниках 10 и 21.

При последовательной загрузке приемных сборников отдельными компонентами весовое устройство контролирует массу подаваемого продукта, и после накопления порции, предусмотренной рецептурой, дает импульс на отклонение электропривода соответствующего шнекового питателя или насоса. Таким образом, взвешенные порции компонентов загружаются последовательно в смеситель 17: сначала сыпучие, а затем жидкие компоненты. Жир загружают частично из расчета, чтобы его общее количество в массе составило 23...25 %. Продолжительность смешивания 15...20 мин при температуре 33...35 °С. Когда масса становится однородной, ее направляют на измельчение.



Рецептурная смесь подается шнеком в приемную воронку пятивалковой мельницы 18. Процесс измельчения продукта заключается в тщательном размоле твердых частиц рецептурной смеси путем растирания и раздавливания до размеров менее 30 мкм. В результате значительного увеличения поверхности измельченных твердых частиц жира на их покрытие не хватает, и провальцованная масса приобретает сыпучую порошкообразную структуру.

Чтобы измельченную рецептурную смесь перевести в пластичное состояние, ее загружают в смеситель 19 с добавлением оставшейся по рецептуре части твердого жира. Температура перемешивания должна быть на несколько градусов выше температуры плавления смеси жиров, чтобы твердый жир находился в расплавленном состоянии. При смешивании продукта в течение 15...20 мин осуществляется процесс отминки – создание однородной, гомогенной конфетной массы. Во время смешивания разрушаются образовавшиеся при размолу массы агрегаты, и весь жир равномерно распределяется тонкой пленкой между частицами твердой фазы. Чем однороднее состав массы, тем больше в ней будет возникать центров кристаллизации при ее последующем охлаждении после формования изделий. Это является необходимым условием для получения мелкокристаллической структуры, которая придает изделиям тонкий, нежный вкус. Вкусовые и ароматические добавки вводят в смеситель 19 в конце вымешивания.

С целью создания условий для ускоренной кристаллизации твердого жира и структурообразования массы после формования изделий, перемешанную массу охлаждают в тонком слое до температуры на 4...5 °С выше температуры застывания смеси жиров, входящих в рецептуру. Для этого массу охлаждают на трехвалковой машине 20, в ее полые валки подают рассол температурой минус 6...10 °С. Величина температуры охлажденной конфетной массы зависит от вида применяемого твердого жира, в частности, при использовании какао-масла температура массы может составлять 18...26 °С, а если применяется кондитерский жир – 26...28 °С.

Охлажденную конфетную массу загружают в передвижные дежи 22, из которых одна при помощи цепного подъемника 23 подается в приемную воронку формующей машины 24. В последней конфетная масса выдавливается через отверстия матрицы на ленточный конвейер в виде непрерывных жгутов. В зависимости от ширины конвейера на его ленте может размещаться от 18 до 22 продольных конфетных жгутов с поперечным сечением 18×10 мм (иногда формируют жгуты круглого сечения).

Конвейер с конфетными жгутами проходит внутри охлаждаемых камер двухсекционного охлаждающего агрегата 25. В агрегате 25 расположены охлаждающие батареи и вентиляторы, поддерживающие циркуляцию воздуха температурой 2...8 °С. По выходе из первой секции агрегата 25 предварительно охлажденные в течение 7...8 мин конфетные жгуты разрезают гильотинным ножом 26 на отдельные заготовки корпусов конфет. Изменяя частоту возвратно-поступательных перемещений ножа 26, можно менять длину отрезаемых заготовок от 38 до 40 мм. Затем эти заготовки охлаждаются во второй секции агрегата 25 до температуры 18...22 °С и направляются на глазирование. В глазировочной машине 27 корпуса конфет покрываются шоколадной глазурью с температурой 29...32 °С, которую из сборника 35 перекачали насосом 30 в темперирующую машину 28 и загрузили в приемный сборник машины 27. Для затвердевания шоколадной оболочки конфеты проходят через охлаждающий аппарат 29 и обдуваются воздухом температурой 8...10 °С в течение 6...7 мин.

Готовые изделия поступают на ленточный конвейер 31 над которым располагаются ленточные преобразователи рядов конфет 32. Преобразователь представляет собой бесконечный ремень, приводимый в движение шкивом с вертикальной осью вращения. Несколько рядов конфет, перемещающихся на конвейере 31 и надвигающихся на ремень преобразователя 32, выстраиваются вдоль него в один ряд и поступает на индивидуальный ленточный питатель 33, подающий их в заверточную машину 34. В зависимости от производительности линии устанавливают от 9 до 12 заверточных машин. Этому количеству соответствует число преобразователей рядов.

Завернутые конфеты узкими конвейерами 36 передаются на сборочный конвейер 37. Далее скребковым конвейером 38 завернутые конфеты загружаются в автоматические весы 39, из которых порция конфет высыпается в гофрированный картонный ящик 40. Закрытие клапанов ящика и оклеивание их липкой лентой производится оклеочной машиной 41. Упакованная продукция направляется на склад.



Если бы меня попросили рассказать, как я придумываю свои механизмы, мне было бы очень трудно это сделать. И все-таки я бы постарался объяснить, что у меня все начинается, как это ни странно на первый взгляд, не с конкретного, а с абстрактного: чисто геометрических построений. И лишь потом, в результате сложной работы, абстракции обрастают «мясом». Я бы попытался рассказать о том, что в большинстве случаев наивысший успех в научном исследовании ожидал меня не на основной дороге, а на боковой. Ищешь, добиваешься, наконец, что-то удается найти. И вдруг оказывается, что наиболее плодотворно не само открытие, а его побочный продукт, то, что появилось, как бы между прочим, рядом.

*АРТОБОЛЕВСКИЙ ИВАН ИВАНОВИЧ (1905-1977),  
ученый в области теории механизмов и машин,  
академик АН СССР*

#### 4.5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛИТОЧНОГО ШОКОЛАДА И КАКАО-ПОРОШКА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Шоколад представляет собой продукт переработки какао-бобов и сахара; какао-порошок получают из измельченных, частично обезжиренных какао-бобов. Кроме того, продукцией шоколадного производства может быть шоколадная глазурь.

В зависимости от состава и качества обработки шоколад разделяют на две группы: натуральный без добавлений и с добавлениями. Обе группы шоколада подразделяют на десертный и обыкновенный шоколад. Десертный шоколад отличается от обыкновенного большим содержанием какао-продуктов и меньшим содержанием сахара, а также более тонким измельчением.

Натуральный шоколад изготавливают из какао тертого, какао-масла и сахара. При производстве натурального шоколада на получение какао-масла расходуется примерно две трети какао-бобов и только одна треть направляется непосредственно в шоколадную массу в виде какао тертого. Поэтому важной проблемой шоколадного производства является экономия какао-масла путем введения в рецептуру различных добавлений.

К первому типу относятся крупные добавки, не содержащие свободного жира: ореховая крупка, частицы цукатов, высушенных фруктов и ягод. Крупные добавки не изменяют структурно-механических свойств шоколадной массы и могут добавляться в значительных количествах. С их помощью значительно снижается расход какао-бобов.

Добавления второго типа представляют собой поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые оказывают разжижающее действие, т.е. снижают вязкость шоколадной массы при отливке в формы. Обычно в качестве такой добавки используют соевый фосфатидный концентрат.

Третий тип добавлений в своем составе содержит свободный жир, который с какао-маслом дает жировую смесь. Физико-механические характеристики (температуры плавления и затвердевания, вязкость, предельное напряжение сдвига и др.) такой смеси отличаются от тех, которые имеет какао-масло. К таким добавкам относятся молочные продукты, ореховые и другие жиросодержащие массы, а также специальные жиры-эквиваленты и заменители какао-масла. Количество вводимых добавлений такого типа определяют после предварительного определения оптимальных физико-механических характеристик получаемых жировых смесей.

Применение добавлений второго и третьего типа позволяет экономить расход какао-масла при производстве шоколада.

Кроме вышеперечисленных добавлений в рецептурах шоколада предусмотрено применение ванилина и ароматизирующих эссенций.

В зависимости от способа формования шоколад делится на плиточный, пористый и шоколад с начинками: пралиновыми, помадосливочными, фруктово-мармеладными и др.

Какао-порошок представляет собой тонко измельченный продукт, получаемый из частично обезжиренного какао тертого, и применяется для приготовления напитков. Какао-порошок вырабатывают из какао-жмыха, представляющего собой отход производства при получении какао-масла.

Шоколадная глазурь является разновидностью шоколада без добавлений, но с более высоким содержанием жира для увеличения текучести. Глазурь применяется для покрытия наружной поверхности корпусов конфет, вафель и других кондитерских изделий, а также мороженого.

**Особенности производства и потребления готового продукта.** Современное шоколадное производство в нашей стране оснащено в основном импортным оборудованием, обеспечивающим комплексную механизацию и автоматизацию технологических процессов. В кондитерской промышленности широко применяются комплексы оборудования для переработки какао-бобов и получения какао тертого, какао-масла и какао-порошка, для приготовления и обработки шоколадных масс, для формования и упаковывания плиточного шоколада, шоколадных батончиков с начинками, пустотелых шоколадных фигур, шоколадных изделий «Ассорти» и др. Эффективность работы шоколадного производства и качество выпускаемой продукции существенно зависят от степени морального и физического износа применяемого оборудования, а также качества исходного сырья.

Особенности производства шоколада связаны с условиями формования изделий методом отливки в формы. Для хорошего заполнения формы желательно иметь массу небольшой вязкости. Вязкость жидкой шоколадной массы зависит от доли какао-масла, температуры и в меньшей степени от доли какао тертого. Поскольку, соглас-

но унифицированной рецептуре, доля какао-масла составляет 0,35, то его свойства в основном определяют свойства шоколадной массы, а в дальнейшем – и свойства готовых изделий.

Если шоколадную массу, получаемую при температуре 45...50 °С, охладить при обычной температуре 20...25 °С, то шоколад будет иметь грубый вкус, так как твердые частицы какао тертого и сахара, содержащиеся в шоколадной массе, в состоянии покоя собираются в крупные агрегаты, сцементированные какао-маслом. Кроме того, на поверхности такого шоколада постепенно образуется серый налет. Он производит впечатление плесени, хотя такой шоколад совершенно доброкачествен и безвреден.

Образование на поверхности шоколада серого налета вызывается кристаллами какао-масла и называется жировым поседением. Оно связано со способностью какао-масла к полиморфным превращениям, т.е. способностью при неизменном химическом составе приобретать различные кристаллические структуры, имеющие разные свойства. Возникновение жирового поседения связано с постепенным переходом неустойчивых (метастабильных) кристаллических структур в устойчивую стабильную структуру ( $\beta$ -форму). Кроме того, кристаллы  $\beta$ -формы какао-масла имеют самую плотную упаковку молекул, и поэтому твердение массы в эту кристаллическую структуру сопровождается уменьшением объема до 3 % по сравнению с жидким какао-маслом. Шоколадные плитки при затвердевании могут иметь усадку до 2,4 % своего объема и легко извлекаются из форм. При нарушениях правильной кристаллизации шоколадной массы плитки плохо отделяются от стенок форм и ломаются при выборке. Поэтому в производстве шоколада одной из важных операций является темперирование шоколадной массы, обеспечивающее оптимальный режим ее охлаждения для правильной кристаллизации какао-масла.

Качество шоколада определяется его пищевой ценностью, вкусовыми качествами и внешним видом изделий. Шоколад является высокопитательным продуктом, так как содержит 55...60 % углеводов, 30...38 % жира и 6...8 % белковых веществ. Немажущаяся поверхность и легкое «таяние» шоколада во рту при отсутствии салистости, твердость и хрупкость шоколадной плитки при комнатной температуре служат неотъемлемыми показателями качества шоколада, которые обусловлены свойствами какао-масла. По внешнему виду лицевая поверхность шоколадного изделия при температуре 16...18 °С должна быть гладкой, слегка блестящей, с рисунком формы, без сероватого налета, пятен, раковин и пузырей. Излом должен быть матовым с однородной структурой.

Завертка шоколада должна защищать его поверхность от механических повреждений и увлажнения. Хранится упакованный шоколад без добавлений 6 мес. при температуре  $18 \pm 3$  °С и относительной влажности воздуха не более 75 %.

**Стадии технологического процесса.** Производство плиточного шоколада включает следующие стадии:

– первичная переработка какао-бобов для получения какао тертого: сортировка, очистка, термическая обработка и дробление какао-бобов и отделение какаовеллы; получение какао тертого;

– получение какао-масла и какао-порошка: обработка какао тертого; прессование какао тертого, размол и просеивание какао-порошка, фасование и упаковка какао-порошка;

– приготовление шоколадных масс: дозирование и смешивание рецептурных компонентов, измельчение рецептурной смеси, разводка и конширование шоколадных масс;

– формование шоколада: темперирование шоколадных масс, отливка в формы, охлаждение отлитых заготовок;

– завертка и упаковка шоколадных плиток.

**Характеристика комплексов оборудования.** Выполнение начальных стадий технологического процесса осуществляется при помощи комплекса оборудования для первичной переработки какао-бобов: дозаторы, машины для очистки, сортирования и просеивания какао-бобов, обжарочные аппараты, дробильно-очистительные машины для получения какао-крупки, мельницы, емкости и системы транспортирования сыпучих и жидких продуктов.

Комплекс оборудования для производства какао-масла и какао-порошка включает дозаторы, гидравлические прессы, зубовалковую мельницу, размольный агрегат, фасовочные машины и транспортирующие устройства.

Для приготовления шоколадных масс применяется комплекс оборудования, содержащий микромельницу для сахара, рецептурно-смесительную установку, пятивалковые мельницы, конш-машины, а также дозаторы компонентов, транспортирующие устройства и расходные емкости.

Ведущий комплекс оборудования линии обеспечивает формование шоколада и содержит темперирующую машину, отливочный агрегат, вибрационный конвейер и охлаждающий аппарат.

Завершающие операции производства выполняются машинами для индивидуальной и групповой упаковки шоколадных плиток.

На рис. 4.5 показана машинно-аппаратурная схема линии производства плиточного шоколада и какао-порошка.

**Устройство и принцип действия линии.** Какао-бобы выгружают из расходных бункеров 1 и передают конвейером 2 на взвешивание автоматическими весами 3. Далее через бункер-питатель 4 бобы поступают в очистительно-сортировочную машину 5. В ней какао-бобы очищаются от посторонних примесей и сортируются по размерам.

В зависимости от качества исходного сырья получают в среднем 97 % полноценных какао-бобов, до 2,7 % раздробленных и сдвоенных бобов, а также 0,3...1,0 % неиспользуемых отходов (крошка, песок, пыль и др.). Отсортированные какао-бобы выгружают из машины 5 через магнитный уловитель и норией 6 подают в промежуточный бункер 7 для передачи на термическую обработку. Дробленые и сдвоенные какао-бобы накапливают в отдельных бункерах, чтобы обеспечить в дальнейшем специальные режимы их термической обработки.

В обжарочный аппарат 9 какао-бобы подаются питателем 8 из бункера 7. Термическая обработка бобов заключается в их обжаривании горячим воздухом температурой 130...180 °С, но температура самих бобов должна быть не выше 125 °С. При таком температурном режиме влажность какао-бобов уменьшается от 6...8 до 2,5...3,0 %, увеличивается хрупкость ядра и оболочки (какаовеллы), отделяется какаовелла от ядра. В результате обжаривания бобов появляются ароматообразующие вещества, удаляются неприятные летучие кислоты и происходят другие химические изменения, определяющие цвет, вкус и аромат какао-бобов. Обжаривание различных по размеру и форме какао-бобов и их частей требует разной продолжительности их обработки.

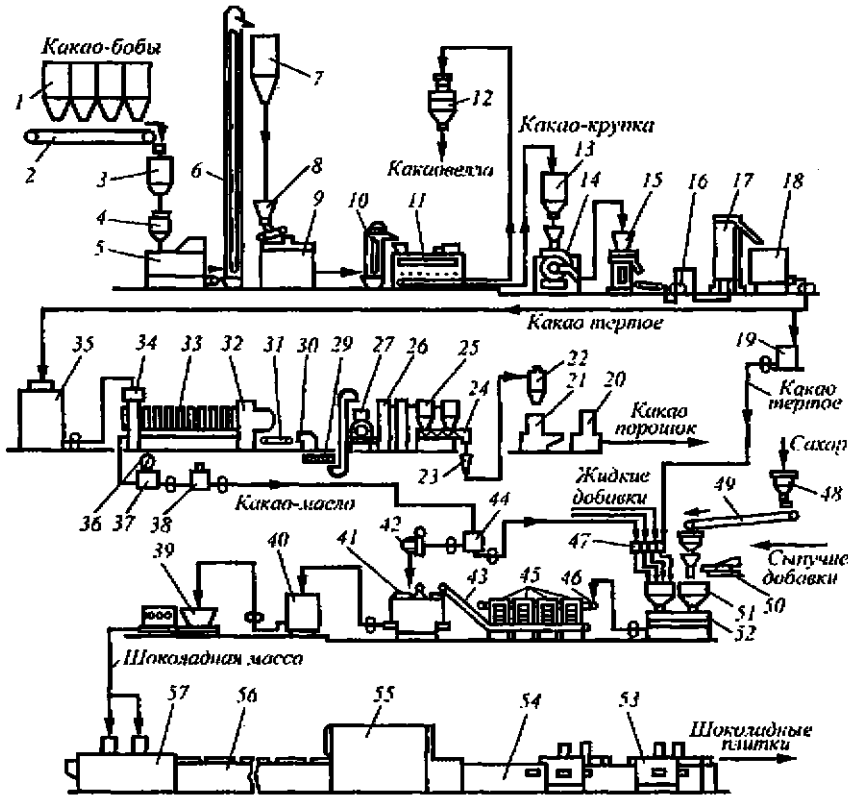


Рис. 4.5 Машинно-аппаратурная схема линии производства плиточного шоколада и какао-порошка

Обжаренные какао-бобы в аппарате 9 подвергаются быстрому охлаждению до температуры  $25...30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что увеличивает хрупкость бобов, снижает окисление какао-масла и препятствует диффузии масла в какао-веллу.

Далее бобы норией 10 загружаются в дробильно-очистительно-сортировочную машину 11, в которой они дробятся на кусочки размером от 0,75 до 8 мм. Дробленая смесь состоит из кусочков ядра – какао-крупки и какао-веллы. Дробленую смесь делят на ситах на несколько фракций для более полного отделения крупки от какао-веллы. Крупка и какао-велла одинакового размера имеют разную парусность, определяемую скоростью воздуха, при которой частицы витают. Поэтому в аспирационных каналах машины 11 при помощи воздушного потока от крупки отщепляется какао-велла. Во фракциях с мелкими размерами крупки и какао-веллы парусности близки, поэтому полного разделения трудно достигнуть. В них менее полно отделяется какао-велла. Выход какао-крупки должен составлять не менее 87 % обжаренных какао-бобов.

Из машины 11 какао-велла поступает в циклон 12, после отделения от воздуха она выгружается в мешки и отправляется на утилизацию. Какао-крупка пневмотранспортером подается через магнитный сепаратор в расходный бункер 13. Из него крупку используют для производства какао-тертого.

Клетки какао-бобов содержат какао-масло, белковые вещества и крахмальные зерна. Клетки имеют размеры в пределах  $23...40\text{ }\mu\text{м}$ , толщина стенок клеток  $12\text{ }\mu\text{м}$ .

Получение какао тертого заключается в таком измельчении какао-крупки, чтобы разрушить клеточные стенки и высвободить содержащееся в клетках какао-масло.

Какао-крупка последовательно измельчается на трех мельницах: ударно-штифтовой 14, дисковой 15 и шариковой 17. В мельнице 14 крупка подвергается предварительному измельчению и поступает на истирание между дисками мельницы 15. В ней получается грубодисперсное какао тертое, которое насосом 16 нагнетается в шариковую мельницу 17 для тонкого измельчения. Готовая тертая масса собирается в темперирующем сборнике 18, из которого может перекачиваться насосом либо в сборник 35 для получения какао-масла и какао-порошка, либо в сборник 19 для производства шоколада.

Какао тертое, предназначенное для получения какао-масла, хранится в темперирующем сборнике 35 при температуре 85...90 °С в течение не менее 8 ч. В результате многочасового вымешивания и нагревания влажность какао тертого снижается до 1,5 %, уменьшается его вязкость и облегчается отделение какао-масла.

Из сборника 35 какао тертое насосом перекачивается в дозирующую емкость 34, из которой по трубопроводам с обратными клапанами какао тертое поступает в рабочие камеры 33 гидравлического пресса 32. Прессование ведут при температуре какао тертого 90...95 °С. Продолжительность прессования от 15 до 20 мин при повышении давления в конце прессования до 35...45 МПа. Если очень быстро сжимать какао тертое, то масло не успеет стечь через капилляры между твердыми частицами до их закупоривания и его выход уменьшается.

Из рабочих камер 33 масло выдавливается через фильтрующие элементы и трубопроводы в емкость 37 с весами 36. По показаниям весов судят о количестве отжатого масла и завершении цикла прессования. Затем какао-масло перекачивают в фильтр 38, а из него в сборник 44.

Твердый остаток, образующийся после прессования и называемый какао-жмыхом, представляет собой диски массой 8...10 кг, диаметром 450...550 мм и толщиной 40...45 мм, количество которых зависит от количества рабочих камер пресса. В жмыхе остается 10,5...17 % жира. При разгрузке пресса 32 диски из жмыха падают под пресс на ленточный конвейер 31, снабженный воздушным охлаждением. Он подает диски в жмыходробилку 30, в которой их дробят на куски размером с грецкий орех. Далее куски жмыха шнеком 29 и норией 28 подаются через магнитный сепаратор в штифтовую мельницу 27. При измельчении получается горячий порошок температурой до 110 °С, который воздухом подается в теплообменный аппарат 26, представляющий собой трубу в трубе со шнеком внутри. В кольцевом пространстве между трубами течет раствор хлорида кальция температурой 14 °С. В теплообменнике порошок охлаждается до 16 °С. Далее порошок отделяется от воздуха в циклоне 25 и шнеком 24 подается в классификатор 23, и после отделения в нем крупных частиц поступает в сборник 22. Из последнего какао-порошок поступает в машину 21 для фасования в картонные коробки, которые затем оклеиваются целлофаном в машине 20. Из нее коробки с какао-порошком транспортируются в экспедицию для упаковки в торговую тару и отправки потребителям.

Приготовление шоколадной массы начинается с формирования рецептурной смеси в соответствии с утвержденной рецептурой. Из темперирующих сборников жидкие компоненты (какао тертое, какао-масло и др.) насосами подаются в дозаторы 47 рецептурно-смесительной установки 52. В дозаторы 50 загружают сахар, сухое молоко и другие сыпучие компоненты. Сахар подается в виде предварительно

приготовленной сахарной пудры с размерами частиц не более 80 мкм. Для этого сахар-песок из расходного бункера 48 транспортируется конвейером 49 в питатель мельницы 51 и после измельчения поступает в дозатор установки 52.

Загрузку компонентов в смеситель установки 52 при одновременном их перемешивании выполняют в такой последовательности: какао тертое, сахарная пудра и все добавления, подлежащие измельчению (сухое молоко, тертый орех, кофе и др.). Разогретое какао-масло подают постепенно, чтобы масса имела температуру 40...45 °С, а общее содержание жира составляло 24...30 %. В результате смешивания компонентов необходимо получить однородную массу температурой 35...45 °С с пластичной тестообразной консистенцией. Такая масса непрерывно поступает на конвейер 46 со стальной лентой и с помощью шиберов распределяется на пятивалковые мельницы 45.

Количество параллельно установленных мельниц зависит от производительности смесителя и может достигать семи штук. Качество шоколада существенно зависит от степени измельчения рецептурной смеси: чем меньше размер твердых частиц, тем выше качество. Размер частиц не должен превышать 35 мкм, а шоколадная масса в зависимости от вида вырабатываемого шоколада должна содержать от 92 до 97 % частиц размером менее 20 мкм. Измельчение массы осуществляется путем растирания и раздавливания твердых частиц в зазоре между быстровращающимися валками, имеющими шлифованную твердую поверхность. Сопряженные валки вращаются с разными скоростями в противоположных направлениях. Степень измельчения массы зависит от величины зазора между сопряженными валками. Чем сильнее сжаты валки, тем лучше будет измельчен продукт, но с уменьшением зазора между валками снижается производительность мельницы. В процессе измельчения в мельнице 45 наблюдается изменение жидкой консистенции загружаемой рецептурной смеси в порошкообразный продукт. При измельчении увеличивается поверхность твердых частиц массы, поэтому введенного в рецептурную смесь какао-масла оказывается недостаточно для полного смачивания частиц, и масса приобретает сыпучесть.

Измельченная масса ссыпается на непрерывно движущийся конвейер 43 со стальной лентой, который направляет продукт на разведение, гомогенизацию и конширование в ротационную конш-машину 41. Процессы разведения шоколадной массы какао-маслом с добавлением поверхностно-активных веществ (ПАВ), гомогенизация и конширование шоколадных масс осуществляются одновременно.

Рабочие органы конш-машины: три гранитных конических ролика, совершающих планетарное движение по конусной гранитной внутренней поверхности емкости, а также лопастные мешалки и шнек подвергают шоколадную массу интенсивной механической обработке. Продолжительность вымешивания устанавливают в зависимости от типа применяемого оборудования и вида обрабатываемой массы. Например, в ротационной конш-машине масса для обычного молочного шоколада обрабатывается в течение 8 ч при температуре 45...55 °С, а для получения десертного шоколада без добавлений требуется 24 ч перемешивания при температуре 55...75 °С.

В процессе конширования происходит частичное удаление влаги и равномерное распределение масла между твердыми частицами, которые приобретают округлую форму. При измельчении твердых частиц увеличивается их поверхность и для поддержания необходимой вязкости шоколадной массы требуется периодически добавлять какао-масло при помощи дозатора 42. Обработанная масса становится однородной и приобретает пластичную консистенцию с минимальной постоянной вязко-



стью. Под влиянием продолжительного механического и теплового воздействия в шоколадной массе происходит ряд физико-химических и структурно-механических изменений, которые обуславливают существенное улучшение качества шоколада, повышая его вкусовые и ароматические достоинства.

Приготовленная шоколадная масса перекачивается на хранение в temperирующие сборники, а затем в temperирующие машины 40, в которых температура постепенно снижается до 40...45 °С. Готовую шоколадную массу, поступающую на формирование, подвергают фильтрации для удаления посторонних примесей. Массу пропускают через металлические фильтры с диаметром ячеек 2 мм, установленные на входе в автоматическую машину 39 для temperирования шоколадных масс.

Temperирование шоколадной массы в машине 39 протекает непрерывно в очень тонком слое при весьма интенсивном перемешивании. Массу быстро охлаждают от 45...50 °С до 33 °С, а затем медленно снижают температуру до 30...32,5 °С (при выработке шоколада без добавлений) и выдерживают массу в этом температурном интервале, не прекращая интенсивного перемешивания. Вследствие большой вязкости и значительной массы молекулы какао-масла имеют малую скорость, что затрудняет создание центров кристаллизации. При таком режиме создаются оптимальные условия для равномерного образования центров кристаллизации только устойчивой β-формы масла-какао и исключается жировое поседение шоколада.

Отtemперированная шоколадная масса подается в агрегат для формирования плиточного шоколада, состоящий из отливочной машины 57, цепного конвейера с формами и охлаждающего аппарата 55. Отливочная машина имеет две дозировочные головки, которые при помощи поршневых систем дозируют определенные порции шоколадной массы в жесткие формы. Например, первая по ходу технологического процесса дозировочная головка настроена на порцию массы 50 г, а вторая – 100 г. При этом составы шоколадных масс, подаваемых в головки, тоже могут быть различны. Производительность дозировочной головки до 24 форм/мин регулируется бесступенчато.

При формировании шоколада используют преимущественно металлические формы. Их изготавливают из специальной нержавеющей стали (сталита) или малоуглеродистой мягкой стали, покрытой с рабочей стороны тонким слоем чистого никеля (платиноля). Формы и все их ячейки должны иметь блестящую и гладкую, хорошо отшлифованную и отполированную, совершенно чистую рабочую поверхность. Формы шарнирно закреплены на цепном конвейере длиной около 200 м, их можно легко снять или поставить на конвейер в месте поворота конвейера перед дозировочной головкой. При изготовлении шоколадных плиток разной массы и состава формы устанавливаются на конвейере поочередно через одну для каждого вида изделий.

Формование шоколадных плиток происходит следующим образом. Temперированная шоколадная масса дозировочными головками заливается в формы, предварительно подогретые до температуры 30...32 °С. Заполненные формы поступают в зону вибрационной обработки 56. Их принудительно перемещают цепным конвейером по поверхности постоянных магнитов, совершающей вибрационные колебания по вертикали с частотой 33 Гц. Вибрация приводит к разрушению внутренней структуры шоколадной массы и, как следствие, к понижению предельного напряжения сдвига и вязкости. При этом шоколадная масса хорошо заполняет все углубления формы, содержащиеся в массе мелкие пузырьки воздуха удаляются из ее объема. Благодаря вибрационной обработке форм в течение 3...5 мин шоколад приобре-

тает темный цвет и блестящую поверхность. Обработанная вибрацией шоколадная масса должна быть быстро охлаждена, так как при медленной кристаллизации образуются крупные кристаллы какао-масла и возможно жировое поседение шоколада. Поэтому формы с шоколадной массой охлаждаются в аппарате 55 сначала в течение 19 мин при температуре 6...10 °С. Чем ниже температура в охлаждающей камере, тем мельче получают кристаллы какао-масла устойчивой β-формы, а их распределение в массе равномернее. При низкой температуре воздуха изделие имеет блестящую зеркальную поверхность. Само изделие получается хрупким, имеющим нежный, тающий вкус и однородную структуру в изломе. По окончании кристаллизации формы переворачивают на 180 °С, под действием вибрации шоколадные плитки выпадают из форм на пластинчатый конвейер, а пустые формы возвращаются цепным конвейером к отливочной машине 57. В нижней части охлаждающего аппарата 55 находится зона акклиматизации, в которой шоколадные плитки, размещенные на пластинчатом конвейере, продолжают выдерживаться при температуре 11...15 °С. Шоколадные плитки, имеющие температуру, близкую к температуре воздуха цеха, можно направлять на завертку без длительной выстойки. Если вышедшая из охлаждающего аппарата плитка шоколада имеет температуру ниже точки росы воздуха в цехе, то на ее поверхности конденсируется влага из воздуха. В конденсате растворяется сахар, содержащийся в поверхностном слое. После прогревания изделия влага испаряется, а растворенный в ней сахар выкристаллизовывается. Поверхность плитки приобретает неприятный серый налет – сахарное поседение шоколада.

Шоколадные плитки выгружаются из аппарата 55 четырьмя ленточными питателями 54 и передаются в заверточные машины 53. Завертка плиточного шоколада производится в алюминиевую фольгу, парафинированную или подпергаментную подвертку и красочную этикетку. Фольга и подвертка предохраняют шоколад от увлажнения, а, следовательно, от сахарного поседения, а также от потери аромата. Готовый шоколад обладает хрупкостью, в связи с чем предусмотрена дополнительная упаковка завернутых плиток в картонные футляры массой 2...2,5 кг. Футляры упаковывают в фанерные или тесовые ящики, картонные коробки, которые закрываются, забиваются гвоздями или заклеиваются.



Все мысли, которые имеют огромные  
последствия, всегда просты.  
*ТОЛСТОЙ ЛЕВ НИКОЛАЕВИЧ (1828-1910),  
русский писатель*

#### 4.6 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МОРОЖЕНОГО

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Мороженое – это сладкий замороженный продукт, вырабатываемый из приготовляемых по специальным рецептам жидких смесей, содержащих в определенных соотношениях составные части молока, плодов, ягод, овощей, сахарозу, стабилизаторы, в некоторых рецептурах – яичные продукты, вкусовые и ароматические вещества. Во многих рецептурах предусматривается одновременное использование молочного и растительного сырья.

По способам выработки мороженое подразделяют на закаленное, мягкое и домашнее.

Закаленное мороженое – это продукт, изготавливаемый в производственных условиях, который после выхода из фризера, с целью повышения стойкости при хранении замораживают (закаливают) до низких температур (минус 18 °С и ниже). В таком виде его сохраняют до реализации. Закаленное мороженое отличается высокой твердостью.

Мягким называется мороженое, которое вырабатывают в основном на предприятиях общественного питания и употребляют в пищу сразу же после выхода из фризера (температурой минус 5...7 °С). По консистенции и внешнему виду оно напоминает крем.

Домашнее мороженое изготавливают в домашних условиях с использованием компрессионного холодильного шкафа.

Закаленное мороженое классифицируют по виду продукта и наполнителя (по составу) и по виду фасования. По виду продукта и наполнителя оно подразделяется на основные и любительские виды. Мороженое любительских видов вырабатывают в сравнительно меньших количествах, чем мороженое основных видов.

Разновидности мороженого основных видов получают название в зависимости от своего состава и вводимых в продукт добавок (наполнителей).

По виду фасования закаленное мороженое подразделяют на весовое, крупнофасованное и мелкофасованное.

Для мороженого характерны высокая пищевая ценность и хорошая усвояемость организмом человека. В этом продукте, выработанном на молочной основе, содержится молочный жир, белки, углеводы, минеральные вещества, витамины А, группы В, D, E, P. В мороженом, в состав которого входят плоды или ягоды, богатые витамином С, содержится значительное количество этого витамина.

Молочный жир, как известно, по сравнению с другими пищевыми жирами является наиболее ценным. Он отличается приятным вкусом, высокой усвояемостью, уникален по составу, включающему несколько десятков жирных кислот, в том числе много незаменимых. В рецептуры некоторых видов мороженого входят также растительные жиры (как самостоятельно, так и в сочетании с молочным жиром), полезные для организма человека.

Белки в мороженом на молочной основе представлены в основном казеином; сывороточные белки – альбумин и глобулин – частично коагулируют при пастеризации смесей мороженого. Кроме этих белков, как уже указывалось, в мороженом находятся белки оболочек жировых шариков. Белки мороженого являются полноценными белками и усваиваются лучше других пищевых белков.

Углеводы в мороженом представлены сахарозой и молочным сахаром (лактозой). В мороженом, содержащем плодово-ягодное сырье, обычно присутствуют и простые сахара – глюкоза и фруктоза. Углеводы являются существенными источниками энергии для организма человека.

Мороженое содержит такие важные минеральные вещества, как натрий, калий, кальций, фосфор, магний, железо и многие другие.

**Особенности производства и потребления готового продукта.** Фризерование – основной процесс производства мороженого, при осуществлении которого происходит частичное замораживание и насыщение смесей воздухом, распределяемым в продукте в виде мельчайших пузырьков. В процессе фризерования смеси образуется структура мороженого, которая окончательно формируется при последующей холодильной обработке продукта.

Структура мороженого определяется главным образом формой и размерами кристаллов льда. Чем они мельче и равномернее распределены в общей массе мороженого, тем лучше его качество.

Во фризера должна поступать смесь температурой 2...6 °С. Температура мороженого при выходе из фризера в зависимости от состава смеси, фасования и используемого фасовочного оборудования должна быть в пределах минус 3,5...5 °С.

В производстве закаленного мороженого продукт после фризирования подвергают дальнейшему замораживанию (закаливанию), стараясь по возможности приблизить температуру мороженого к температуре камеры хранения (минус 18...20 °С и ниже). Этот процесс следует проводить в максимально короткий срок, чтобы не допустить существенного увеличения размеров кристаллов льда. Для закаливания фасованного мороженого (в брикетах, стаканчиках и т.п.) в отечественной промышленности используют специальные скороморозильные аппараты.

Температура фасованного мороженого после закаливания в скороморозильных аппаратах должна быть не выше минус 10 °С. Перед помещением в камеру хранения мелкофасованное мороженое подвергают дозакаливанию в закалочных камерах или камерах хранения. Продолжительность дозакаливания мелкофасованного мороженого составляет от 24 до 36 ч.

Весовое мороженое фасуют в крупную тару с целью приготовления в дальнейшем порционного мороженого. Его используют также для приготовления коктейлей.

Мороженое непосредственно после фризера фасуют в ящики из картона с полиэтиленовыми вкладышами или в металлические гильзы. Температура его должна быть не выше минус 4,5 °С.

Используются ящики из гладкого коробочного картона марки Г, из гофрированного картона марки Т и комбинированные – с отдельными деталями из коробчатого и гофрированного картона. Масса мороженого в ящике не должна превышать 10 кг. Заполненный мороженым полиэтиленовый вкладыш запечатывают с помощью термосварки или полиэтиленовой лентой с липким слоем.

Фасованное мороженое выпускают порциями различной массы в пределах от 50 до 250 г и в более крупной упаковке массой до 2 кг. Мелкофасованное мороженое вырабатывают:

- в виде однослойных брикетов в глазури и без глазури, с вафлями и без вафель, упакованных в этикетки или пакетики;
- в виде однослойных и многослойных порций мороженого в форме, близкой к цилиндру, прямоугольному параллелепипеду, усеченному конусу или усеченной пирамиде, а также в виде различных фигур (фигурное мороженое), напоминающих по очертаниям гриб, банан и других, глазированных, с палочкой и без палочки, упакованных в этикетки, пакетики или полиэтиленовую пленку;
- в бумажных стаканчиках с крышками из бумаги или полимерных материалов, с бумажными этикетками в виде кружка, в стаканчиках из полистирола с крышками, в бумажных коробочках;
- в вафельных стаканчиках, рожках, трубочках и конусах, упакованных в этикетку или пакетик, а также без упаковки;
- в виде пирожных различной формы из пломбира, оформленного кремом, цукатами, шоколадной глазурью и т.д.

К мороженому основных видов на молочной основе относят молочное, сливочное и пломбир, отличающиеся друг от друга по содержанию молочного жира, а, следовательно, и содержанию сухих веществ. В состав этих видов мороженого входят молочные продукты, сахар, стабилизаторы. В качестве ароматизатора в мороженое добавляют ванилин или заменяющие его вещества.

Значительное расширение ассортимента мороженого достигается за счет введения в него различных вкусовых веществ, а также покрытия порций глазурью. Наполнителями принято называть вкусовые вещества, образующие со смесью или мороженым однородную массу. При несоблюдении этого условия вкусовые вещества называют добавками. К десертным добавкам относят ягоды, орехи, шоколад и другие, а также специальные гарниры: шоколадный, ореховый, клубничный и другие, которые добавляют к уже выработанному мороженому.

В рецептурах мороженого на молочной основе с наполнителями учитывают сухие вещества наполнителя, жир, яйца и заменяющих его яичных продуктов, жир какао-порошка и тертого ореха при составлении рецептур не учитывается, но он фактически увеличивает содержание жира в мороженом.

**Стадии технологического процесса.** Производство мороженого включает в себя следующие стадии:

- приемка молока и оценка его качества;
- очистка молока, охлаждение и резервирование;
- приготовление смеси (дозирование и смешение отдельных видов сырья);
- фильтрация смеси;
- пастеризация смеси;
- гомогенизация;
- охлаждение;
- созревание;
- фризерование;
- фасование;
- закаливание;
- дозакаливание мороженого.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства мороженого выполняются при помощи комплексов оборудования для приема, охлаждения, переработки, хранения и транспортирования сырья. Приемку сырья осуществляют при помощи весов (молокосчетчиков), сепараторов-молокоочистителей, пластинчатых охладителей, фильтров и вспомогательного оборудования.

Ведущий комплекс линии состоит из подогревателей, сепараторов-сливкоотделителей, гомогенизаторов, пастеризаторов, охладителей и емкостей для хранения полуфабрикатов.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает фасование, закаливание и хранение готовой продукции. Он содержит фасовочно-упаковочные машины и оборудование морозильных камер для готовой продукции.

Машинно-аппаратурная схема линии производства мороженого приведена на рис. 4.6.

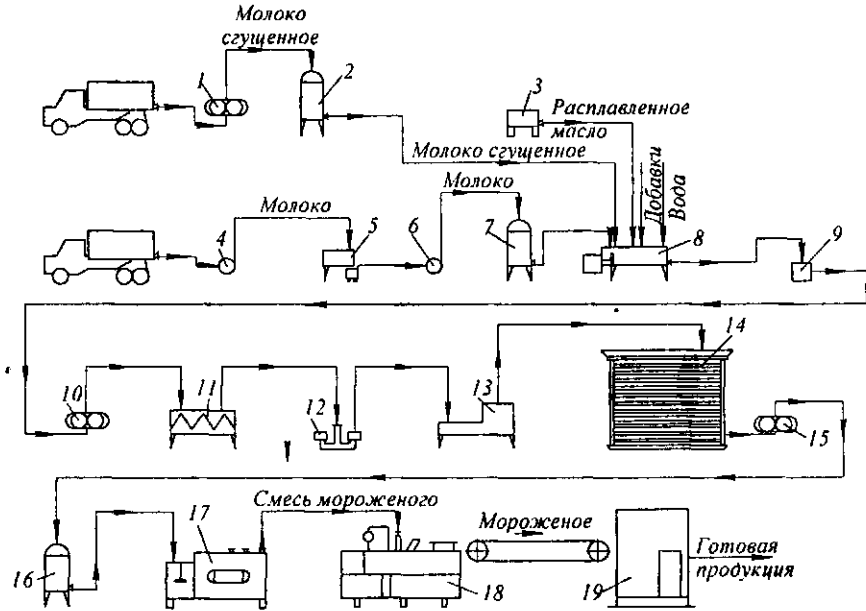


Рис. 4.6 Машинно-аппаратурная схема линии производства мороженого

**Устройство и принцип действия линии.** Цельное молоко поступает в автоцистерне и перекачивается насосом 4 на весы 5, где его взвешивают и с помощью насоса 6 направляют в вертикальный резервуар 7, где оно сохраняется при температуре не выше  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Сгущенное молоко также поступает на предприятие в автоцистерне и перекачивается насосом 1 в специальный резервуар 2. Сгущенное молоко хранится при температуре от  $0$  до  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха не выше  $85\%$  не более одного месяца со дня выработки. Монолит масла перед внесением в смесь расплавляют на маслоплавителе 3. Компоненты смешивают в смесительной ванне 8 в определенной последовательности при температуре  $35\text{...}45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Сначала заливают жидкие продукты и вводят сгущенное молоко. Затем вносят сухие продукты – добавки, стабилизаторы и т.д. Подогрев производится острым паром через барботер. Давление греющего пара  $0,08\text{ МПа}$ . Для удаления из смеси нерастворившихся комков сырья и возможных механических примесей ее фильтруют, используя для этого цилиндрический фильтр 9. Насосом 10 смесь подается в пароводяной пастеризатор 11 со змеевиковой мешалкой. Давление рабочего пара  $0,3\text{ МПа}$ . Температура пастеризации  $86\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Время пастеризации 5 мин. Пастеризация предназначена для уничтожения в смеси болезнетворных бактерий и снижения микрофлоры. Из пастеризатора смесь под давлением  $0,2\text{...}0,25\text{ МПа}$  подается в фильтр 12. Затем смесь обрабатывают в гомогенизаторе 13 для раздробления жировых шариков с целью улучшения структуры мороженого. Гомогенизация смеси препятствует отстаиванию жира и образованию комочков масла при фризировании. Смесь гомогенизируется при температуре близкой к температуре пастеризации, при этом не допускается охлаждение смеси. Размер жировых шариков не должен превышать  $2\text{ мкм}$ . После гомогенизации смесь охлаждается до температуры минус  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  на оросительном охладителе 14 открытого типа, с целью создания благоприят-

ных условий для жизнедеятельности и развития микроорганизмов, которые могут попасть в смесь после пастеризации. Смесь охлаждают холодной водой, затем рассолом с температурой минус 5...7 °С. Рабочее давление воды и рассола 120...200 кПа. Продукт и хладоноситель движутся противотоком. При более низкой температуре рассола происходит загустение смеси и намерзание на поверхность охладителя.

Смесь для приготовления мороженого после охлаждения направляют насосом 15 с специальные теплоизолированные резервуары 16. Выдержка является обязательной стадией технологического процесса: она необходима для повышения вязкости смеси. Смесь выдерживают при температуре 2...6 °С не более 24 часов. Фризерование осуществляется в фризерах 17, в которые смесь поступает с температурой 2...6 °С.

Фризерование заканчивают при достижении температуры смеси минус 4,5...6 °С, при этом в лед превращается 45...50 % всей влаги, содержащейся в продукте. Одновременно с охлаждением смеси во фризере происходит ее взбивание – насыщение воздухом, который распределяется в виде пузырьков. При этом желательно получить более мелкие воздушные пузырьки и равномерно их распределить по объему продукта. После фризерования смесь продукта поступает в дозатор фасовочной машины 18, в которой происходит деление смеси на порции и упаковка их в брикеты. Для последующего хранения и защиты брикетов мороженого от механических воздействий их подвергают закаливанию, то есть выдерживают при температуре минус 28...35 °С в скороморозильном аппарате 19. После закаливания продукт является полностью готовым и может поступать на реализацию.



Юность дается человеку только раз в жизни, и в юности каждый доступнее, чем в другом возрасте, всему высокому и прекрасному. Благо тому, кто сохранит юность до старости, не дав душе своей остыть, ожесточиться, окаменеть.  
*БЕЛИНСКИЙ ВИССАРИОН ГРИГОРЬЕВИЧ (1811–1848),  
русский публицист, критик, теоретик  
и историк литературы*

#### 4.7 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КИСЛОМОЛОЧНЫХ НАПИТКОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Кисломолочные напитки – жидкообразные продукты, образованные в результате коагуляции белков в закисшем вследствие брожения молока. Кисломолочные напитки помимо питательной ценности обладают диетическими и лечебными эффектами. В результате изменения свойств белков молока при сквашивании эти продукты усваиваются лучше и быстрее, чем питьевое молоко. Молочная кислота, содержащаяся в кисломолочных напитках, возбуждают аппетит, утоляет жажду, улучшает работу желудочно-кишечного тракта и почек человека. Кроме того, молочная кислота обладает антимикробными свойствами и оказывает благоприятное воздействие на микрофлору кишечника.

В зависимости от вида микроорганизмов, вызывающих сквашивание молока и образующихся при этом продуктов, кисломолочные напитки имеют широкий ассортимент: различные виды простокваши, кефир, йогурт, ацидофилин, большое число национальных напитков и др.

Кисломолочные напитки выпускают нежирными и с разными величинами массовой доли жира: 1; 2,5; 3,2; 4 и 6 %. В некоторые группы кисломолочных напитков

вводятся различные добавки: сахар, плодово-ягодные наполнители, ароматизаторы, витамин С и др.

Кисломолочные напитки вырабатывают из молока не ниже второго сорта и кислотностью не более 19 °Т.

Закваски для кисломолочных напитков готовят на чистых культурах микроорганизмов. Для кефира закваску можно также приготовить на естественном сочетании нескольких микроорганизмов – кефирных грибках. Для приготовления заквасок используют молоко не ниже первого сорта плотностью 1028 кг/м<sup>3</sup>.

Сливки, обезжиренное и сухое молоко, добавки, наполнители и другие виды сырья и полуфабрикатов, используемые при производстве кисломолочных напитков, должны по качеству соответствовать действующей нормативной документации.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Производство кисломолочных напитков основано на различных видах брожения молочного сахара (лактозы) под действием микроорганизмов и связано с последовательно протекающими процессами образования производственной закваски, заквашивания и сквашивания нормализованной молочной смеси.

*Производственную закваску* готовят путем внесения лабораторных препаратов чистых культур микроорганизмов в охлажденное стерилизованное молоко, перемешивания и последующего сквашивания смеси до образования плотного сгустка кислотностью 65...75 °Т.

*Заквашивание* заключается в равномерном и тщательном перемешивании определенной порции молочной смеси с заданной порцией производственной закваски. Лучше использовать свежеприготовленную производственную закваску. Если используют охлажденную закваску после хранения, то для повышения активности микроорганизмов после хранения ее вносят в теплое пастеризованное молоко температурой 30...40 °С в соотношении две части молока на одну часть закваски. Смесь перемешивают, оставляют на один час и затем используют.

*Сквашивание* – выдержка заквашенной молочной смеси при температуре оптимальной для жизнедеятельности микроорганизмов. В результате размножения микроорганизмов их число достигает 100 млн. в 1 мл молочной смеси. Протекает сложный биотехнологический процесс, при котором в молоке под действием ферментов, выделяемых микроорганизмами, расщепляется молочный сахар (лактоза) с образованием молочной и других кислот, спиртов, диоксида углерода и др. Кроме того, размножаясь и погибая в огромных количествах, микроорганизмы обогащают продукт полноценными белками и ферментами, повышая его биологическую ценность.

В зависимости от образующихся при этом продуктов различают молочно-кислое, спиртовое и смешанное (совместное спиртовое и молочнокислое) брожение. В связи с этим в производстве кисломолочных продуктов выделяют две основные группы: полученные в результате только молочнокислого брожения (простокваша, творог, сметана и др.) и полученные в результате смешанного брожения (кефир, ацидофилин, йогурт и др.)

В процессе сквашивания происходит преобразование свойств молочных белков: проявляется их способность к коагуляции – укрупнению частиц с последующим выпадением в виде хлопьевидного осадка. При производстве кисломолочных напитков коагуляция белков происходит под воздействием молочной кислоты (кислотная коагуляция). В результате в сквашенном молоке формируется структурированная дисперсная система – сгусток, имеющий вязкопластичную консистенцию.



Для выработки большинства кисломолочных напитков применяют два способа: резервуарный и термостатный. Стадии технологического процесса обоих способов в основном одинаковые, кроме места сквашивания продукта.

При резервуарном способе молочную смесь сквашивают в специальных аппаратах, снабженных мешалками, в них же происходит и созревание продукта (например, кефира). После этого продукт разливают в тару и отправляют либо на хранение, либо потребителю.

При термостатном способе после заквашивания молочную смесь разливают в потребительскую тару (пакеты, бутылки) и направляют в термостатную камеру для сквашивания. В результате сгусток образуется из дозы продукта, размещенного в упаковке. Затем продукт охлаждают в холодильной камере, после чего он готов к реализации.

Готовые кисломолочные продукты охлаждают до температуры 6...8 °С, при которой хранят не более 24 ч.

**Стадии технологического процесса.** Производство кисломолочных продуктов резервуарным способом состоит из следующих стадий и основных операций:

- приемка молока, сортирование по качеству и измерение количества принятого молока;
- очистка от механических примесей и охлаждение молока;
- нагревание и сепарирование молока;
- образование нормализованной молочной смеси: нормализация, очистка, пастеризация и охлаждение;
- дозирование нормализованной молочной смеси и закваски; выдержка и перемешивание смеси с закваской и молочного сгустка;
- охлаждение ледяной водой, созревание и перемешивание молочного сгустка;
- фасование готового продукта в потребительскую тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия производства кисломолочных продуктов начинается с комплекса оборудования для подготовки сырого молока к переработки, включающие самовсасывающие насосы, счетчики – расходомеры, фильтры, охладительные установки и резервуары для хранения молока.

Ведущими в линии являются комплексы оборудования для образования, заквашивания и сквашивания нормализованной молочной смеси, включающие насосы, теплообменные установки, сепараторы-сливкоотделители, дозаторы и резервуары для смешивания компонентов молочной смеси, сепараторы-молокоочистители и гомогенизаторы, а также аппараты для заквашивания и сквашивания молочной смеси с последующим охлаждением, перемешиванием и выдержкой молочного сгустка.

В завершающий комплекс для получения готовой продукции входят резервуары для хранения, насосы, охлаждающие установки и машины для фасования готовой продукции в потребительскую тару.

Машинно-аппаратурная схема линии производства кисломолочных напитков резервуарным способом показана на рис. 4.7.

**Устройство и принцип действия линии.** После проверки качества молоко с помощью центробежных самовсасывающих электронасосов 1 отбирается через трубопровод с установленным на нем счетчиком – расходомером 2 и фильтром 3. Очищенное сырое молоко охлаждают на пластинчатой охладительной установке 4 и загружают в резервуар 5.

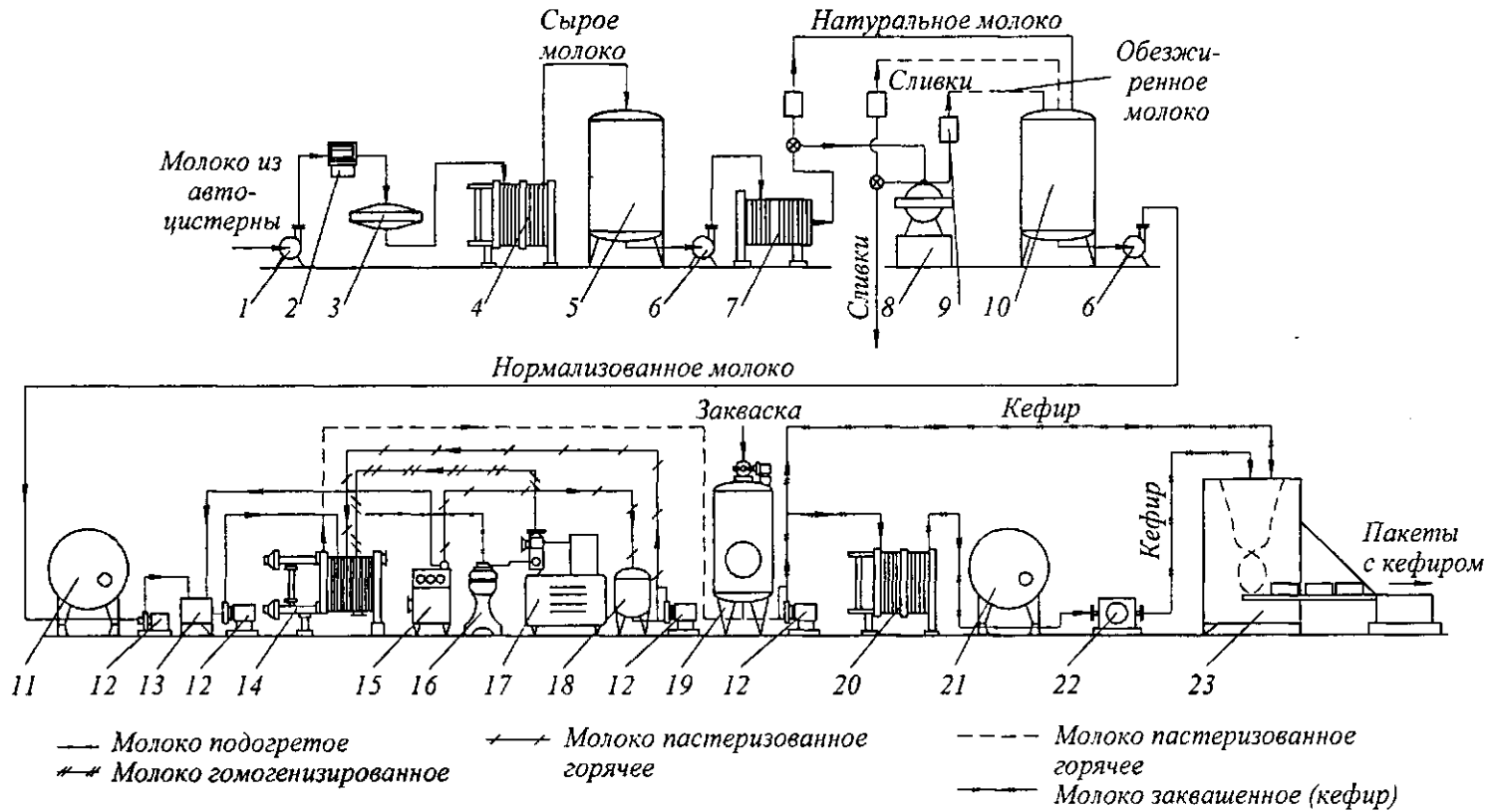


Рис. 4.7 Машинно-аппаратурная схема линии производства кисломолочных напитков

Для получения нормализованной молочной смеси сырое молоко перекачивают центробежным насосом 6 на тепловую и механическую обработку.

В линиях производительностью 2,5 и 5 т/ч проводят нормализацию периодическим (резервуарным) способом. Для этого сырое молоко в пластинчатой теплообменной установке 7 нагревается до температуры 41...45 °С и подают в сепаратор-сливкоотделитель 8. В нем молоко разделяется на сливки и обезжиренное молоко.

Молочную смесь нормализуют путем смешивания компонентов в резервуаре 10. Для этого при помощи дозаторов 9 к определенному количеству натурального молока при тщательном перемешивании добавляют нужное количество обезжиренного молока или сливок, рассчитанное по материальному балансу. При производстве восстановленного молока используют сухое молоко распылительной сушки, которое предварительно растворяют.

Из резервуара 10 нормализованную молочную смесь перекачивают насосом 6 в производственный резервуар 11. Для выработки кисломолочных напитков молочную смесь насосами-дозаторами 12 через уравнильный бачок 13 подают в первую секцию рекуперации пластинчатой пастеризационно-охлаждающей установки 14 и после нагревания до температуры 35...45 °С очищают в сепараторе-молокоочистителе 16.

Нормализованную молочную смесь после очистки обрабатывают в гомогенизаторе 17 при давлении в клапане 12,5...17,5 МПа и температуре 43...85 °С. Затем эту смесь пастеризуют в установке 14 при температуре 90...94 °С с выдержкой 2...8 мин. или при 85...89 °С с выдержкой 10...15 мин. Допускается выдержка молока при этих температурах от 30 до 40 мин. Установка 14 снабжена пультом управления 15 со стабилизатором потока, обеспечивающим равномерность подачи молочной смеси в пластинчатый аппарат. После пастеризации молочную смесь загружают в резервуар 18 для выдержки.

При производстве кефира резервуарным способом молочную смесь из резервуара 18 подают насосом-дозатором 12 в установку 14, где подогревают до температуры заквашивания 23...25 °С. Заквашивание и сквашивание молочной смеси выполняют в аппарате 19. Он снабжен водяной рубашкой и специальными мешалками, обеспечивающие равномерное и тщательное перемешивание молочной смеси с закваской и молочного сгустка.

Во избежание вспенивания, влияющего на отделение сыворотки при хранении кефира, смесь в аппарат 19 подают через нижний штуцер.

Производственную кефирную закваску в массе 3...5 % от массы нормализованной смеси вносят или в потоке с использованием насоса-дозатора одновременно с нормализованной смесью, или перед подачей ее в аппарат 19. Для лучшего перемешивания смеси с закваской заполнение резервуара смесью производят при включенной мешалке. Перемешивание заканчивают через 15 мин. после заполнения аппарата 19.

Смесь сквашивают при температуре 23...25 °С до образования молочно-белкового сгустка кислотностью 85...100 °Т (рН 4,65...4,50).

По окончании сквашивания включают подачу ледяной воды в рубашку аппарата 19. Через промежуток времени 60...90 мин. После начала охлаждения включают мешалку. Молочный сгусток перемешивают 10...30 мин. Перемешивание должно обеспечить однородную консистенцию молочного сгустка. При хранении кефира с неоднородной, комковатой консистенцией может отделиться сыворотка.

Перемешанный и охлажденный до температуры 18...22 °С сгусток оставляют в покое до созревания на 6 ч, не выключая подачу воды в рубашку аппарата 19. После первого перемешивания мешалку останавливают на время 1...1,5 ч. Дальнейшее перемешивание ведут периодически, включая мешалку на 2...10 мин через каждый час, пока температура не достигнет 12...16 °С. Затем сгусток оставляют в покое для созревания на промежуток времени 9...13 ч, предварительно выключив подачу воды в рубашку.

В зависимости от производительности линии завершение процесса образования кефира осуществляют двумя способами. При производительности линии 2,5 и 5,0 т/ч готовый кефир из аппарата 19 насосом 12 загружают в приемную воронку фасовочной машины 23 для упаковывания в потребительскую тару.

При производительности линии 10 и 15 т/ч готовый кефир перед подачей на фасование предварительно охлаждают до 4...8 °С в пластинчатой охлаждающей установке 20 загружают в промежуточный резервуар 21. Из последнего насосом 22 кефир загружают в приемную воронку фасовочной машины 23 для упаковывания в потребительскую тару.

С целью улучшения консистенции готового продукта упакованный кефир перед реализацией рекомендуется выдерживать в холодильной камере при температуре 4...8 °С.



Если многие научные познания не успели сделать человека более умным, то, весьма естественно, делают его тщеславным и заносчивым.  
*АДДИСОН ТОМАС (1793–1860),  
английский врач*

#### 4.8 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВОРОГА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Творог – пастообразный кисломолочный концентрированный белковый продукт, образованный в результате частичного отделения жидкой фракции от сквашенного молока. В зависимости от вида творога массовая доля сухих веществ в нем составляет 20...35 %, жира – 0,6...18 %, белков – 15...20 %.

Специфическими достоинствами творог как продукт диетического и детского питания обязан наличию сравнительно большого количества белков, благоприятному сочетанию минеральных веществ, витаминов и микроэлементов, а также незаменимой аминокислоте – метионину.

Ассортимент творожных изделий включает следующие группы:

- нежирный творог с массовой долей жира не более 0,6 %;
- полужирный и жирный творог (9 и 18 % жира);
- мягкий диетический творог (9 % жира);
- творожные пасты и сырки с различным содержанием жира, фруктовыми наполнителями и другими добавками.

Качество творога оценивают по физико-химическим, органолептическим и микробиологическими показателям. Состав творога должен соответствовать нормативным значениям массовых долей влаги, жира и белков, а также допустимой величине кислотности. В твороге не допускается содержание болезнетворных микроорганизмов и вредных химических веществ.

Основным сырьем для производства творога является натуральное коровье молоко не ниже II сорта, кислотностью не более 20 °Т либо обезжиренное молоко кислотностью не более 21 °Т. При производстве некоторых видов творога допускается применение сухих молока и сливок, полученных в результате распылительной сушки.

Для сквашивания молока применяются закваски, приготовленные на чистых культурах молочнокислых бактерий, и растворы ферментных препаратов, изготовляемых из животного сырья: сычугов или пепсина.

**Особенности производства и потребления готового продукта.** Существуют два способа производства творога – традиционный (обычный) и раздельный. Традиционный способ предусматривает образование творога из предварительно подготовленной нормализованной молочной смеси.

Сущность раздельного способа заключается в том, что молоко, предназначенное для выработки творога, предварительно сепарируют. Из полученного обезжиренного молока вырабатывают нежирный творог, к которому затем добавляют необходимое количество сливок, повышающих жирность творога до 9 или 18 %. Раздельный способ производства творога позволяет ускорить процесс отделения сыворотки и значительно снизить при этом потери.

По методу образования сгустка различают два способа производства творога: кислотный и сычужно-кислотный. Первый основывается только на кислотной коагуляции белков путем сквашивания молока молочнокислыми бактериями с последующим нагреванием сгустка для удаления излишней сыворотки. Таким способом изготавливают творог нежирный и пониженной жирности, так как при нагревании сгустка происходят значительные потери жира в сыворотку. Кроме того, этот способ обеспечивает выработку нежирного творога более нежной консистенции. Пространственная структура сгустков кислотной коагуляции белков менее прочная, формируется слабыми связями между мелкими частицами казеина и хуже выделяет сыворотку. Поэтому для интенсификации отделения сыворотки требуется подогрев сгустка.

При сычужно-кислотном способе свертывания молока сгусток формируется комбинированным воздействием сычужного фермента и молочной кислоты. Хлорид кальция восстанавливает способность пастеризованного молока образовывать под действием сычужного фермента плотный, хорошо отделяющий сыворотку сгусток. Под действием сычужного фермента казеин на первой стадии переходит в параказеин, на второй – из параказеина образуется сгусток. Казеин при переходе в параказеин смещает изоэлектрическую точку с рН 4,6 до 5,2. Поэтому образование сгустка под действием сычужного фермента происходит быстрее, при более низкой кислотности, чем при осаждении белков молочной кислотой, полученный сгусток имеет меньшую кислотность, на 2...4 ч ускоряется технологический процесс. При сычужно-кислотной коагуляции кальциевые мостики, образующиеся между крупными частицами, обеспечивают высокую прочность сгустка. Такие сгустки лучше отделяют сыворотку, чем кислотные, так как в них быстрее происходит уплотнение пространственной структуры белка. Поэтому подогрев сгустка для интенсификации отделения сыворотки не требуется.

Сычужно-кислотным способом изготавливают жирный и полужирный творог, при котором уменьшается отход жира в сыворотку. При кислотном свертывании кальциевые соли отходят в сыворотку, а при сычужно-кислотном сохраняются в сгустке. Это необходимо учитывать при производстве творога для детей, которым необходим кальций для костеобразования.

Готовый фасованный творог хранят до реализации не более 36 ч при температуре не выше 8 °С и влажности 80...85 %. Если срок хранения будет превышен, в твороге начинают развиваться пороки из-за непрекращающихся ферментативных процессов.

С целью резервирования творога в весенний и летний периоды года его замораживают. Качество размороженного творога зависит от метода замораживания. Творог при медленном замораживании приобретает крупитчатую и рассыпчатую консистенцию вследствие замораживания влаги в виде крупных кристаллов льда.

При быстром замораживании влага одновременно замерзает во всей массе творога в виде мелких кристаллов, которые не разрушают его структуру и после размораживания восстанавливаются первоначальные свойства. После размораживания наблюдается даже устранения нежелательной крупитчатой консистенции вследствие разрушения крупинок творога мелкими кристаллами льда.

Замораживают творог в фасованном виде – блоками по 7...10 кг и брикетами по 0,5 кг при температуре от минус 25...30 °С в термоизолированных морозильных камерах непрерывного действия до температуры в центре блока минус 18 °С и минус 25 °С в течение 1,5...3,0 ч. Замороженные блоки укладывают в картонные ящики и хранят при этих же температурах в течение соответственно 8 и 12 мес. Размораживание творога проводят при температуре не выше 20 °С в течение 12 ч.

**Стадии технологического процесса.** Производство творога отдельным способом состоит из следующих стадий и основных операций:

- приемка молока, сортирование по качеству и измерение количества принятого молока;
- очистка от механических примесей и охлаждение сырого молока;
- нагревание, сепарирование и очистка молока с его разделением на сливки и обезжиренное молоко;
- отдельные пастеризация, охлаждение и резервирование сливок и обезжиренного молока;
- приготовление и дозирование закваски;
- дозирование хлористого кальция и сычужного фермента;
- заквашивание и сквашивание обезжиренного молока;
- перемешивание, нагревание и охлаждение творожного сгустка;
- отделение сыворотки и охлаждение творога;
- дозирование сливок и нормализованного творога по содержанию жира;
- фасование творога в потребительскую тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия производства мягкого диетического творога начинается с комплекса оборудования для подготовки сырого молока к переработке, включающего самовсасывающие насосы, счетчики-расходомеры, фильтры, охладительные установки и резервуары для хранения сырого молока.

Следующий комплекс оборудования предназначен для сепарирования молока и обработки сливок и обезжиренного молока. Он содержит сепаратор-сливкоотделитель, пластинчатые пастеризационно-охладительные установки, насосы и резервуары для хранения сливок.

Ведущим является комплекс оборудования для образования мягкого диетического творога, в состав которого входят аппарат для заквашивания и сквашивания обезжиренного молока; дозаторы закваски, раствора хлористого кальция и сычуж-

ного фермента; насосы для творожного сгустка; пластинчатая пастеризационно-охладительная установка для сгустка, фильтр и центробежный сепаратор для сгустка и охладитель обезжиренного творога.

В завершающий комплекс входят насосы-дозаторы для творога и сливок, смеситель и фасовочная машина.

Машинно-аппаратурная схема линии производства творога мягкого диетического показаны на рис 4.8.

**Устройство и принцип действия линии.** После проверки качества молоко с помощью центробежных самовсасывающих электронасосов 1 поступает на производство через трубопровод с установленными на нем счетчиком-расходомером 2 и фильтром 3. Очищенное сырое молоко охлаждают на пластинчатой охладительной установке 4 и загружают в резервуар 5.

Для выработки творога молоко из резервуара 5 насосом 6 подается в уравнильный бачок 7, а из него – насосом 6 в секцию рекуперации пластинчатой пастеризационно-охладительной установки 8 для подогрева до 34...40 °С.

Подогретое молоко поступает в сепаратор-сливкоотделитель 9, в котором разделяется на обезжиренное молоко и сливки с массовой долей жира не менее 50...55 %. Полученные сливки подают сначала в промежуточную емкость 10, а затем насосом 11 в пластинчатую пастеризационно-охладительную установку 12, где они пастеризуются при температуре 85...90 °С с выдержкой 15...20 с, охлаждаются до 2...6 °С и направляются в резервуар 13, снабженный рубашкой, на временное хранение до смешения с творогом.

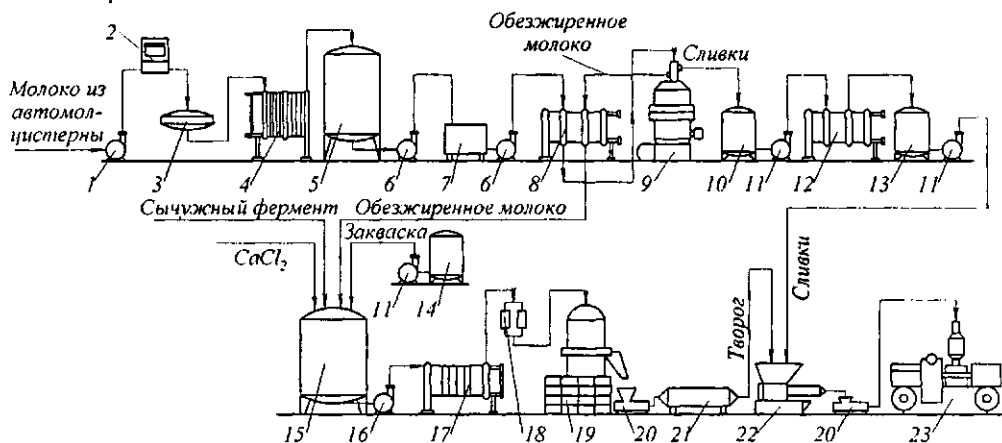


Рис. 4.8 Машинно-аппаратурная схема линии производства творога мягкого диетического

Обезжиренное молоко с массовой долей жира не более 0,05 % из сепаратора 9 поступает в пластинчатую пастеризационно-охладительную установку 8, где сначала пастеризуется при температуре 75...80 °С с выдержкой 15...20 с. Температура пастеризации влияет на физико-химические свойства сгустка, что, в свою очередь, отражается на качестве и выходе готового продукта. Так, при низких температурах пастеризации сгусток получается недостаточно плотным, так как сывороточные белки практически полностью отходят в сыворотку, и выход творога снижается. С повышением температуры пастеризации увеличивается денатурация сывороточных белков, которые участвуют в образовании сгустка, повышая его прочность и усиливая влагоудерживающую способность.

Это снижает интенсивность отделения сыворотки и увеличивает выход продукта. Путем регулирования режимов пастеризации и обработки сгустка, подбором штаммов заквасок можно получать сгустки с нужными реологическими и влагоудерживающими свойствами. Пастеризованное молоко охлаждают в секции рециркуляции пластинчатой пастеризационно-охладительной установки 8 до температуры сквашивания (в теплое время года до 26...30 °С, в холодное – до 28...32 °С) и направляют в аппарат 15, снабженный рубашкой и мешалкой, на заквашивание.

Закваску для производства творога готовят на чистых культурах мезофильных молочнокислых стрептококков в резервуаре 14 и дозируют насосом 11 в аппарат 15. Затем последовательно дозируют хлористый кальций и сычужный фермент. Все эти компоненты дозируют при непрерывном перемешивании молока.

Перемешивание молока после заквашивания продолжают в течение 10...15 мин, затем оставляют молоко в покое до образования сгустка требуемой кислотности. Окончание сквашивания молока определяют по активной кислотности сгустка, которая должна быть в пределах pH 4,4...4,5, или по титруемой кислотности сыворотки 60...70 °Т, или сгустка 90...110 °Т. При сепарировании сгустка с меньшей кислотностью сопла сепаратора 19 могут засориться. Продолжительность сквашивания составляет 8...10 ч. Готовый сгусток тщательно перемешивают в течение 5...10 мин, затем насосом 16 подают в пластинчатую пастеризационно-охладительную установку 17 для сгустка, где его нагревают до температуры 58...62 °С для лучшего отделения сыворотки, а затем охлаждается до 25...32 °С, благодаря чему он лучше разделяется на белковую часть и сыворотку. Из установки 17 сгусток через сетчатый фильтр 18 под давлением подается в сепаратор-творогоизготовитель 19, где разделяется на сыворотку и творог.

Во избежание интенсивного отделения сыворотки от сгустков в течение всего времени работы сепаратора 19 периодически включают мешалку в аппарате 15.

При производстве всех видов мягкого диетического творога обезжиренный творог должен иметь массовую долю влаги не более 80 %.

Полученный обезжиренный творог подают одновинтовым насосом 20 в охладитель 21 для охлаждения до температуры 12...16 °С. При выработке творога нежирного творог поступает из охладителя 21 непосредственно в приемный бункер фасовочной машины 23, минуя смеситель 22. Затем упакованный творог охлаждают до 4...8 °С. При производстве творога жирного охлажденный творог направляют в смеситель 22, куда дозирующим насосом 11 подаются пастеризованные охлажденные сливки из емкости 13 и все тщательно перемешивается. Готовый творог фасуют на машинах 23 и направляют в холодильную камеру для доохлаждения до 1...8 °С.



Глупо просить у богов то, что человек способен сам себе доставить.

ЭПИКУР (341–270 до н.э.),  
древнегреческий философ

#### 4.9 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Сыр – мягкая, прочная или связанная полутвердая отформованная масса, образованная в результате ферментативного свертывания молока, выделения сырной массы с последующей ее обработкой и созреванием.



Сыр – один из самых биологически полноценных продуктов питания, считающимся идеальным концентратом молока. В зависимости от вида сыров массовая доля сухих веществ в них может составлять 45...65 %, белков – 15...30 %, жиров – 9...32 %. Сыры имеют высокую энергетическую ценность – 2500...3900 ккал/кг.

Пищевая ценность сыра обусловлена высокой концентрацией в нем молочных белков и жира, наличием необходимых человеческому организму свободных аминокислот (в том числе, незаменимых), жирных и других органических кислот, витаминов, микроэлементов и минеральных веществ, особенно солей кальция и фосфора.

Многочисленный ассортимент сыров разделяют по видам микроорганизмов, участвующих в образовании сыра, технологическим режимам производства, текстурным признакам и содержанию жира.

Сыры делят на кисломолочные и сычужные. Кисломолочные сыры типа адыгейского вырабатывают при помощи заквасок, состоящих из кисломолочных бактерий, с образованием мягкой или слегка плотной консистенции продукта. Сычужные сыры производят при участии свертывающих молоко сычужных ферментов.

По технологическим режимам производства различают сычужные, сычужно-кислотные, рассольные сычужные, а также плавленые и переработанные сыры. Большинство сыров вырабатывают с применением низкой температуры второго нагревания (38...42 °С), меньше с высокой – (50...60 °С).

Некоторые сыры используют на пищевые цели после длительного созревания (не менее 2 мес.), а другие, например кисломолочные и отдельные виды мягких сыров, в свежем виде.

По текстурным признакам производят следующие виды сычужных сыров:

- твердые сыры (российский, швейцарский, костромской, голландский и др.);
- мягкие сыры (смоленский, любительский, рокфор, брынза и др.);
- плавленые колбасные, пастообразные и другие сыры (колбасный копченый, «Дружба», «Янтарь» и др.).

В зависимости от вида сыры выпускаются различной формы (брусочек, цилиндр, диск), размеров и массы (от 0,8...1,5 кг до 50...100 кг). Поверхность сыра может быть в виде прочной сухой корки, покрытой парафиново-полимерными сплавами, или со слабой коркой либо без корки – это сыры созревающие в полимерных пленках.

Качество изготовленных сыров оценивают по следующим характеристикам:

- физико-химические показатели (массовые доли влаги, жира, поваренной соли; активная кислотность и др.);
- органолептические показатели (вкус и запах, консистенция, рисунок на разрезе, цвет теста и внешний вид);
- форма, геометрические размеры и масса головок или брусков сыра.

Исходным сырьем для производства сыра может быть только молоко, отвечающее особым требованиям сыропригодности – довольно широкому и комплексному понятию. Сыропригодность характеризуется нормальным физико-химическим составом с незначительным микробиологическим обсеменением свежего молока, полученного от здоровых животных в условиях правильного кормления коров и строгого соблюдения санитарно-гигиенических и ветеринарных правил при его получении, транспортировании и хранении.

Для подготовки (созревания) молока к выработке сыра применяют бактериальные закваски и препараты, а для свертывания молока – растворы сычужных фермен-

тов. В состав микрофлоры бактериальных заквасок и препаратов включают молочнокислые бактерии в виде специально подобранных и подготовленных комбинаций.

Молочнокислые бактерии выполняют в сыре следующие функции:

– преобразуют основные компоненты молока (лактозу, белки, жир) в соединения, обуславливающие вкусовые и ароматические свойства сыра, его питательную и биологическую ценность;

– активизируют действие молокосвертывающих ферментов, стимулируют формирование структуры и эффективность обезвоживания сычужного сгустка;

– принимают участие в формировании рисунка сыра и его консистенции;

– создают неблагоприятные условия для развития посторонней микрофлоры.

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 (сычужков) молочных телят, ягнят и козлят. Он представляет собой смесь ферментов химозина (реннина) и пепсина.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Предприятия сыродельной промышленности размещаются в регионах, климатические условия которых, породы и рацион кормления животных позволяют получать молоко, отвечающее требованиям сыропригодности. Технологические линии по производству сыра обычно имеют производительности, рассчитанные на переработку 25, 50 или 100 тонн молока в смену.

Технология сыра основана на концентрации сухих веществ молока, физико-химических и биологических превращениях в молоке и сырной массе, протекающих под действием ферментных систем молока, молокосвертывающегося препарата и ферментов продуцируемых микроорганизмами молока и бактериальных заквасок.

Свежевыдоенное (парное) молоко содержит бактерицидные вещества (например, лактенин), перешедшие из крови. Они сохраняются в молоке определенное время, тормозят и подавляют развитие молочнокислых бактерий и другой микрофлоры. Поэтому при производстве сыра выполняют подготовку молока – созревания. Сущность созревания молока заключается в выдержке его при пониженной температуре для активизации (размножения) полезной молочной микрофлоры. Это создает благоприятные условия для развития микрофлоры заквасок, ускоряет свертывание молока под воздействием сычужного фермента, ускоряет технологический процесс производства и созревания сыра, а также повышает его качество.

Концентрация сухих веществ молока (белков и жира) в сыре зависит от уровня обезвоживания сгустка в процессе образования свежей сырной массы – сырного зерна. В сгустке содержится 87...89 % влаги и интенсивность ее выделения зависит от кислотности сгустка и температуры сырной массы.

Для достижения влажности свежей сырной массы 50...60 % при выработке мягких сыров основным фактором эффективного выделения сыворотки из сгустка является его кислотность. Из-за нее белковые частицы слабее удерживают влагу, и сыворотка легче выделяется из сырных зерен.

Плотная консистенция твердых сычужных сыров обусловлена сравнительно высоким содержанием сычужных веществ. Поэтому для получения твердых сыров необходима свежая сырная масса, содержащая 38...47 %. Такое значительное обезвоживание сырной массы обеспечивается не только повышением кислотности сгустка, но и тепловой обработкой продукта. Для этого кроме нагревания молочной

смеси при свертывании (первое нагревание) производят второе нагревание сырной массы после предварительного выделения сыворотки из сгустка.

При производстве твердых сычужных сыров применяется два уровня температур второго нагревания сырной массы: низкая температура, соответствующая 38...42 °С, т.е. выше температуры свертывания молока на 6...8 °С, и высокая температура – 50...60 °С. Величины температур до которых нагреваются молочная смесь и сырная масса, существенно влияют на состав и количество микрофлоры сырной массы, ферментативную активность микроорганизмов и другие факторы, влияющие на процесс созревания сыра.

Сыр как готовый продукт приобретает присущие ему физико-химический состав и органолептические свойства в результате изменения составных частей свежей сырной массы в процессе ее созревания.

Сыр приобретает наряду с общим сырным вкусом и запахом специфические для каждого вида сыра привкусы и аромат, соответствующий рисунок среза (глазки), нежную эластичную консистенцию.

При созревании сыров в результате биохимических реакций происходит выделение газов (углекислый газ, водород, аммиак и др.). Эти газы, накапливаясь в пустотах между спрессованными сырными зернами, раздвигают массу, в результате чего образуется рисунок сыра – глазки.

**Стадии технологического процесса.** Производство сыра можно разделить на следующие стадии и основные операции:

– приемка молока, сортирование по качеству и измерение количества принятого молока;

– очистка от механических примесей, охлаждение и резервирование молока;

– сепарирование, нормализация, пастеризация и созревание молока;

– подготовка молока к свертыванию;

– свертывание молока;

– обработка сгустка и сырного зерна;

– формование сыра;

– самопрессование и прессование сыра;

– посолка сыра;

– созревание сыра;

– сортирование, маркирование и упаковывание сыра.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия производства твердого сычужного сыра начинается с комплекса оборудования для подготовки сырого молока к переработке, включающего самовсасывающие насосы, счетчики-расходомеры, фильтры, воздухоотделители, охладительную установку и резервуары для хранения молока. Далее по ходу технологического процесса предусмотрен комплекс оборудования для получения нормализованного пастеризованного молока, содержащей насосы, сепаратор-сливкоотделитель или сепаратор-нормализатор, дозаторы компонентов молочной смеси, пластинчатую пастеризационно-охладительную установку, резервуары для нормализации, созревания и хранения молока.

Следующий комплекс оборудования предназначен для получения сырной массы и обработки сырного зерна, в состав которого входят сырродельная ванна с дозаторами компонентов и препаратов, устройствами для разрезания сгустка, вымешивания и нагревания сырного зерна, а также насос сырного зерна.

Ведущим является комплекс оборудования для образования сыра, который содержит формовочные аппараты, прессы, маркировочное устройство, контейнеры для посолки и созревания сыра, машины для мойки и обсушки сыра, а также оборудование для транспортирования и хранения сыра при обработке и созревании.

В завершающий комплекс входит оборудование для нанесения на сыр защитного покрытия: парафинеры, машины для упаковывания сыра в полимерные пленки и в торговую тару, а также оборудование для транспортирования и хранения сыра при созревании на межзаводских сырохранилищах, базах и холодильниках.

Машинно-аппаратурная схема линии производства твердых брусков сыров типа голландского показана на рис. 4.9.

**Устройство и принцип действия линии.** После проверки качества сыропригодное молоко перекачивают самовсасывающим насосом 1 через фильтр 2 и счетчик-расходомер 3 в резервуар для хранения молока 4. Для выработки сыра молоко из резервуара 4 насосом 5 направляют в пластинчатый теплообменник 6 и нагревают до температуры 35...45 °С. Далее молоко поступает через сепаратор-молокоочиститель 7 и пластинчатый охладитель 8 в резервуар 9 для созревания при температуре 8...12 °С в течение 10...14 часов.

Нормализация и пастеризация молока выполняется в потоке. Для этого созревшее молоко из резервуара 9 нагнетается насосами 5 через уравнильный бачок 10 в секцию рекуперации пастеризационно-охладительной установки 12 и нагревают до температуры 40...45 °С. Далее молоко поступает в сепаратор-нормализатор 11, в котором непрерывная нормализация молока совмещена с очисткой его от механических примесей. В сепараторе 11 молоко разделяется на две фракции: нормализованное молоко и сливки. Нормализованное молоко возвращается в другую секцию установки 12 для пастеризации при температуре 70...72 °С с выдержкой продолжительностью 20..25 с и последующим охлаждением до температуры свертывания 30...34 °С. Одновременно с пастеризацией молоко подвергают вакуумной обработке в дезодораторах для удаления из него мелкодисперсной газовой фазы и летучих веществ, обуславливающих посторонние запахи и привкусы сыра.

В тех случаях, когда на предприятие поступает молоко с повышенной бактериальной обсемененностью, его сначала нормализуют и пастеризуют, а затем направляют на созревание. Нормализованное и пастеризованное молоко через счетчик-расходомер 3 загружают в сыродельную ванну 13. Для подготовки молока к свертыванию в него дозируют хлористый кальций, калий или натрий азотнокислотный и бактериальные закваски и препараты. Внесение в молоко хлористого кальция необходимо из-за потерь солей кальция в молоке при пастеризации, так как часть солей при нагревании переходит из растворимого в нерастворимое состояние. Это сопровождается ухудшением сычужной свертываемости молока и условий обезвоживания сгустка. Калий или натрий азотнокислый применяют для подавления развития вредной газообразующей микрофлоры: бактерий группы кишечных палочек и маслянокислых бактерий.

Раствор хлористого кальция дозируют из расчета 10...40 г безводной соли на 100 кг молока, а бактериальную закваску молочнокислых бактерий в количестве 0,5...1,0 %. Молочная смесь перед свертыванием должна иметь титруемую кислотность не более 20 °Т.

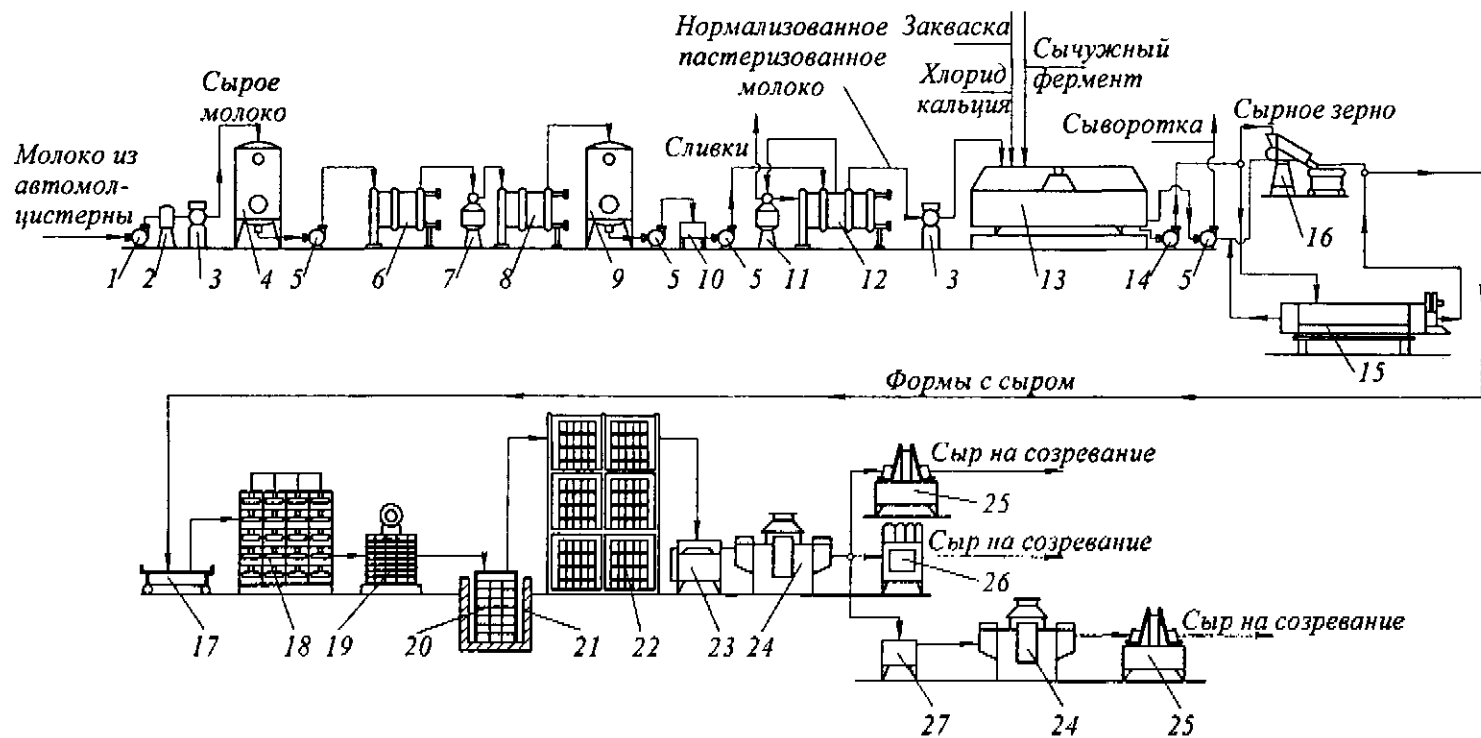


Рис. 4.9 Машинно-аппаратурная схема линии производства твердых сычужных сыров

Свертывание молочной смеси осуществляют раствором сычужного молоко-свертывающего препарата, который допускается смешивать с биопрепаратом (гидролизатом) для ускорения созревания сыра.

Количество молоко-свертывающего препарата должно обеспечить свертывание молочной смеси за 25...35 мин при температуре 30...34 °С. После дозирования препарата смесь тщательно перемешивают в течение 5...7 мин и оставляют в покое до образования сгустка. Готовность сычужного сгустка оценивают по продолжительности свертывания и плотности сгустка. При разрезании готового сгустка получается ровный раскол и выделяется прозрачная зеленая сыворотка.

Обработку сгустка и получение из него сырного зерна проводят с целью его обезвоживания, а также регулирования интенсивности и уровня молочнокислого процесса. Для этого последовательно осуществляют следующие операции: разрезку сгустка и постановку сырного зерна, вымешивание зерна, второе нагревание и вымешивание после него. Разрезку сгустка и постановку сырного зерна производят механическими ножами-мешалками, скорость движения которых регулируется для получения зерна требуемых размеров при максимально возможной однородности и минимальном образовании сырной пыли. Готовый сгусток разрезают в течение 15...25 мин до размеров зерна от 3...5 до 7...9 мм, в зависимости от вида сыра. Во время постановки 30...40 % сыворотки удаляют.

После постановки зерно вымешивают до достижения округлой формы, повышения плотности и упругости. Перед вторым нагреванием, если это требуется, дополнительно удаляют еще 15...25 % сыворотки. Кроме того, в случае излишне высокого уровня активной кислотности в начале второго нагревания сыворотку разбавляют (до 5...15 %) пастеризованной питьевой водой.

При производстве сыров с низкой температурой второго нагревания (голландский, российский) сырное зерно нагревают до 38...42 °С в течение 10...20 мин. Когда вырабатывают сыры с высокой температурой второго нагревания (швейцарский, советский), то нагревают от 52...55 °С до 55...58 °С в зависимости от вида сыра. Нагревание проводят в течение от 10...15 мин до 20...30 мин, повышая температуру не более, чем на 1 °С в минуту, при интенсивном перемешивании, не допуская комкования сырного зерна.

Для улучшения консистенции сразу же после второго нагревания проводят частичную посолку сырной массы в зерне, для чего в смесь зерна с сывороткой вносят раствор хлорида натрия из расчета 200...300 г на 100 кг молока. После второго нагревания сырную массу вымешивают до тех пор, пока зерно не приобретает достаточную упругость. Сыродельная ванна 13 и другие машины снабжены сборниками отделения сыворотки, которую насосом 5 перекачивают на переработку. Обработанное сырное зерно подают на формование двумя способами: наливом или насыпью.

При формовании сыра из пласта (голландский, российский) сырное зерно вместе с остатками сыворотки перекачивают наливом из сыродельной ванны 13 насосом 14 в формовочный аппарат 15. В нем пласт подпрессовывается в течение 15...25 мин при давлении 1,0...2,0 кПа, затем разрезается на бруски, соответствующие размерам форм. Брусочки сырной массы помещают в подготовленные формы, расположенные на тележках для самопрессования 17. Сначала брусочки выдерживают 10...20 мин, затем их вынимают из форм, переворачивают, снова закладывают в формы, маркируют, накрывают крышками и оставляют до конца выдержки еще на 10...30 мин для завершения процесса самопрессования.

При формировании сыра насыпью (российский, углический) сырное зерно освобождают от сыворотки в отделителе 16, а затем насыпают в подготовленные формы, которые размещают на тележке для самопрессования 17. Сырную массу в формах слегка уплотняют, после этого масса самопрессуется в формах в течение 20...50 мин с одноразовым переворачиванием, а затем сыры маркируют и подают на прессование.

Прессование сыра проводят с целью уплотнения сырной массы, удаления остатков свободной (межзерновой) сыворотки и образования замкнутого и прочного поверхностного слоя. Сначала осуществляют прессование под действием собственного веса – самопрессование, при котором сырную массу выдерживают без нагрузки в металлических формах, состоящих из перфорированного корпуса с дном или без него.

На второй стадии сыр прессуют под внешним воздействием в прессах 18. Режим прессования зависит от вида сыра. В частности, при выработке голландского сыра прессование проводится в течение 1,5...2,5 ч при постоянно возрастающем давлении от 10 до 50 кПа. При необходимости через 30...60 мин сыр перепрессовывают. Отпрессованный сыр должен иметь pH от 5,5 до 5,8. Оптимальная массовая доля влаги в сыре после прессования 43...45 %.

После взвешивания на весах 19 подъемником контейнеры с сыром 20 направляются в посолочный этажер 21 для обработки в рассоле с концентрацией хлорида натрия 20 % при температуре 8...12 °С в течение 2,5...3,5 сут. Рассол насосом циркулирует через охладитель.

Вынутые из рассола бруски обсушивают в течение 2...3 сут при температуре 8...12 °С и относительной влажности воздуха 90...95 %, после чего сыр электроподгрузчиком направляется на созревание на передвижные стеллажи 22. Первые 13...15 сут сыр созревает при температуре 10...12 °С и относительной влажности воздуха 85...90 %, затем до одного месяца при 14...16 °С, а в дальнейшем до конца созревания его выдерживают при температуре 12...14 °С и относительной влажности 75...85 %. В комплект оборудования для ухода за сыром в период созревания входят машины для мойки 23 и сушки 24 сыра, а также устройства для транспортирования сыра. Сыры моют при появлении плесени и слизи теплой водой (30...40 °С) не реже чем через 10...12 сут, после этого их подсушивают в машине 24 и вновь размещают на чистых, сухих полках.

Во время созревания сыры необходимо периодически переворачивать (в целях предупреждения деформации головки и подопревания корки), первые три недели через каждые 2 или 3 дня, в дальнейшем по мере необходимости.

В возрасте от 20 до 25 суток, после образования на сырах достаточно прочной корки, сыры моют и обсушивают в машинах 23 и 24, а затем парафинируют в парафинере 25.

С целью сокращения затрат труда по уходу, а также снижения усушки за период созревания сыр на 10...14 сутки упаковывают в пакеты из полимерной пленки при помощи вакуумупаковочной машины 26. Кроме того, могут применять двухслойное комбинированное покрытие: нанесение латексного покрытия на сыр в машине 27, а затем обсушивание в машине 24 и нанесение второго слоя в парафинере 25.

После созревания сыры сортируют по качеству, обертывают в бумагу или пергамент и упаковывают в картонную или деревянную транспортную тару (ящики).



Присутствие ученого в производстве незаметно,  
заметно отсутствие.  
*ИШЛИНСКИЙ АЛЕКСАНДР ЮЛЬЕВИЧ (р. 1913).*  
ученый в области механики, академик АН УССР, РАН

#### 4.10 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА РЫБНЫХ КОНСЕРВОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Рыбные консервы – пищевые продукты, уложенные в герметичную тару и стерилизованные нагревом до температуры, достаточной для подавления жизнедеятельности микроорганизмов. Различают следующие виды рыбных консервов:

- натуральные консервы из рыбы в собственном соку, бульоне или желе;
- консервы в томатном соусе из обжаренной, бланшированной, подсушенной или сырой рыбы;
- консервы в масле из копченой, бланшированной, подсушенной или обжаренной рыбы;
- рыбоовощные консервы, в состав которых наряду с рыбой входят обжаренные овощи;
- рыбные тефтели, паштеты и фарш.

Натуральные рыбные консервы изготавливают из свежей, охлажденной или мороженой рыбы. Во всех случаях рыбу разделяют на куски или используют цельные тушки, которые плотно укладывают в банки. При выработке консервов из лососевых рыб (кета, горбуша, нерпа, чавыча, голец и др.), скумбрии, палтуса, сельди и тресковой печени в банки с рыбой добавляют горький и душистый перец, лавровый лист. При изготовлении консервов из скумбрии ее бланшируют паром при температуре 90...95 °С в течение 15...20 мин, в банки добавляют бульон, сваренный из получаемых при разделке этой рыбы голов и прихвостовых кусочков. Натуральные консервы из рыб, имеющих нежное мясо (салака, сайра, угорь и др.), вырабатывают в желе для сохранения целостности кусков рыбы и придания готовой продукции хорошего товарного вида.

Для приготовления рыбных консервов используют банки, сделанные из жести, алюминия или стекла. Банки из металла делают цилиндрической, овальной, эллиптической и прямоугольной формы, а стеклянные – только цилиндрической. Для изготовления жестяной тары используется жесь толщиной 0,2...0,22 мм, покрытая оловом (белая жесь).

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** На производство натуральных консервов направляют только свежее или охлажденное сырье не ниже 1-го сорта. Недостатком этих консервов считают потерю механической прочности после стерилизации, поэтому наиболее ценные консервы из лососевых рыб можно готовить только в железирующих заливках. Заливка при застывании склеивает куски и сохраняет их целостность при транспортировании.

Вся выловленная рыба проходит выдержку в специальных бункерах с пересыпкой льдом общим слоем до 0,8 м при температуре рыбы 1,5...4 °С. После выдержки рыбу разделяют, удаляя все внутренности и несъедобные части, отделяя голову и отрезая плавники. Головы рекомендуется удалять на головоотсекающих машинах, а икру извлекать вручную. У океанических рыб разрешается оставлять чешую, а у скумбрии и ставриды срезают боковые и хвостовые жучки.



Для разделки на автоматах рыба должна быть рассортирована по размеру. После разделки на автоматах во всех случаях необходима ее ручная доработка и мойка. При этом количество отходов колеблется в пределах 1,5...6,0 % в зависимости от точности работы автомата.

Подготовленную тушку режут на рыборезке на куски, соответствующие высоте банки, и их укладывают в нее с одновременным дозированием соли. Нормой считают 345 г рыбы и 5 г соли в учетную банку. При изготовлении натуральных консервов из ставриды и скумбрии в банку дополнительно вносят перец горький и душистый по одной горошине на банку и лавровый лист площадью 4 см<sup>2</sup>.

Пройдя контроль массы и укладки, наполненные рыбой банки поступают для герметизации на вакуум-закаточную машину, а затем на стерилизацию. Стерилизуют натуральные консервы при температуре 112 °С в течение 80 мин или при температуре 120 °С в течение 40 мин.

Порядок приготовления натуральных консервов с добавлением бульона (в железирующих заливках) аналогичен процессу приготовления натуральных консервов без добавок. Норма закладки рыбы 240...280 г на четную банку, а остальные (до 350 г) – заливка.

Для приготовления железирующего бульона используют отходы от разделки рыбы (головы, плавники, кости). На 1000 учетных банок расходуют около 70 кг отходов. Отходы моют, заливают водой и варят до полного разваривания. Полученный бульон фильтруют и добавляют в соответствии с рецептурой компоненты (в том числе уксусную кислоту, соль, сахар и агар). Агар используется с целью увеличения клейкости и прочности желеобразного студня. Бульон с внесенными компонентами вновь нагревается и подается на заливку. Банки герметизируют и стерилизуют при температуре 112 °С в течение 65 мин.

Технология приготовления натуральных консервов с добавлением масла такая же, как и натуральных без добавок и с добавлением бульона. Рыбу нагревают в банках до температуры 100 °С, не сливая бульона, и добавляют масло. Норма закладки рыбы составляет 335 г, масла 10 г и соли 5 г на учетную банку. Банки герметизируют и стерилизуют при температуре 112 °С.

В процессе хранения консервов на складе происходит их созревание, заключающееся в равномерном распределении соли в содержимом банки и впитывании в ткани рыбы выделившегося бульона. Минимальный срок созревания – один месяц.

**Стадии технологического процесса.** Основными стадиями производства натуральных рыбных консервов являются:

- разделка и мойка рыбы;
- порционирование (резание на куски);
- прощпаривание банок;
- фасование рыбы и посол;
- эксгаустирование и закатка банок;
- стерилизация;
- охлаждение и хранение.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для разделки и мойки рыбы, в состав которого входят головоотсекающая машина, рыборазделочный автомат (с вакуумным всасыванием внутренностей), моющие машины (роторного, вентиляторного и конвейерного типов).

В состав линии входит комплекс оборудования для порционирования рыбы, состоящий из порционирующих машин, а также комплекс оборудования для пропаривания банок.

Ведущим является комплекс оборудования для фасования и посола рыбы, в состав которого входят набивочные машины и соледозаторы.

Далее следует комплекс оборудования для экстаустирования и закатки банок, состоящий из вакуум-закаточных машин.

Завершающим является комплекс оборудования для стерилизации консервов, состоящий из автоклавов периодического или непрерывного действия.

Далее следует финишный комплекс оборудования для охлаждения и хранения готовой продукции, состоящий из инспекционного конвейера, охладителя, конвейера и склада.

На рис. 4.10 представлена машинно-аппаратурная схема линии производства рыбных консервов.

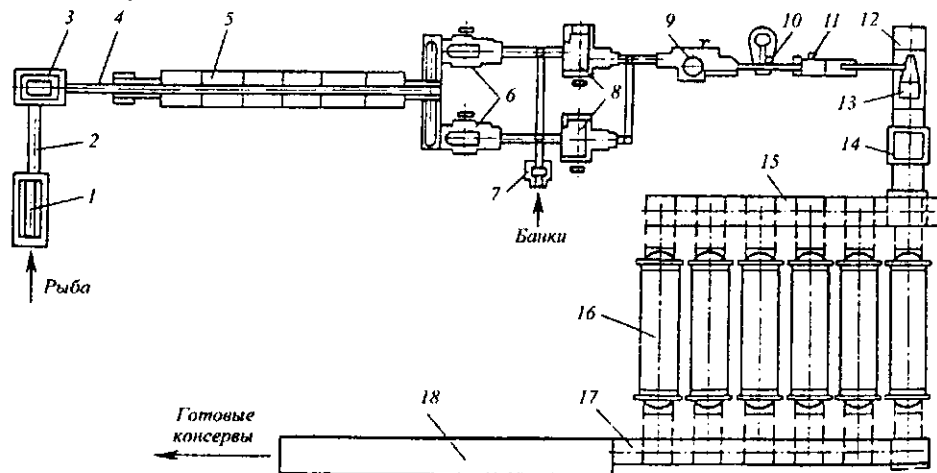


Рис. 4.15. Машинно-аппаратурная схема линии производства рыбных консервов

**Устройство и принцип действия линии.** Рыбу разделяют на этой линии в два приема. Вначале на головоотсекающей машине 1 от рыбы отделяют голову и на конвейере 2 через образовавшийся срез вынимают ястыки с икрой. Затем на рыбоделочном автомате 3 с нее срезают плавники, вскрывают брюшко и вынимают внутренности.

Из рыбоделочного автомата 3 тушки рыбы поступают на мойщик транспортер 4, а затем в порционирующую машину 6 через столы 5 для зачистки рыбы. В порционирующей машине 6 тушки рыбы режут на куски, соответствующие размеру банок. Куски рыбы передаются на набивочные автоматы 8, которые засыпают солью и пряностями в предварительно пропаренные банки в шпарительном автомате 7, а затем укладывают в них рыбу срезами кусков вверх.

При выходе из набивочных автоматов 8 банки с рыбой подаются на предварительную закатку в клинчер 9, а затем на вакуум-закаточный автомат 10. Закатанные банки по транспортеру попадают в моечную машину 11 и затем укладываются на однорядные сетки 12.

Сетки с банкоукладчиком 13 устанавливают на вагонетки 14 и по рельсовому пути 15 вкатывают в горизонтальные аппараты 16 для стерилизации. Стерилизованные консервы подвергают горячему контролю на конвейере 17, а затем охлаждают холодной водой в ванне с конвейером 18. Охлажденные консервы направляют на склад для хранения и отправки на реализацию.

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Особенностью линий комбинированной переработки сельхозсырья является применение процессов разборки сырья с последующей его сборкой с другими компонентами по определенным рецептурам для образования многокомпонентных пищевых сред.*

*2. Комплексы, составляющие линии комбинированной переработки сельхозсырья, представлены оборудованием для изготовления готовой продукции, для получения окончательного полуфабриката, а также для образования промежуточных полуфабрикатов из исходного сельскохозяйственного сырья.*

*3. Ведущими операциями технологий комбинированной переработки сельхозсырья являются операции его подготовки, соединения компонентов, формования и упаковки.*

*4. Линии будущего определяются не только направлениями, характерными для линий первичной и вторичной переработки сельскохозяйственного сырья, но и созданием такого оборудования, которое позволяет значительно сжать технологический цикл в пространстве и во времени.*

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что Вы понимаете под комбинированной переработкой сельхозсырья?
2. Что Вы вкладываете в понятие «ведущий комплекс оборудования» в линии производства консервов «Зеленый горошек»?
3. Какие стадии технологического процесса составляют основу производства консервов «Зеленый горошек»?
4. Какие требования предъявляются к оборудованию и их комплексам в линии производства консервов для детского питания?
5. Каковы особенности производства и потребления фруктовых консервов для детского питания?
6. Что является исходным сырьем в производстве халвы?
7. Каковы особенности готовой продукции, сырья и полуфабрикатов в производстве халвы?
8. Перечислите стадии технологического процесса в производстве пралиновых конфет?
9. В чем заключаются особенности линии для производства плиточного шоколада и пралиновых конфет?
10. Каково устройство и каков принцип действия линии производства плиточного шоколада и какао-порошка?
11. Какие требования предъявляются к технологическим процессам при производстве мороженого?
12. В чем заключаются особенности производства мороженого?
13. Какой комплекс оборудования является основным в линии производства кисломолочных напитков?
14. Какие способы производства кисломолочных напитков Вы знаете?
15. Что является исходным сырьем в линии производства творога и какие требования к нему предъявляются?
16. Какой способ производства творога является экономичным?
17. Какова классификационная характеристика выпускаемых сыров?
18. Какие машины и аппараты составляют комплекс оборудования для созревания сыра?
19. Какие стадии технологического процесса составляют основу производства рыбных консервов?
20. Какой комплекс оборудования является ведущим в линии производства рыбных консервов?



Государство опирается больше на доблесть духа, чем на силу тела, о чем свидетельствуют как греки, так и римляне. Наиболее могущественны они были тогда, когда расцветали науки. А как только начали исчезать таланты, силы упали, а с падением последних обрушились державы!

*ГУСОВСКИЙ НИКОЛАЙ,  
белорусский просветитель и поэт*

## Глава 5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ

Комбикормовая промышленность СНГ в 2003 году отметила свое 75-летие. Прошедший период убедительно доказал, что в области технологии производства комбикормовой продукции эта отрасль является конкурентоспособной. Отдельные технические решения комбикормовых предприятий опережают лучшие европейские и мировые технологии, хотя в области внедрения новейших технологий углубленной обработки сырья в целом страны СНГ значительно отстают, что делает более дорогой конечную продукцию.

Накопленный опыт в странах СНГ, а также за рубежом позволяет сформулировать следующие основные выводы:

- комбикорма – это основа интенсификации и эффективной экономики отраслей животноводства (например, в себестоимости свинины они составляют 70%);
- все зерновое сырье, белковые, витаминные добавки и лечебные препараты должны быть использованы в качестве полноценных, а в свиноводстве – полнорационных комбикормов;
- сеть комбикормовых предприятий должна обеспечить производство полноценных комбикормов в цехах всех типов, независимо от их мощности и размеров животноводческих ферм;
- базой производства сложных комбикормов (предстартерных, стартерных) и БВД должны быть межхозяйственные комбикормовые заводы, они производят и поставляют БВД для мелких комбикормовых цехов и установок;
- приоритет в производстве комбикормов занимают гранулированные комбикорма, обеспечивающие повышение усвояемости, стерилизацию и снижение потерь корма, а также сокращение респираторных заболеваний животных при скармливании комбикормов;
- все технологическое оборудование для производства комбикормов должно изготавливаться в модульном исполнении и работать как в составе поточных технологических линий, так и самостоятельно как модуль;
- составной и неотъемлемой частью технологического оборудования должны стать микропроцессоры, обеспечивающие не только учет сырья и готовых комбикормов, но и управление заданными энергетическими, тепловыми и качественными технологическими режимами.

Анализ состояния технической базы для производства комбикормов позволяет выделить следующие виды комбикормовых производств:

- комбикормовые заводы производительностью 50 т/ч и выше;
- цеха переработки отходов мукомольной переработки зерна в комбикорм;
- межхозяйственные предприятия и цеха для производства комбикормов или промышленных комплексов в животноводстве, производительностью 4–10 т/ч;
- малогабаритные установки производительностью 0,5–2 т/ч;
- заводы и цеха по производству премиксов и БВД.



Источник знания неистощим: какие успехи ни приобретай человечество на этом пути, всё людям будет оставаться искать, открывать и познавать.  
ГОНЧАРОВ ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ,  
русский писатель

### 5.1 КОМБИКОРМОВЫЙ ЗАВОД КАК СОВОКУПНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ОБРАБОТКИ СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОНЕЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** *Комбикорм* – это сложная однородная смесь очищенных и измельченных до необходимого размера различных кормовых компонентов и добавок, составляемая в соответствии с требованиями полноценного кормления животных и птицы с учетом их вида, возраста, пола, состояния здоровья и цели кормления. Производство комбикормов предполагает их сбалансированность по энергии, протеину, макро- и микродобавкам, витаминам и биологически активным веществам.

В зависимости от назначения различают полнорационные комбикорма, комбикорма-концентраты, кормовые смеси, белково-витаминно-минеральные (БВМД), белково-витаминные (БВД) и минеральные добавки, премиксы.

*Полнорационные комбикорма* полностью удовлетворяют потребность животных в энергии, питательных и биологически активных веществах, без дополнительного скармливания других кормов и микродобавок. Они должны содержать все питательные элементы, необходимые для обеспечения высокой продуктивности и качества продукции, хорошего состояния животных и низких затрат питательных веществ на единицу продукции.

По содержанию питательных веществ, энергетической ценности и специфическим свойствам полнорационный комбикорм должен соответствовать потребностям животных данного вида, возраста и производственного назначения.

*Комбикорма-концентраты* предназначены для крупного рогатого скота, свиней, кроликов и других животных. Имеют повышенное содержание протеина, минеральных и биологически активных веществ. Эти комбикорма скармливают животным в ограниченном количестве, исключительно как дополнение к зерновым, грубым и сочным кормам. Комбикорма-концентраты по своему составу должны соответствовать качеству грубых и сочных кормов, обеспечивая необходимые показатели питательности рациона. Как разновидность иногда принято выделять отдельную группу стартовых комбикормов, т.е. комбикормов для молодняка животных в первые периоды его жизни.

*Кормовые смеси* предназначены в основном для крупного рогатого скота. Их можно изготавливать из отходов мукомольных и крупяных производств, например из ячменной лузги, мучки с добавлением мелассы, карбамида, других добавок, предпочтительно в гранулированном виде. Если комбикорма, вырабатываемые по тем или иным причинам со значительными отступлениями от нормативно-технической документации, не отвечают зоотехническим требованиям, они могут быть отнесены к кормовым смесям. Минсельхозпродом РБ использование такого вида кормов не рекомендуется.

*Белково-витаминные добавки (БВД) и суперконцентраты* – балансирующие кормовые добавки, представляющие собой однородные смеси измельченных до необходимой крупности высокобелковых кормовых средств, микро- и макро- добавок, витаминов и других биологически активных веществ. Производят их по научно обоснованным рецептам и используют для приготовления комбикормов на основе зернофуража. Этот вид кормовых добавок предназначен для поставки колхозным, совхозным, межхозяйственным комбикормовым предприятиям, фермерам для выработки на базе имеющегося в хозяйствах кормового зерна, травяной витаминной муки и других кормовых средств так называемых «вторичных комбикормов». Эти комбикорма должны полностью соответствовать по качеству полнорационным комбикормам или комбикормам-концентратам.

*Премиксы* – специальные концентрированные кормовые добавки, представляющие собой однородную, измельченную до необходимых размеров частиц смесь предварительно подготовленных биологически активных веществ, а в ряде случаев и микродобавок с наполнителем, используемую для обогащения комбикормов и белково-витаминных добавок. Основу премиксов составляют витамины, микроэлементы, аминокислоты. Кроме того, в состав премиксов могут входить вещества со стимулирующим действием (антибиотики и др.); вещества, оказывающие защитное влияние на корма, предотвращающие снижение их качества, способствующие лучшему использованию кормов (антиоксиданты, эмульгаторы, ферменты, вкусовые добавки и др.); обладающие лечебным и профилактическим действием (фуразалидон, сульфадимизин и др.); успокаивающие (транквилизаторы); поверхностно-активные (детергенты).

В качестве наполнителя используют соевый шрот, кормовые дрожжи, пшеничные отруби, зерно пшеницы тонкого помола.

Нормы ввода премиксов: в комбикорма – 0,5...1%.

Премиксы, содержащие повышенные дозы лекарственных препаратов, витаминов и специальных добавок, называются лечебными (профилактическими) и применяются по указаниям ветеринарных врачей.

В последнее время на некоторых комбикормовых предприятиях освоено производство новых видов продукции: кормовые хлопья, смесь сухая кормовая на основе растительного сырья, предназначенная для замены цельного молока (ЗЦМ), вспученное (взорванное) зерно в потоке теплоносителя (АО «Экомол»).

Для производства комбикормов используют следующие виды сырья:

- зерно злаковых и бобовых растений (кукуруза, ячмень, овес, горох и другие виды зерна), а также естественную зерновую смесь различных культур;
- зерно после углубленной обработки (зерно встудированное, микронизированное, хлопья);

– зерновую смесь, после первичной обработки содержащую от 50 до 85% зерен продовольственных (включая крупяные), фуражных и бобовых культур, относимых по стандартам на эти культуры к основному зерну или зерновой примеси;

– побочные кормовые продукты мукомольного и крупяного производства: отруби и мучку кормовую, получаемую при выработке муки и крупы; дробленку кормовую (овсяную); сечку гороховую, получаемую при выработке крупы; измельченную кукурузу, проходящую через сито с отверстиями диаметром 2,5 мм; зародыш (зародышевый продукт), отбираемый при переработке зерна в муку и крупу;

– муку кормовую – ячменную и овсяную;

– побочные кормовые продукты маслоэкстракционных предприятий: жмыхи и шроты (подсолнечные, льняные, соевые, рапсовые и др.), концентраты фосфатидные;

– кормовые продукты предприятий сахарной промышленности: жом свекольный сушеный и мелассу (кормовую патоку);

– кормовые продукты предприятий крахмалопаточной промышленности: кукурузные и пшеничные корма с экстрактом и без экстракта, гидрол;

– кормовые продукты предприятий бродильных производств: кормовые дрожжи, пивную дробину и др.;

– кормовые продукты микробиологической промышленности: кормовые дрожжи, провит, белотин, паприн (БВК), гиприн, кормовой концентрат лизина (ККЛ);

– сырье животного происхождения: отходы переработки рыбы, скота на мясокомбинатах, продукты из морских млекопитающих и молочного производства и др.;

– корма травяные искусственно высушенные из бобовых и злаковых растений, а также их смесей; муку витаминную из древесной зелени хвойных и лиственных пород (сосны, ели и т.д.); муку и крупу водорослевую;

– новые кормовые продукты естественного и искусственного происхождения, разрешенные к использованию в комбикормовой промышленности и имеющие утвержденную нормативно-техническую документацию.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Технология производства комбикормов представляет собой совокупность операций, последовательное выполнение которых позволяет получить из различного исходного сырья, отличающегося друг от друга по физико-механическим свойствам и химическому составу, корм с заданными параметрами в зависимости от рецептуры. Главные требования к технологии – получение продукции высокого качества, что, в свою очередь, обусловлено соблюдением всех этапов технологического процесса и внедрением автоматизации управления работой машин и контроля качества продукта. Конечная продукция производится на комбикормовых заводах в рассыпном и гранулированном виде. Комбикорм является важной составной частью рационов кормления животных и птицы. В рационах кормления его доля может составлять для крупного рогатого скота до 27...36 %, для свиней – 38...90 % и для птицы – 60...100%.

Технологию производства комбикормов принято оценивать по схемам технологического процесса, графически показывающим очередность операции, а также место каждой из них в общей структуре приготовления конечного продукта из исходного сырья разного вида. Каждая технологическая схема состоит из ряда подготовительных и основных линий, представляющих собой систему взаимосвязанных ма-

шин и механизмов, расположенных в порядке последовательного выполнения операций.

Схему технологического процесса обычно изображают графически и обозначают: количество и место разгрузки сырья из транспортных средств, типы и типоразмеры механизмов, и их производительность; число складов; их вместимость, а для силосных складов – число силосов, места загрузки и разгрузки складов, типы и типоразмеры транспортных механизмов и их производительность; число линий подачи сырья в производство; число и грузоподъемность весов для сырья при подаче в производство; число поточных линий технологического процесса и используемое оборудование с основными характеристиками и техническими данными; число складов готовой продукции, их вместимость; места разгрузки и загрузки готовой продукции в транспортные средства; направления потоков сырья, компонентов, продукции и отходов на всех этапах технологического процесса; число и длину магнитных заградителей, место их установки по линиям, количество аспирационного оборудования и распределение его по аспирационным сетям с привязкой к аспирационным машинам.

**Стадии технологического процесса.** Приготовление комбикормов включает следующие основные операции:

- прием, взвешивание и хранение сырья;
- очистка сырья от посторонних примесей;
- шелушение овса и ячменя; дробление зерна и других компонентов;
- сушка и измельчение минерального сырья;
- подготовка смеси микродобавок с наполнителем;
- ввод в комбикорма жидких добавок;
- дозирование компонентов согласно рецептам;
- смешивание компонентов;
- гранулирование или брикетирование смесей;
- учет и выдача комбикормов.

**Характеристика комплектов оборудования.** Структура комбикормового производства предусматривает основные и вспомогательные процессы. К *основным* относятся процессы, непосредственно связанные с превращением исходного сырья в комбикорм. *Вспомогательные процессы* непосредственно с выработкой комбикормов не связаны. К ним относятся: транспортирование, прием, размещение и хранение сырья; хранение и отпуск готовой продукции; переработка отходов основного производства и т.п.

Организация производства должна обеспечивать минимальную продолжительность технологического цикла, полную механизацию и поточность процесса, своевременный контроль качества на основных участках линии, бесперебойность работы межцехового и внутривзаводского транспорта, учет сырья и продукции, эффективное использование технологического и энергетического оборудования, оперативное диспетчерское управление, благоприятные условия труда и т.д. Поточность производства и непрерывность процесса обеспечиваются: максимальным использованием свойств сыпучести продуктов; введением в поточные линии оперативных бункеров (наддробильных, наддозаторных и т.п.); разделением общего потока на отдельные линии, специализирующиеся в зависимости от свойств компонентов; рациональным



выбором производительности и ритма линий, а также процентным отношением компонентов в соответствии с рецептом.

Технологические операции обычно осуществляют на специализированных точных линиях, что обусловлено ассортиментом рецептов и возможными изменениями их состава. Такие линии входят в состав комбикормовых заводов или цехов. При этом их число в зависимости от назначения завода может быть разным как по количеству, так и по составу. Комбикормовые предприятия включают следующие основные технологические линии: 1) прием и обработка зернового сырья (может быть несколько параллельных линий, равных количеству видов зерна); 2) отделения пленок от овса и ячменя; 3) мучнистого сырья (отруби, мучка); 4) витаминной травяной муки (рассыпной или гранулированной раздельно); 5) кормовых продуктов пищевых производств; 6) шротов; 7) прессованного и кускового сырья; 8) обработки сырья в таре; 9) подготовки поваренной соли; 10) подготовки кормового мела и другого сырья минерального происхождения; 11) ввода мелассы (гидрола, жидкого концентрата, кормового лизина); 12) ввода кормового жира, МЭК (мультиэнзимных композиций) или растительного масла, рыбного жира; 13) ввода премиксов (приготовления и ввода обогатительных смесей); 14) ввода карбамида (в сухом виде, в виде раствора мелассы с карбамидом, карбамидного концентрата); 15) дозирования и смешивания; 16) гранулирования; 17) экспандирования, экструдирования зернового сырья или комбикорма; 18) размещения, хранения и отпуска готовой продукции; 19) предварительных смесей белковых труднорастворимых компонентов; 20) предварительных смесей зернового, гранулированного и другого сырья.

Кроме перечисленных линий в состав современных заводов могут быть включены и такие, как линия термодекстринизации зернового сырья, приготовления предварительной смеси поваренной соли с наполнителем; линия ввода поваренной соли в виде насыщенных растворов, линия приема и ввода минеральных премиксов (МПР) или витаминно-аминокислотных препаратов (ВАП) и другие.

**Устройство и принцип действия линий в составе завода.** Существует несколько принципов построения технологического процесса на комбикормовом заводе.

*Последовательно-параллельная подготовка всех компонентов и одноразовое дозирование* является наиболее распространенной. Это – классический, распространенный во многих странах принцип комплектования комбикормовых заводов. Компоненты к дозированию готовят раздельно. На одних линиях – последовательно, а на других параллельно. Размещают их в наддозаторных бункерах (рис. 5.1). Такое комплектование отличается большим числом наддозаторных бункеров, способных вместить запас компонентов на 8...36 ч работы узла основного дозирования. Количество подготовительных линий в этом случае колеблется от 10 до 12.

Основной алгоритм работы таких заводов и их линий можно сформулировать следующим образом:

- стремление к постоянному заполнению всех наддозаторных бункеров исходными компонентами, необходимыми для текущей выработки, согласно рецепту;
- параллельная подготовка дополнительных компонентов для следующей партии (рецепта) комбикормов, чтобы свести к минимуму потери времени при переходе с одного рецепта на другой.

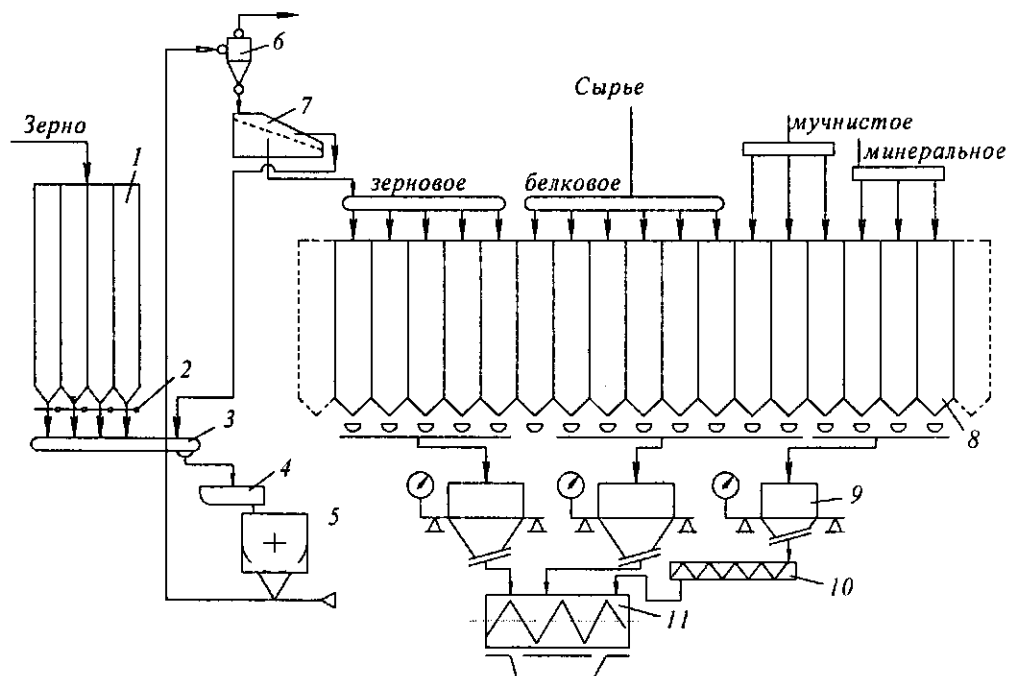


Рис. 5.1 Классическая технологическая схема комплектования комбикормового завода

Фуражное зерно из соответствующего силоса или бункера 1 поступает при открытии выпускного окна днища с помощью задвижки-регулятора потока 2 через спускные трубы на транспортер 3. Силосы оборудованы датчиками верхнего и нижнего уровней, которые связаны с центральным пунктом управления завода. С помощью задвижек-регуляторов 2 формируется партия зерна, поступающего на переработку в комбикорм. В качестве задвижек-регуляторов потока используются электропневматические клапаны. Каждый поток зерна проходит через магнитные сепараторы 4, а затем поступает в дробилку 5. В сепараторах 4 происходит очистка от металлических примесей. Измельченный продукт затем пневмотранспортом дробилки подается в циклон-разгрузитель 6, а из него в просеивающую машину 7. Крупные примеси поступают обратно на транспортер 3, а фракция продукта требуемой степени помола – на транспортеры-распределители в наддозаторные бункера 8 участка смешивания компонентов. В другие наддозаторные бункера поступает измельченное белковое сырье, минеральные добавки. Из бункеров 8 сырье поступает в многокомпонентные весовые дозаторы 9, которые, согласно рецептуре, формируют поток компонента комбикормов определенной интенсивности. Одозированный поток соответствующего сырья поступает самотеком или же с помощью специальных транспортеров 10 в смеситель порционного действия 11.

К недостаткам классического принципа построения технологической схемы следует отнести большие затраты времени на подготовительные операции в начале смены, если наддозаторные бункера были пустые. Кроме того, при проведении сменных (декадных) зачисток очень сложно учесть массу остатков сырья в бункерах, в связи с чем зачистку производственного корпуса проводят один раз в год.

Классические схемы из-за многочисленных параллельных технологических линий насыщены основным, транспортным и вспомогательным оборудованием, в том числе аспирационным, работа которого требует больших затрат энергии. Управлять работой производства сложно в связи с необходимостью получения и переработки огромного объема информации.

*Параллельное формирование предварительных смесей зернового, белково-минерального сырья с повторным дозированием.* Каждая из смесей обрабатывается в своем технологическом потоке. При использовании этого принципа могут возникнуть следующие варианты:

- создается одна (две) из смесей, что связано с конкретными задачами развития производства и очередностью проведения работ по модернизации производства;
- остальные компоненты продолжают подготавливать на основе первого принципа;
- сформированную смесь (смеси) направляют в наддозаторные бункера и на повторное дозирование через линию основного дозирования–смешивания (рис. 5.2).

В этом случае предварительные смеси обрабатывают в потоке (измельчают, просеивают, отбирают металломагнитами примеси). Вместимость наддозаторных бункеров для предварительных смесей должна быть не менее 20...30 т.

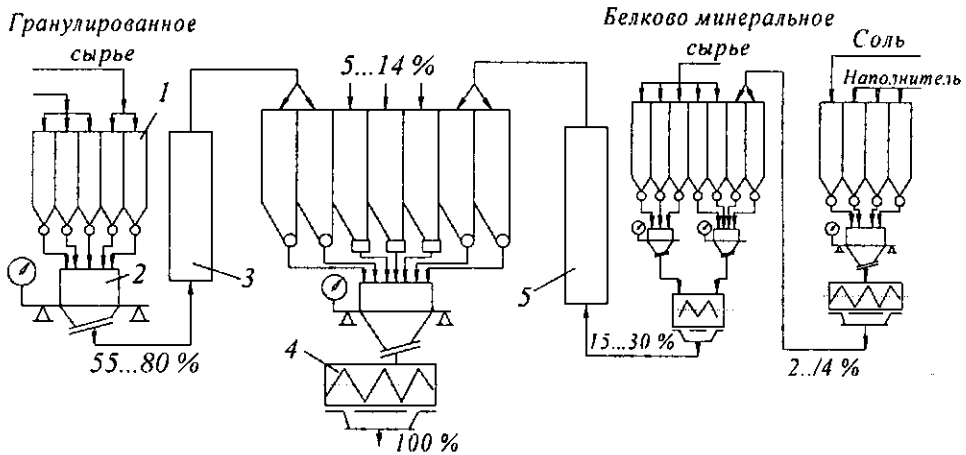


Рис. 5.2 Технологическая схема с формированием предварительных смесей

Зерно и сырье в рассыпном или гранулированном виде соответствующего вида поступает в силосы 1, а затем в многокомпонентный дозатор 2. В отдозированном виде эти компоненты подаются в смеситель или в устройство специальной обработки 3. Специальная обработка полученных компонентов предусматривается технологией приготовления комбикормов. Это может быть только дробление, а может быть, например, экструдирование, экспандирование, микронизация и т.д. Полученная смесь поступает далее в наддозаторные бункера. В другие отдельные наддозаторные бункера этого участка завода поступает параллельно приготовленная белково-минеральная смесь, которая также может быть подвергнута специальной обработке, например измельчению в дробилках молоткового типа 5. Из наддозаторных бункеров обе подготовленные смеси, как и какие-то другие отдельные предварительно подготовленные компоненты комбикорма, поступают в многокомпонентный весо-

вой дозатор, а из него в смеситель 4, где и завершается приготовление комбикорма в рассыпном виде.

К недостаткам схем с подготовкой предварительных смесей и их повторным дозированием (если при работе не используют правила кратности, синхронизацию работы линий и другие методы технологической подготовки производства) относят возникновение неучтенных остатков предварительных смесей (так называемых хвостов). Это усложняет переход при выработке комбикорма с одного рецепта на другой, а также учет и отчетность.

*Параллельное формирование предварительных смесей зернового, белково-минерального сырья без повторного дозирования.* Смесь (смеси) формируют в строгом соответствии с фактической вместимостью основного смесителя, т.е. порционно (рис. 5.3).

Обработку в технологическом потоке проводят также порциями, в связи с чем неизбежна работа молотковых дробилок в нестационарном режиме, с холостым ходом в каждом цикле.

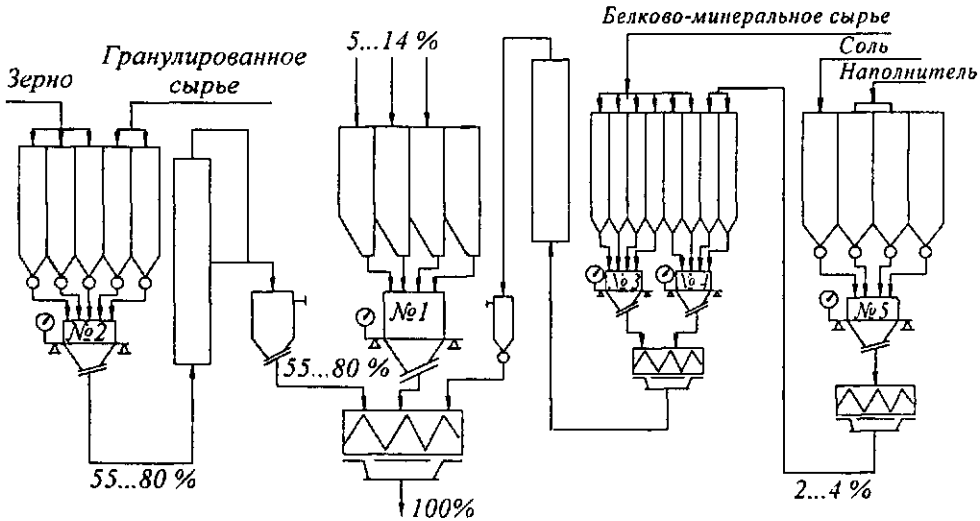


Рис. 5.3 Технологическая схема с формированием предварительных смесей и одноразовым дозированием и порционной обработкой этих смесей

Основное отличие этой схемы от предыдущей состоит в том, что полученная порция (или порции) предварительных смесей, минуя повторное дозирование через оперативный бункер 4 малой вместимости (2...3 т), направляется непосредственно в основной смеситель 5. При таком построении технологического процесса основная линия дозирования изолируется от подачи в наддозаторные бункера, в ней остается 2...3 компонента (мучнистое сырье, шроты, возможно, кормовые фосфаты) и несколько бункеров, выходящих на один многокомпонентный дозатор, для других компонентов комбикормов.

Достоинства технологических схем с явно выраженной порционной работой – в малой инерционности, быстрой реакции на управляющее воздействие, отсутствии неучтенных остатков сырья, возможности перехода на выработку комбикорма по другому рецепту с минимальными потерями времени.

К недостаткам схем, построенных по данному принципу, относят периодическую работу дробилок на холостом ходу в каждом цикле. Это обстоятельство повышает вероятность возникновения «хлопка» в дробилках, так как согласно теории в каждом цикле дважды, при выходе на режим и при сходе в него, образуются взрывоопасные концентрации измельчаемого продукта.

*Прямоточное дозирование и обработка в потоке вплоть до выпуска порции готовой продукции.* Схема и соответствующая технологическая линия максимально прямоточные. Они рассчитаны на использование очищенного технологического сырья (рис. 5.4). Очищенное фуражное зерно и другие компоненты комбикорма согласно рецептуре поступают через норию 1 в распределительное поворотное устройство 2, которым направляются в вертикальные силосы 3. Из силосов зерно и компоненты подаются в многокомпонентный весовой дозатор 4.

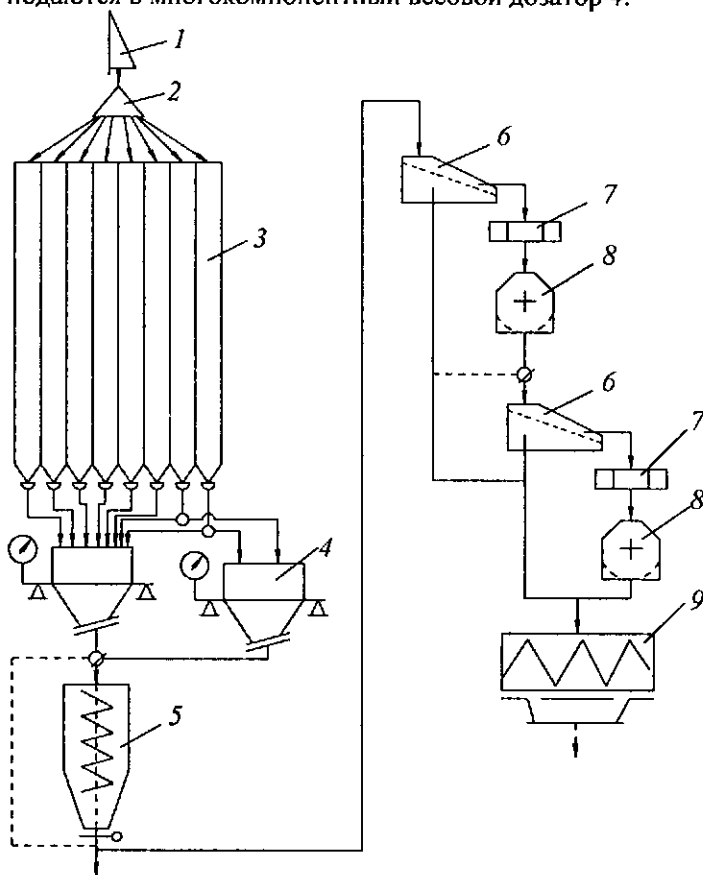


Рис. 5.4 Прямоточная технологическая схема

Может быть предусмотрена параллельная подготовка предварительной смеси отдельных кормовых добавок из небольшого объема сырья, то есть обеспечивается смешивание этих добавок в две стадии: сначала приготавливается предварительная смесь, а затем она подается на смешивание в основной поток сырья. Этот принцип позволяет получить требуемое качество смешивания добавок, вводимых в комбикорм в весьма малых количествах. Например, в расчете 1 кг добавок на 1 т комби-

корма. Компоненты в отдозированном виде поступают в смеситель-эгализатор (усреднитель) 5, а из него на просеивающую машину 6. Потом полученная крупная фракция смеси поступает через магнитную колонку 7 в дробилку 8, а мелкая фракция – в смеситель 9. Предлагаемая линия предполагает включение дополнительной обработки при необходимости на специальной просеивающей машине, магнитной колонке и дробилке.

В линии предусматривается вертикальное комплектование операций оборудованием – сверху вниз. Комплект оборудования при этом хорошо вписывается в высокие здания, отличается минимумом подъемов и малыми удельными энергозатратами на производство 1 т комбикорма. В технологической линии этого вида может быть реализовано одно- и двухступенчатое измельчение; смеситель-усреднитель может отсутствовать, если конструкция молотковых дробилок позволяет одновременно с измельчением выполнять и смешивание.

Основное достоинство – полное использование принципа прямоточности в зданиях большой высоты. К недостаткам следует отнести необходимость применения полностью подготовленного, очищенного сырья.

Общая современная тенденция в развитии технологии производства комбикормов – движение от схем первого принципа к схемам четвертого через различные варианты второго и третьего. Оценочным показателем в выборе той или иной схемы является возможность надежного и простого управления технологическими процессами. На предприятиях, работающих на готовых БВД, единовременные затраты на 7...10%, а текущие – на 15...20% меньше, чем на предприятиях с полной технологической схемой.



Учиться надо всегда. До конца жизни не только учили, но и учились крупнейшие ученые. Перестанешь учиться – не сможешь и учить. Ибо знания все растут и умножаются.  
*ЛИХАЧЕВ ДМИТРИЙ СЕРГЕЕВИЧ,*  
*советский ученый, академик*

## 5.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРИЕМА, ОЧИСТКИ И ХРАНЕНИЯ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Фуражное зерно содержит значительное количество сорных и металломагнитных примесей, которые необходимо удалить перед последующими процессами его переработки. Для производства комбикормов используется зерно зерновых культур кукурузы, пшеницы, ячменя, овса, ржи и тритикале. В структуре рецептур комбикормов значительна доля белковых культур: гороха, сои, кормовых бобов, люпина, пелюшки и вики. Зерно зерновых культур является основным источником углеводов, клетчатки, макро- и микроэлементов, а семена бобовых культур – источником белковых веществ.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Для очистки зерна применяют сепараторы и просеивающие машины. Режим их работы обеспечивает отделение от зерна сорной примеси, при этом в отделяемых на сепараторах отходах количество зерна не должно превышать 2%. От металломагнитных примесей зерновое сырье очищают в электромагнитных сепараторах и магнитных колонках со

статическими магнитами. После очистки в каждом виде очищенного зерна и побочных продуктов его первичной обработки, направляемых на измельчение, содержание посторонних примесей:

- металломагнитных – следы;
- крупных (остаток на сите с отверстиями диаметром 10...16 мм) – не допускается;
- минеральных во всех видах зерна – не более 0,25 %. При этом для побочных продуктов от первичной обработки зерна содержание минеральных примесей допускается не более 1,5 %.

**Стадии технологического процесса.** Технологическая линия включает следующие основные операции:

- прием сырья;
- очистка от примесей;
- сепарирование сырья;
- хранение перед переработкой.

Сепарирование зерна, других исходных компонентов, комбикормов и полупродуктов на комбикормовом предприятии имеет следующие цели:

1. Очистка зерна от крупных случайных примесей, а также выделение песка, другой мелкой минеральной примеси на подсевном сите сепаратора;
2. Выделение крупной минеральной примеси в специальных флотационных камнеотделительных машинах;
3. Выделение легких фракций, отличающихся от основного зерна скоростями витания в аспираторах, пневмоканалах, пневмоаспираторах. Эту операцию применяют чаще всего для отсеивания лузги, мучки – продуктов шелушения пленчатых культур;
4. Отделение на ситах основного продукта, размолотого зерна, от лузги при измельчении пленчатых культур в вальцовом станке или дробилке;
5. Контроль в просеивающих машинах продуктов размола зерна при организации двухэтапного измельчения;
6. Очистка мучнистого сырья от случайных крупных примесей, попадающих в основную массу продукта при перевозке, разгрузке, растаривании сырья, прибывшего в таре;
7. Разделение сырья на две фракции (например, крупную и мелкую) для дальнейшей раздельной переработки. Так, для экономии электроэнергии шроты целесообразно разделять в просеивающей машине на крупную и мелкую фракции и направлять крупную фракцию на измельчение;
8. Контроль гранул на ситах для выделения мелкой фракции, крошки и крупки и доведения качества гранул по этому параметру до требований нормативной технической документации;
9. Ситовой контроль рассыпного комбикорма на конечной операции по крупности для полной гарантии отсутствия в нем крупных фракций, в том числе целых зерен. Полученную на ситах сходовую фракцию измельчают в вальцовом станке или молотковой дробилке и присоединяют к основному потоку;
10. Классификация крупки по номерам в отсевах-классификаторах. Этот прием применяют, в частности, в технологии производства комбикормов для личинок и

сеголеток рыбы, когда комбикорм одного и того же рецепта классифицируют на ситах на шесть номеров;

11. Очистка или разделение на фракции при переработке другого сырья: минерального происхождения, белкового, премиксов и т.д.;

12. Очистка жидких видов сырья: мелассы, гидрола, жира в сетчатых фильтрах-ловушках для улавливания случайных твердых примесей;

13. Разделение шелушенных и нешелушенных зерен после обработки в шелушильных машинах – триерование.

В технологических линиях комбикормовых предприятий сепарирующие машины устанавливают, ориентируясь на их производительность, эффективность работы, надежность и долговечность эксплуатации, удобство в обслуживании, ремонтоспособность, а также возможность эффективной аспирации. Применяют сепараторы типа ЗСМ и ЗСП, а также просеивающие машины ДГА-IV и ДСМ. Производительность сепараторов: ЗСМ-5 – 5 т/ч; ЗСМ-10, ЗСП-10 – 10 т/ч; ЗСМ-50 – 50 т/ч; ЗСП-2,5 – 2,5 т/ч. Производительность просеивающей машины ДГА-IV, т/ч: на зерне – 5, на мучнистых компонентах – 10...12, на гранулах – 8...10, на крошке – 6...7. Использовать просеивающую машину ДСМ для очистки мучнистого сырья, зерна, контроля гранул и крошки можно только после модернизации.

Для выделения крупки в линиях гранулирования применяют просеивающие машины А1-ДМП-10 с двумя параллельно работающими наборами сит. Машина имеет два дебалансных самонастраивающихся привода.

**Характеристика комплектов оборудования.** Для очистки зерна от сорных примесей применяют сепараторы различных типов: воздушно-ситовые с плоскими решетками (типа ЗСМ, А1-БИ, А1-БЛС), рассевы (типа А1-БСШ), центробежные (типа А1-БЦС), скальператоры (А1-БЗО), бураты и другие. Режим работы сепараторов должен обеспечивать максимальное отделение сорных и минеральных примесей, в том числе исключать попадание зерна в отходы свыше 2%. В сепараторах, имеющих три ситовые рамы (типа ЗСМ), устанавливают:

а) в приемных рамах – полотна решетчатые с круглыми отверстиями № 200 (диаметр отверстий 20 мм) или сетки проволочные № 18 (ячейки 18×18 мм);

б) в сортировочных рамах – полотна решетчатые с круглыми отверстиями № 100–160 (диаметр отверстий 10–16 мм) или сетки проволочные № 8–14 (ячейки 8×8 или 14×14 мм);

в) в подсевных рамах – полотна решетчатые с круглыми № 10–14, продолговатыми № 10 (1,0×10 мм) или № 12 (1,2×12 мм) отверстиями или проволочные сетки № 0,85–1 (ячейки размером 0,85×0,85 мм – 1,0×1,0 мм).

В сепараторах, имеющих две ситовые рамы (типа А1-БИС, А1-БЛС), устанавливают:

а) в сортировочных рамах – полотна решетчатые с круглыми отверстиями № 100–160 или сетки проволочные № 8–14.

б) в подсевных рамах – полотна решетчатые с круглыми № 10–14, продолговатыми № 10 или № 12 отверстиями или сетки проволочные № 0,85–1.

В сепараторах с одним ситом устанавливают сортировочное решето с круглыми отверстиями № 100–160 или сетку проволочную № 8–14.



При очистке зерна, поступающего с содержанием минеральной примеси до 0,25%, в подсевных рамах вместо полотен решетных устанавливают сплошные листы.

На комбикормовых предприятиях часто применяют металлические штампованные сита: приемные – с круглыми диаметром 20 мм или продолговатыми размером 15×15 (12×50) мм отверстиями; сортировочные - с круглыми отверстиями диаметром 10...16 мм; подвесные – с круглыми диаметром 1...1,4 мм или продолговатыми размером 1×10 и 1,2×12 мм отверстиями.

Могут также применяться проволочные сетки приемные с отверстиями 18×18 мм, сортировочные с отверстиями 8×8 мм или 14×14 мм, а также подвесные с отверстиями 0,85×0,85 мм или 1,0×1,0 мм.

Очистка сырья от металломагнитных примесей производится с целью:

- снизить содержание металломагнитных примесей в готовой продукции до норм, установленных нормативно-технической документацией; при этом должны быть полностью удалены металлические включения размером более 2 мм.

- защитить технологическое и транспортное оборудование, в первую очередь измельчающие машины, пресс-грануляторы, экструдеры и экспандеры от износа и разрушения в случае попадания металлических включений;

- предотвратить загорания, хлопки, локальные взрывы, которые могут быть вызваны попаданием металла на рабочие органы машины.

Для выделения металломагнитных примесей из сырья и готовой продукции применяют колонки и электромагнитные сепараторы (параметры приведены ниже). Разделяющим признаком (признаком делимости) служат различия в магнитных свойствах компонентов и сопутствующих примесей. Силовое магнитное поле обеспечивается постоянными магнитами и электромагнитами. В сепараторах с постоянными магнитами используют гравитационный вид транспортирования компонентов и продукции, а в электромагнитных – как гравитационный, так и принудительный.

Если применяемые скорости материала превышают указанные, возникает опасность отрыва задержанных на полюсах магнитных подков металломагнитных примесей и уноса их с движущимся продуктом. Если толщина слоя зерна или мучнистого продукта превышает установленную, снижается эффективность сепарирования. Для увеличения общей магнитной индукции магниты монтируют блоками в несколько рядов: первый захватывает большую часть металломагнитных примесей, следующие – оставшиеся частицы, а последний - контрольный.

Правилами установлены нормы магнитной защиты, применяемые в комбикормовом производстве, в зависимости от места установки магнитов и производительности данной линии.

На комбикормовых предприятиях используют магнитные колонки типа БКМ, МК и МКП. Магнитные колонки требуют ручной очистки и разгерметизации коммуникаций, что не гарантирует от смывания задержанных металломагнитных частиц. Нарушение графика очистки усугубляет это явление. Для автоматизированных предприятий необходимо применять самоочищающиеся электромагнитные сепараторы ЭМ-101М; ДЛ1-С, А1-ДЭС, А1-ДСФ. Производительность сепараторов: на зерне, мучнистых компонентах ЭМ-101М – 4...5 т/ч; на зерне, мучнистых компонентах, на отрубях ДЛ1-С – 10 и 5 т/ч соответственно; А1-ДЭС – 20 и 6 т/ч соответственно; на рассыпном комбикорме ДЛ1-С – 8 т/ч, А1-ДЭС – 10 т/ч. Производитель-

ность сепаратора А1-ДСФ на зерне, на рассыпном и гранулированном комбикорме – 20 т/ч, а на отрубях – 10 т/ч.

**Устройство и принцип действия линии.** Схема технологической линии приема, очистки и хранения сырья представлена на рис. 5.5.

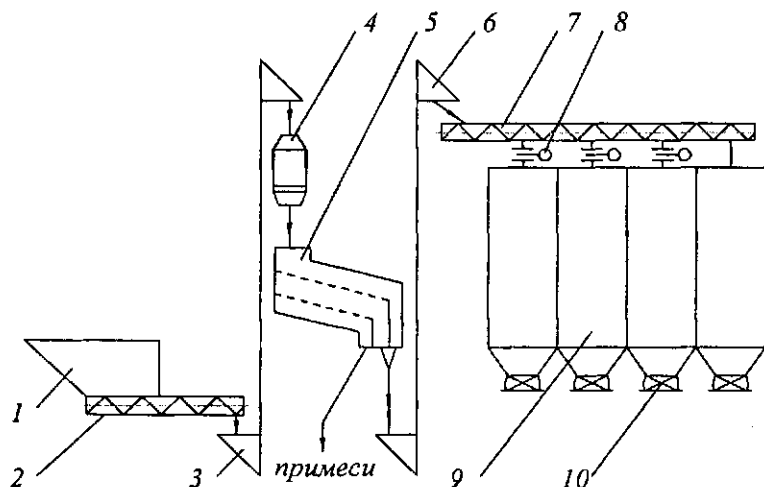


Рис. 5.5 Технологическая схема приема, очистки и хранения сырья

Зерновое сырье поступает из автотранспортных устройств в приемный бункер 1 с питателем 2, которым подается в норку 3. Далее оно через спусковой лоток направляется в магнитный сепаратор 4 и очищается от металлических примесей. После этого сырье поступает в сепарирующее устройство 5 для очистки от сорной примеси. Очищенное зерно поступает в норку 6 и в распределительное устройство 7 для подачи в бункера или силосы 9 через системы выпуска 8, которая чаще всего выполняется в виде задвижек. В бункерах 9 зерно хранится и затем выгружается с помощью системы выпуска 10 на транспортеры для подачи в перерабатывающие машины завода.



Науку и технику надо изображать не как склад готовых изделий, а как арену борьбы, где конкретный живой человек преодолевает сопротивление материала и традиций  
**МАКСИМ ГОРЬКИЙ,**  
советский писатель

### 5.3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ПЛЕНОК С ОВСА И ЯЧМЕНЯ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Зерно ячменя и овса имеет пленчатую поверхность, которая должна быть удалена из сырья, так как, попадая в пищевой тракт животных и птицы, её части могут травмировать слизистую оболочку внутренних органов. С этой целью при производстве комбикормов для

животноводческих комплексов по выращиванию и откорму свиней, молодняка крупного рогатого скота и птицы применяют шелушение исходного зерна.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Пленчатые культуры шелушат несколькими способами:

- с измельчением зерна и отсеиванием лузги;
- шелушение в обоечных машинах с последующим использованием триеров;
- шелушение в шелушильно-шлифовочных машинах с горизонтальными кругами;
- шелушение путем дробления зерна с отделением пленок из дробленого продукта;
- мокрое шлифование.

**Стадии технологического процесса.** Процесс шелушения для каждого выше-названного способа можно разделить на следующие стадии:

- подготовка зерна к обработке;
- обработка по одному из способов;
- отделение пленок и лузги;
- сбор и транспортирование готовой продукции.

**Характеристика комплектов оборудования.** При использовании первого способа зерно овса и ячменя, очищенное от сорной и металломагнитной примесей, измельчают в молотковой дробилке или применяют двукратный пропуск через вальцовый станок. В дробилке устанавливают сита с отверстиями диаметром 3 мм или чешуйчатые с отверстиями размером 2×14 мм. Измельченный продукт направляют на просеивание; сита имеют отверстия 1,4×1,4 мм. Сход с сита содержит неизмельченные и частично измельченные оболочки. Его используют при производстве комбикормов для крупного рогатого скота. Проход представляет собой овсяную и ячменную муку заданной крупности, которая поступает в бункера над дозаторами. Основным продуктом измельчения овса не должен содержать сырой клетчатки более 5,3 %, а ячменя – более 3,5 %.

При использовании второго варианта целесообразно отбирать мелкое и щуплое зерно и направлять его в те комбикорма, где допустимо повышенное содержание клетчатки. Это делается подбором диаметра отверстий сортировочного сита. Для шелушения рекомендуют использовать овес натурой не менее 490 г/л. Обоечные машины работают в «мягком» режиме, их внутренняя поверхность покрыта металлическим уголком размером 25×25 мм.

Затем продукт направляют в аспиратор, дисковый триер, повторно пропускают нешелушенное зерно через обоечную машину и аспиратор. Окружная скорость бичей при шелушении овса – 20...22 м/с, зазор между бичами и поверхностью обечайки – 17...20 мм, уклон бичей – 8...9 %. Производительность обоечной машины на первом проходе – 5 т/ч.

Следующий способ предусматривает шелушение ячменя с применением шелушильно-шлифовальных машин А1-3ШН-3 с горизонтальными абразивными кругами. Натура ячменя, направляемого на шелушение, должна быть не менее 605 г/л. Обечайка машины А1-3ШН-3 выполнена из стального перфорированного листа с отверстиями размером 1,1×20 мм.

Мучка и лузга выводятся из машины воздушным потоком. Производительность машины при обработке ячменя – до 1,8 т/ч, выход продукта не менее 80 %. Шелу-

шенный ячмень измельчают в дробилках. При вводе измельченного продукта в рецепты для животноводческих комплексов в дробилках устанавливают сита с отверстиями  $1,3 \times 2,0$  мм.

Сущность способа отделения оболочек у зерна ячменя и овса состоит в следующем. Предварительно очищенный от примесей ячмень с объемной массой не менее  $605 \text{ кг/м}^3$  измельчают путем однократного пропуска через молотковую дробилку, в которой установлены сита с отверстиями диаметром 3–4 мм, с последующим просеиванием для отделения пленок. Пленки отбирают сходом решет с отверстиями диаметром 2–3 мм, а проход представляет собой основной продукт – измельченное ядро зерен. Выход дробленого зерна должен быть не более: для овса – 50%, а для ячменя – 70%.

Технологический процесс мокрого шелушения зерна осуществляется следующим образом. Зерно и вода одновременно подаются в приемный патрубок. Зерно подхватывается гонками и поднимается вверх, последовательно проходя зоны мойки, отжима и шелушения. После обработки лопатки верхней части ротора выводят очищенное зерно в патрубок.

В процессе обработки зерно многократно отбрасывается гонками и ударяется о внутреннюю поверхность ситового цилиндра. В результате ударного воздействия и интенсивного взаимного трения зерен происходит очистка их поверхности от минерального загрязнения, надорванных оболочек, частиц зародыша и бородки. С поверхности зерна удаляется избыточная влага. Отходы проходят через щелеватые отверстия ситового цилиндра и падают вниз, а частицы, осевшие на внешней поверхности сита и корпуса, периодически смываются водой и выводятся вместе с основной массой отходов.

**Устройство и принцип действия линий в составе завода.** На рис. 5.6 приведена схема технологической линии для применения первого способа.

Зерно овса и ячменя, поступая из бункеров 1, очищается от сорной и металломагнитной примесей на сепараторе 2 и после прохода магнитной колонки 3. Далее оно поступает в дробилку 4 и двухстадийный вальцовый станок 5, где измельчается до требуемой величины. В дробилке устанавливают сита с отверстиями диаметром 3 мм. Измельченный продукт направляют на просеивание на просеивающей машине 6; сита которой имеют отверстия  $1,4 \times 1,4$  мм. Сход с сита содержит неизмельченные и частично измельченные оболочки. Его используют при производстве комбикормов для крупного рогатого скота. Проход представляет собой овсяную и ячменную муку заданной крупности, которая поступает в бункера над дозаторами. Этой операцией заканчивается первый способ шелушения.

Для осуществления второго способа овсяная или ячменная мука после обработки по первому способу направляется в обочную машину 7, а затем на пневмосепаратор 8. Здесь происходит дополнительное отделение пленок и лузги, которые выводятся в систему их отвода из линии. Измельченная масса поступает на дополнительный просеиватель 9, в котором происходит разделение на фракцию готового продукта и недоизмельченную часть. Последняя фракция может быть направлена на вторую обочную машину 7, а затем на пневмосепаратор 8.

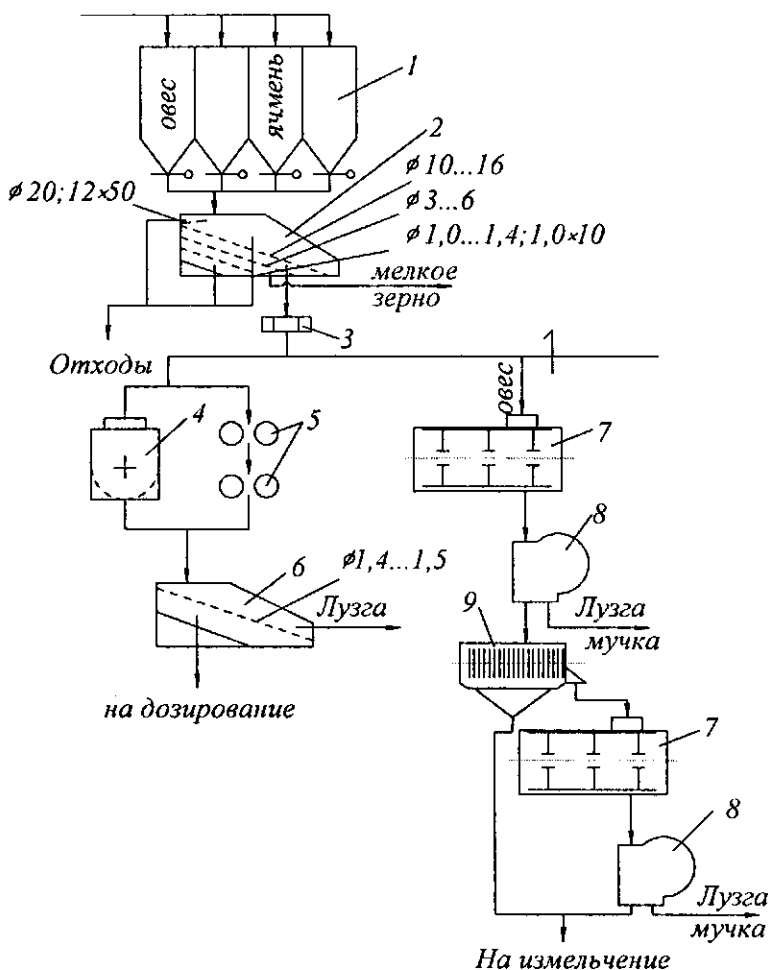


Рис. 5.6 Схема линии шелушения овса и ячменя для применения первых двух способов



Хитрые люди презирают учение, простые преклоняются перед ним, мудрые пользуются им.  
ТОМАС МАККОЛЕЙ, английский писатель

#### 5.4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ, ДОЗИРОВАНИЯ И СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Измельчение – энергоемкая технологическая операция, выполняемая в процессе подготовки исходного сырья к смешиванию. Измельчают зерно, шроты, сырье минерального происхождения, другие компоненты. При производстве премиксов измельчают наполнитель – отруби, соли микроэлементов. В технологии производства комбикормов для ценных пород рыбы измельчают практически все сырье до высокой дисперсности помола,

особенно это относится к стартовым комбикормам. Измельчению подвергают сырье, поступающее в гранулированном виде, а также гранулы комбикорма при выработке крупки или крошки. В ряде стран на комбикормовых предприятиях производят пропаренные и плющенные хлопья. Для их изготовления применяют вальцовые плющильные станки.

Важным показателем качества измельчения исходного сырья является степень измельчения, которая контролируется по остатку на ситах специальных приборо-классификаторов с отверстиями диаметром 5, 3 и 2 мм. Качество помола определяют по ГОСТ 13496.8–92. Остаток на сите с отверстиями диаметром 2 мм при мелком помоле (размеры частиц 0,2...1 мм) не должен превышать 5 %; при среднем помоле (1...1,8 мм) остаток на сите с отверстиями диаметром 3 мм должен быть не более 12 %; при крупном помоле (1,8...2,6 мм) остаток на сите с отверстиями диаметром 3 мм – не более 35 % и на сите с отверстиями диаметром 5 мм – не более 5 %.

Степень измельчения зерна регламентируется рецептом комбикормов. Она обеспечивается подбором решет к дробилкам с соответствующим диаметром отверстий для решетных дробилок или регулировкой зазора между молотками и декой в безрешетных дробилках. Степень размола зерновых существенно влияет на усвояемость животными питательных веществ и на их привесы. Необходимая степень измельчения зерна влажностью до 14 % достигается установкой в дробилке решет с отверстиями диаметром: при мелком помоле – 3 мм (и даже 1,5; 1,8 и 2 мм), среднем – 4–5, крупном – 6–8 мм.

Под смешиванием понимают процесс равномерного распределения частиц компонентов корма в общем его объеме. В результате этого получают однородную кормовую смесь. В технологических линиях комбикормовых предприятий применяют механическое смешивание. В зависимости от агрегатного состояния смешиваемых веществ применяют различные виды смесителей.

В настоящее время в технологии приготовления различных видов смесей известны два способа смешивания: свободное (гравитационное) и принудительное. Механизм смешивания может характеризоваться следующими явлениями:

- конвекционное смешивание, представляющее собой перемещение частиц с одного места на другое;
- диффузионное смешивание, происходящее за счет изменения положения отдельных частиц смешиваемого материала;
- смешивание истиранием и деформацией – частичное смешивание за счет столкновения и взаимного смещения частиц.

Эффективность смешивания зависит от степени однородности получаемой смеси. В идеальной смеси содержание ингредиентов в долях или процентах должно быть одинаково в любой единице объема, начиная от объема всей смеси и кончая минимальным объемом, зависящим от размера частиц смешиваемых ингредиентов. Абсолютно однородную смесь различных сыпучих материалов получить практически невозможно, так как при любом процессе смешивания одновременно идет процесс разделения смеси. В результате взаимодействия этих явлений смесь, полученная после длительного смешивания в любом смесителе, всегда имеет остаточную неоднородность.

Для оценки эффективности смешивания  $W$  пользуются коэффициентом вариации при среднем значении концентрации контрольного компонента в отобранных пробах:

$$W = \frac{100}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (5.1)$$

где  $\bar{x}$  – среднее значение контрольного компонента, вычисленного при  $n$  ( $n > 10$ ) пробах;  $x_i$  – значение концентрации контрольного компонента в  $i$ -той пробе;  $n$  – число проб. Качество смешивания считается удовлетворительным при значении коэффициента вариации (неоднородности смешивания) для смеси, содержащей 1 % и более контрольного компонента, не больше 10 %.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Процесс измельчения в технологии комбикормового производства следует строить по-разному в зависимости от перерабатываемого сырья и того, каким животным предназначен комбикорм, а также в каком виде он будет скармливаться – в рассыпном или гранулированном. Для равномерного распределения частиц малого или очень малого компонента в массе комбикорма решающее значение имеет его дисперсность. Считают, чем меньше величина компонента в рецептуре, тем тоньше он должен быть измельчен для получения примерно такого же суммарного количества частиц, как у крупных и средних компонентов. Тонкодисперсное измельчение связано с высокими удельными энергозатратами.

На качество смешивания компонентов комбикормов влияет много факторов, особенно характер перемещения частиц в смесительных камерах. Движение частиц в смесителях и процесс смесивания зависит от следующих факторов:

- способа подачи материала в смеситель;
- скорости вращения рабочих органов смесителя;
- формы основных элементов смесителя;
- качества и объемов дозирования материалов;
- количественного соотношения между ингредиентами;
- степени наполнения смесителя;
- соотношения удельных и насыпных весов компонентов смеси;
- величины коэффициентов внешнего трения между частицами;
- формы и размеров частиц;
- степени измельчения отдельных ингредиентов;
- влажности смеси и отдельных компонентов;
- вида основного наполнителя.

**Стадии технологического процесса.** Технологический процесс измельчения исходных компонентов строят по двум принципиально возможным вариантам:

1. Последовательное измельчение исходных компонентов до направления их в наддозаторные бункера; при наличии нескольких линий измельчения компоненты распределяют по линиям, а в каждой линии последовательный принцип сохраняют;

2. Измельчение смесей компонентов после их дозирования. Здесь возможно несколько решений.

Смешивание – это механический процесс, при котором подвергающиеся обработке исходные материалы не изменяют своих химических свойств или агрегатного состояния, а лишь меняют положение частиц в пространстве относительно друг дру-

га, образуя однородную смесь. По способу протекания технологического процесса смесители делятся на две группы: 1) смесители периодического действия и 2) смесители непрерывного действия.

**Характеристика комплектов оборудования.** Для измельчения исходного сырья на комбикормовых заводах, предприятиях по производству премиксов применяют молотковые дробилки, вальцовые станки, дезинтеграторы (дисмембраторы), дисковые, ножевые, шрифтовые, зубчатые, а также валковые измельчители гранул, плющильные станки, струйные мельницы (для сырья минерального происхождения) и др. Благодаря простоте наибольшее распространение в промышленности получили молотковые дробилки, различные по конструктивному исполнению.

В технологии приготовления кормов основными машинами являются измельчители ударного действия – молотковые дробилки. Простота устройства, высокая надежность в работе, компактность установки, динамичность рабочих режимов, высокие скорости рабочих органов и непосредственное соединение вала машины с электродвигателем обусловили возможность широкого применения их во всех отраслях народного хозяйства.

В дробилках открытого типа материал из дробильной камеры быстро удаляется, не замыкая при своем перемещении окружности. В таких дробилках измельчается главным образом крупнокусковой, хрупкий и сухой материал (гранулы, мел, ракушки, соль). Основным механическим фактором процесса является свободный удар молотка по кускам значительной массы.

В дробилках закрытого типа решето и деки охватывают весь барабан, и материал, поступивший в дробильную камеру, при своем перемещении совершает многократные круговые движения, располагаясь в камере в виде рыхлого продуктово-воздушного слоя. Здесь материал измельчается путем многократного ударного воздействия молотков и истирания при проходе их в среде движущегося слоя. Наряду с этим молотковым дробилкам свойственны существенные недостатки: высокая энергоемкость, неравномерность гранулометрического состава получаемого продукта с повышенным содержанием переизмельченных частиц, интенсивный износ рабочих органов.

Для дозирования можно применять объемные и весовые дозаторы. К объемным дозаторам относятся барабанные, шнековые, тарельчатые, вибрационные, аэрационные, комбинированные и другие устройства, предназначенные для отмеривания объемов сыпучего материала. Объемное дозирование – непрерывное. Все компоненты дозируются одновременно. Объемные дозаторы обеспечивают в обычных условиях работы сравнительно низкую точность дозирования (+3 %) со значительными отклонениями от среднего. В настоящее время господствует точка зрения о том, что объемное дозирование по точности не соответствует современным требованиям зоотехнической науки и его следует заменить на весовое или объемно-весовое, обеспечивающее точность до 1 %.

Выбор смесителя периодического действия сводится к определению емкости смесителя исходя из производительности технологической линии и операционного времени, а также от состава смеси для производства комбикормов.

Смесители кормов классифицируют по следующим основным признакам: по характеру и организации рабочего процесса, по основному назначению конструкции рабочих органов и частоте их вращения. По характеру процесса различают смесители порционного (периодического) и непрерывного действия. В зависимости от вида



смешиваемых кормов смесители могут быть предназначены для приготовления сухих сыпучих (комбикормов), рассыпных влажных и жидких (консистентных) кормов. По организации рабочего процесса все смесители делятся на две большие группы: с вращающейся камерой и с неподвижной камерой, или транспортирующие.

К первой группе относятся барабанные, горизонтальные, вертикальные или наклонные смесители различного конструктивного исполнения. Ко второй группе относятся смесители с мешалками. По конструкции рабочих органов – мешалок применяют смесители: для сыпучих кормов следующих типов: шнековые, лопастные и ленточные. Для жидких – турбинные, пропеллерные и лопастные, а для рассыпных влажных (стебельных) кормов – шнековые и лопастные.

В зависимости от частоты вращения мешалок смесители делят на тихоходные и быстроходные. К тихоходным относятся смесители, у которых показатель кинематического режима  $K = (\omega^2 R/g < 30)$  (здесь  $R$  – радиус мешалки), а к быстроходным – у которых  $K > 30$ . Мешалочные смесители по числу мешалок делят на одно- и двухвальные.

Шнековые горизонтальные смесители непрерывного действия применяют для смешивания всех видов сухих и влажных компонентов, за исключением жидких кормосмесей. В процессе работы компоненты кормов непрерывно загружают в бункер смесителя, интенсивно перемешиваются вращающимся внутри корытообразного цилиндрического корпуса шнеком или валом с лопастями, которые расположены по винтовой линии. При этом слои корма, перемешиваясь один относительно другого с различными окружными скоростями, проталкиваются к разгрузочному окну.

Рабочие органы шнековых смесителей в зависимости от назначения и свойств смешиваемых компонентов разнообразны по конструкции. Так, при производстве комбикормов из сухих компонентов лучший эффект показывает рабочий орган в виде сплошной ленты, закрепленной на радиальных лопатках.

Применение двухвальных шнековых смесителей, в которых оба рабочих органа одинаковы или различны как по конструкции, так и по режиму работы, дает положительный эффект. Широко распространены шнековые смесители с комбинированным рабочим органом, где на участке приема компонентов применяют шнеки, на участке смешивания – шнек с переменным шагом. Для повышения эффективности работы горизонтальных шнековых смесителей задают угол наклона лопаток или устанавливают по концам лопастей сплошную широкую ленту, которую чередуют с радиальными лопатками. Лопастя устанавливают так, чтобы две из них находились под углом  $50^\circ$  к оси вала (для продвижения продукта в направлении выгрузного окна), а третью размещают под углом  $20^\circ$  к оси в противоположном направлении (для создания встречных потоков продукта).

Шнековые вертикальные смесители периодического действия применяют для приготовления кормосмесей из сухих компонентов с различными добавками. В конструктивном исполнении смесители такого типа представляют собой цилиндр с загрузочной воронкой и коническим днищем (опрокинутый конус), внутри которого располагают рабочий орган – вертикальный шнек.

Рабочий процесс приготовления смеси заключается в том, что в корпус смесителя загружают компоненты, которые занимают весь объем камеры. После включения мешалки, частота вращения которой составляет  $100 \dots 150 \text{ мин}^{-1}$ , нижние слои корма захватываются шнеком, поднимаются вверх и опускаются вниз вдоль стенок корпуса. Такая циркуляция в течение  $5 \dots 8$  мин обеспечивает полное перемешивание

ингредиентов. Производительность таких смесителей можно увеличить путем установки над ним промежуточного бункера. Пока в смесителе идет перемешивание, бункер загружают следующей порцией корма.

**Устройство и принцип действия линии в составе завода.** На рис. 5.7 приведена технологическая линия измельчения–смешивания, наиболее часто встречающаяся в схемах комбикормовых заводах.

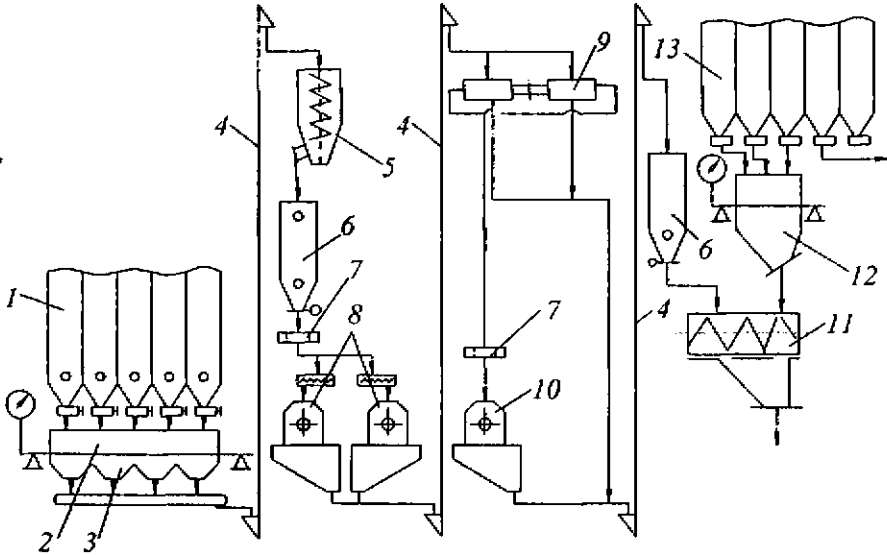


Рис. 5.7 Технологическая схема двухэтапного (порционного) измельчения предварительно составленной зерновой смеси с последующим смешиванием получаемого продукта с другими компонентами

Зерно и другие компоненты поступают из силосов 1 в дозаторы 2 марки АД-3000ГК, а затем в отдозированном виде на конвейер 3. Конвейер подает полученную смесь в виде «слоенного пирога» в норию 4, которая загружает ее в вертикальный смеситель-усреднитель 5. Далее смесь поступает в бункер 6 с автоматической системой контроля уровня загрузки материала. Из бункера смесь подается в магнитную колонку 7, где очищается от металлических примесей. Затем смесь подается в одну или сразу в две параллельно работающие молотковые дробилки первого этапа 8 в зависимости от величины требуемой производительности линии. Дробилки снабжены ситами с отверстиями 6...7 мм. Измельченный продукт пневмотранспортом подается в просеивающие машины 9, где происходит разделение на две фракции. Одна с частицами размером до 3 мм направляется мимо дробилки 10 второго этапа измельчения. Вторая фракция, недоизмельченная, направляется в дробилки 10 второго этапа через магнитные колонки или другие подобные улавливатели металлических примесей. Затем оба потока смеси соединяются в один и загружаются в норию 4 второго этапа, которой подаются в бункер 6. Из бункера смесь через регулирующий затвор-затвижку подается в главный смеситель 11 типа СКГ-2,5. В этот же смеситель подаются необходимые по рецептуре комбикорма компоненты из многокомпонентного весового дозатора 12 типа ДК-2500 из наддозаторных бункеров 13.



Умение выделить главное, отделить его от второстепенного, знание степени изученности рассматриваемой проблемы, видение границы между знанием и незнанием – залог успешного её решения.

НАЗАРОВ СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ (1928–1999), белорусский ученый, академик

## 5.5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ КОРМОВЫХ ОТХОДОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** К кормовым продуктам пищевых производств, используемым в комбикормовой промышленности, относятся отходы маслоэкстракционных, сахарных, крахмалопаточных, ликероводочных, пивоваренных, мясомолочных и рыбоперерабатывающих предприятий.

Основными отходами маслоэкстракционных предприятий являются жмыхи и шроты, получаемые при переработке семян масличных растений – сои, подсолнечника, льна, хлопка. Жмыхи получают при извлечении масла путем прессования, а шроты – при экстрагировании (выделении) масла из семян органическими растворителями (дихлорэтаном, бензином и т.д.). Жмыхи содержат жиров до 7...9 %, а шроты – сырого протеина до 31...45 %. Особую ценность в этом плане представляет тостированный соевый шрот, в котором содержится значительное количество незаменимых аминокислот.

Отходы сахарной промышленности – это свекловичный жом и кормовая патока (меласса). Жом получают в виде стружки свеклы, из которой выделен сахар. Сухой жом содержит много углеводов и мало протеина, а также до 15 % клетчатки. Меласса – сгущенный раствор, получаемый после кристаллизации сахарного сока и содержащий большое количество сахара, легкоусваиваемого животными и птицей. Она содержит до 20 % воды и 9 % протеина и не содержит жиров и клетчатки.

Отходы крахмалопаточной промышленности, получаемые при переработке на крахмал из зерна кукурузы, картофеля и пшеницы, – это клейковина, мезга (оболочки семян и плодов), шрот из зародышей кукурузы или пшеницы, кукурузный экстракт. Сухие отходы содержат до 20 % протеина, углеводов и других питательных веществ. Особенно ценны по энергетическим показателям кукурузный глютен и зародыши.

Побочные продукты спиртового и пивоваренного производств – это кормовые дрожжи, барда, пивная дробина и солодовые ростки, которые содержат значительное количество перевариваемого протеина, углеводов, микро- и макроэлементов.

Отходы мясомолочной промышленности получают в виде мясокостной, мясной, кровяной и костной муки, сухого обрат, сухого обезжиренного молока, муки рыбной из морских млекопитающих и ракообразных (включая креветочную и крабовую) и т.д.

Эта же линия может быть использована для переработки некоторых видов сырья, поступающего в таре: сухого обезжиренного молока, кормовых фосфатов, костной муки, кормовых аминокислот (лизина и метионина) и других компонентов, не требующих измельчения.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Кормовые продукты в сухом виде могут содержать значительное количество металлических примесей, остатков упаковочных материалов и мешкотары, других посторонних включений. Для очистки и сортирования сырья используют разного рода сепараторы, просеивающие машины с двумя ситовыми рамами. Конструкции машин должны учитывать физико-механические свойства этих продуктов, в том числе плохую сыпучесть и в ряде случаев высокое содержание жира.

Линия ввода мелассы (гидрола) предусматривает ввод мелассы, подогретой до температуры 50 °С, для снижения вязкости. При температуре более 55 °С меласса карамелизуется, на стенках образуется нерастворимый в воде осадок. При такой температуре постепенно уменьшается живое сечение труб, из-за чего трубопроводы выходят из строя. Поэтому температуру подогрева мелассы следует выдерживать в строго заданном диапазоне, а трубопроводы прокладывать со спутниками-подогревателями в единой теплоизоляции, не заглубляя их в подземные каналы, для обеспечения удобства обслуживания и ремонта.

**Стадии технологического процесса.** Основные операции по обработке сырья:

- выгрузка из мешков или же прием сырья из транспортных средств;
- сепарирование и очистка от примесей;
- подготовка для подачи в линию дозирования и смешивания.

**Характеристика комплектов оборудования.** Учитывая физико-механические и технологические свойства, выделяют следующие основные комплекты оборудования, которые существенно отличаются друг от друга и широко используются на комбикормовых предприятиях:

- для обработки сырья в виде муки;
- для подготовки к смешиванию крупнокусковых и прессованных материалов;
- для ввода мелассы;
- для ввода жира.

**Обработка сырья в виде муки.** Растваривание сырья из бумажных мешков осуществляется в растарочных машинах типа У1-ДРМ, У21-ДЛР или шкафах-пылеуловителях типа А1-БПУ, А1-БПШ и др. Сырье из тканевых мешков растаривают в шкафах-пылеуловителях. Для отделения крупных включений в приемных рамах просеивающих машин типа А1-ДМК, А1-ДМП-2, А1-БПК и бурат устанавливают сита № 150...200 с отверстиями диаметром 15...20 мм или сетки проволочные № 14...18. Сход с этих сит представляет собой отходы третьей категории. Содержание годного продукта в них не должно быть более 2 %. В сортировочных рамах устанавливают сита № 30...60 с отверстиями 3...6 мм или сетки проволочные № 2,5...5 с ячейками размером от 2,5×2,5 до 5×5 мм. Сходовые фракции с этих сит направляют на измельчение. При выработке комбикормов для животноводческих комплексов по выращиванию и откорму свиней и телят в просеивающих машинах устанавливают сортировочные рамы с ситами № 20 или сетками № 1,6. Участки цехов с линиями мучнистого сырья оборудуются специальными шкафами-уловителями мучнистой пыли. Транспортировать внутри завода рассыпную муку рекомендуется пневмотранспортом, так как это сырье относится к сильно пылящимся продуктам. Выделение металломагнитных примесей производят на магнитных колонках со статическими магнитами или в электромагнитных сепараторах.

Комплект оборудования для *линии подготовки прессованных и крупнокусковых продуктов* предназначен для переработки жмыхов, кукурузы в початках, некоторых продуктов, поставляемых в виде брикетов. При этом обеспечивается сначала крупное, а затем тонкое измельчение. Линия включает дробилку для крупного дробления – жмыхоломач и молотковую дробилку. В процессе измельчения в жмыхоломаче получают частицы размером не более 20–30 мм, которые после взвешивания в автоматических весах и выделения металломагнитных примесей окончательно измельчают в молотковой дробилке.

Качество продуктов контролируют в просеивающей машине, чтобы в основной продукт не попали крупные частицы. Для этого в просеивающей машине устанавливают сита № 20...60 или сетки проволочные № 1,6...5,0, сход с которых повторно измельчают. Сита № 20 или сетки проволочные № 1,6 устанавливают при выработке комбикормов для животноводческих комплексов.

Подготовка шротов для включения их в комбикорм имеет свои особенности. Очистку и сортирование шротов производят на просеивающих машинах типа А1-ДМП-20, в которых устанавливают две ситовые рамы: верхнюю с полотнами решетными № 150...200 с отверстиями диаметром 15...20 мм или сеткой проволочной № 14...18 с ячейками 14×14 – 18×18 мм, нижнюю с полотном решетным № 20...60 с отверстиями диаметром 2...6 мм или сеткой проволочной № 1,6...5 с ячейками 1,6×1,6 – 5×5 мм. Сход с верхней рамы направляют в отходы третьей категории. Сход с нижней рамы измельчают в молотковой дробилке и объединяют с проходом основного материала. Можно устанавливать в просеивателе только одну раму с ситом № 150...200 или сеткой проволочной № 14...18 с последующим измельчением всего прохода. Однако такое решение в ряде случаев приводит к переизмельчению продукта и, соответственно, к перерасходу электроэнергии. На молотковых дробилках подбирают сита с отверстиями, обеспечивающими получение стандартной по крупности продукции в каждом конкретном случае. Если шроты поступают на предприятие в гранулированном виде, их хранят на складах силосного типа и перерабатывают на зерновой линии.

Комплект оборудования *линии ввода мелассы* должен учитывать специфику этого продукта. В связи с этим существуют два способа ввода мелассы в комбикорма: холодный (без подогрева) и с подогревом. При температуре 20 °С меласса представляет собой густую влажную жидкость, а при 10...15 °С практически застывает. Подогрев мелассы значительно уменьшает ее вязкость. Подогретая меласса легко перекачивается по трубопроводам, разбрызгивается форсунками и распределяется в комбикорме, в связи с чем метод ввода мелассы с подогревом получил наибольшее распространение.

В состав линии ввода мелассы входит приемное устройство, как правило, в виде сливного резервуара. Вместимость резервуаров для хранения запасов мелассы должна быть рассчитана на достаточно длительный период работы предприятия, поскольку меласса – сырье сезонное. Обычно резервуары выполняют стальными, большого диаметра, вместимостью на 200, 400, 600, 1000 м<sup>3</sup> и более каждый. Резервуар оборудуют устройствами для местного подогрева в виде змеевиков с горячей водой или электроподогревателей. В линии монтируют также расходный бак, приближенный к местам ввода мелассы в комбикорм и оборудованный змеевиками-подогревателями. Для перекачки мелассы из приемного резервуара (сливного) в хранилища и из них в расходный бак устанавливают центробежные насосы. Для

ввода мелассы в комбикорм при гранулировании, в рассыпные комбикорма при отпуске или до гранулирования с помощью установок Б6-ДАК, Б6-ДАБ и СДМ-3 используют центробежные, шестеренчатые, плунжерные, вихревые и другие насосы.

Для улавливания механических включений в трубопроводы встраивают специальные фильтры в виде сетчатых цилиндров, которые периодически открывают и очищают. Фильтры могут быть грубой и тонкой очистки. Трубопроводы необходимо прокладывать так, чтобы была возможность сливать мелассу обратно в хранилище для очистки расходного бака, промывки и продувки трубопроводов.

Для слива мелассы из железнодорожных вагонов применяют подогрев паром. Для гидрола подогрев не требуется ни при сливе, ни при перекачке и вводе.

По линии ввода мелассы можно также принимать, обрабатывать и вводить в состав комбикорма жидкий концентрат кормового лизина.

В настоящее время для ввода мелассы в комбикорм часто применяют специальную установку Б6-ДАБ производительностью до 30 т/ч.

*Линия ввода жира* используется при добавлении в состав комбикорма жиров кормовых животного происхождения, характеризующихся температурой плавления 42...45 °С. Это сборные жиры, получаемые на мясокомбинатах. В состав комбикормов для молодняка сельскохозяйственных животных, особенно выращиваемых в условиях животноводческих комплексов, а также в комбикорма для рыбы в ряде случаев вводят фосфатидный концентрат, представляющий собой темное пастообразное вещество, богатое лецитином. Фосфатидный концентрат поставляют во флягах, бидонах, которые необходимо длительно разогревать в туннельных разогревателях или на водяной бане. В стартерные комбикорма для ценных пород рыб вводят также масло растительное, рыбий жир и жидкий холин-хлорид.

Жиры кормовые животного происхождения можно поставлять в деревянных бочках. В этом случае после открывания их насаживают на вертикальные или наклонные жироотки, по которым проходит пар, жир вытапливают в сборник и перекачивают в накопительный резервуар. Если расстояние между мясокомбинатом и комбикормовым заводом невелико, весьма эффективно использовать для перевозки жира изотермические цистерны типа молоковозов и перевозить жир в расплавленном состоянии. Жир перекачивают насосами непосредственно в накопительный или расходный резервуар предприятия.

Жиры кормовые вводят в рассыпные комбикорма с применением специальных агрегатов Б6-ДСЖ и Б6-ДМА, в пресс-гранулятор – при гранулировании комбикорма. При этом жир распыляют (диспергируют) струей пара в кондиционер-смеситель или питатель для увеличения времени распределения, а также наносят жир на поверхность гранул в установках Б6-ДСЖ. При вводе жидких компонентов рецепты рассчитывают с учетом используемого технологического приема.

Наибольшее распространение получила технология ввода жира с помощью установок типа Б6-ДСЖ, включающих смеситель непрерывного действия, накопительный и расходный баки, жироотку, электроталь с захватным устройством, насосное оборудование, устройство для измерения расхода жира.

Жир поступает обычно в бочках, которые захватываются электроталью и опускаются открытым днищем на цилиндрический нагреватель, жир нагревается и вытекает в накопительный бак вместимостью 9 м<sup>3</sup>. В бак встроен трубчатый подогреватель, температура пара в котором автоматически поддерживается в заданных пределах.

Из накопительного бака жир подается насосом в расходный бак вместимостью 1 м<sup>3</sup>, имеющий паровую рубашку для подогрева продукта до температуры 70...80 °С. Внутри бака находится мешалка, обеспечивающая равномерный прогрев продукта. Бак оборудован электронными сигнализаторами верхнего и нижнего уровней. Из расходного бака через фильтры-ловушки жир поступает в смеситель. Подачу жира регулируют насосом-дозатором. Разбрызгивание жира в смесителе производится паром. Количество комбикорма, подаваемого в смеситель, регулируют шнеком-дозатором. Установка для ввода жира обеспечивает производительность по готовому продукту до 10 т/ч при вводе жира в количестве от 0,5 до 10 %.

Жир можно подавать также в процессе для обогащения гранулированных комбикормов. Введение жира в количестве до 3 % позволяет снизить расход электроэнергии в среднем на 20 % и увеличить производительность прессы в среднем на 30 %.

Жир в количестве до 6 % может быть подан также в смеситель периодического действия. С целью лучшего распределения жира его рекомендуется подавать в смеситель через обогреваемую перфорированную трубу, находящуюся под крышкой смесителя. Так как подается определенная порция жира, то для дозирования применяют обогреваемый мерный бачок.

**Устройство и принцип действия линий в составе завода.** Линия затаренного мучнистого сырья представлена на рис. 5.8. Она включает набор машин и оборудования для растаривания муки из мешков в оперативные бункера или в контейнеры, удаления металломагнитных и других посторонних примесей, сортирования продуктов и измельчения крупных фракций в виде слипшейся массы.

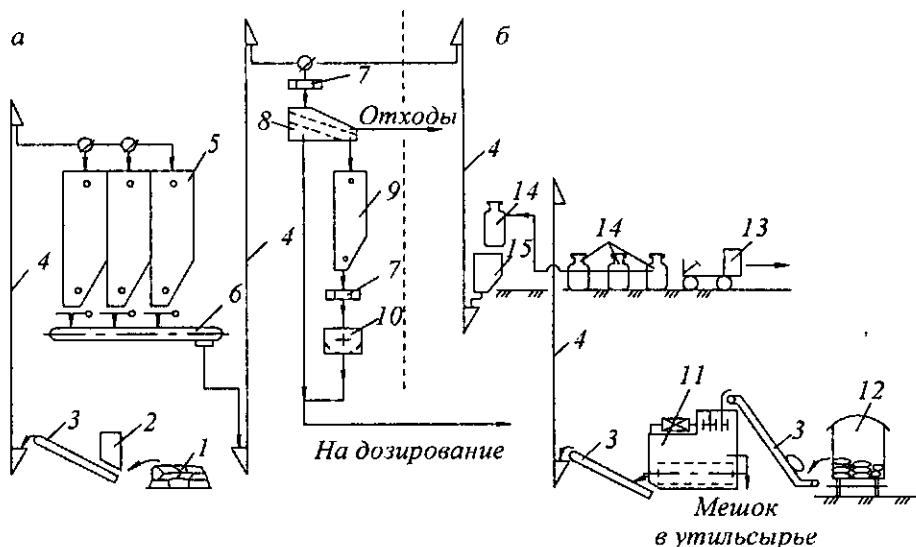


Рис. 5.8 Линия кормовых продуктов пищевых производств:  
а – с применением оперативных бункеров; б – с применением резинокордовых контейнеров

По схеме рис. 5.8, а мука в мешках поступает из автотранспортных средств на поддон 1, а затем в мешкорастарочное оборудование 2 и на загрузочный транспортер 3. Этим транспортером мука подается в норю 4 и через распределительное устройство – в соответствующий оперативный бункер 5. Из бункеров мука поступает

на сборочный транспортер 6 и в норию 4, которая подает её в магнитную колонку 7. Далее мука поступает в просеивающую машину 8. Крупные включения собираются в бункер 9 и из него через магнитную колонку 7 попадают в дробилку 10. Измельченная часть выводится из дробилки и соединяется с мукой, поступающей из просеивающей машины 8, в один поток, который направляется на линию дозирования и смешивания комбикормового завода.

При использовании накопительных контейнеров с эластичными стенками, чаще из резинокордовых материалов, может быть использован комплект оборудования по схеме рис. 5.8, б. Эта схема применяется на комбикормовых предприятиях большой мощности. Мешки на предприятия доставляются железнодорожными вагонами 12 или большегрузным автотранспортом и выгружаются на загрузочный транспортер 3. Этим транспортером они подаются в специальную мешкорастарочную машину 11. Мука из машины 11 попадает на транспортер 3 загрузки норрии 4. Норрия подает муку в контейнера 14. Эти контейнеры подаются на разгрузку непосредственно на предприятии в приемный бункер 15 или же могут быть электропогрузчиком 13 перевезены на склад для временного хранения.

Линия подготовки прессованных и крупнокусковых продуктов приведена на рис. 5.9.

Линия ввода мелассы (гидрола) приведена на рис. 5.10.

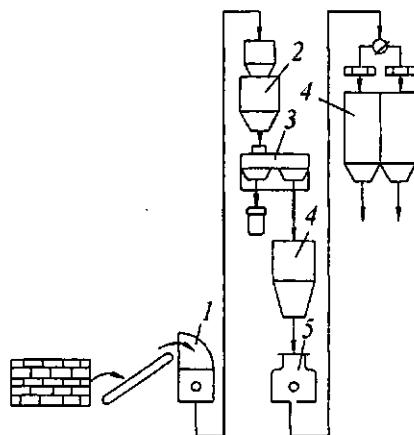


Рис. 5.9 Линия подготовки прессованных и крупнокусковых продуктов

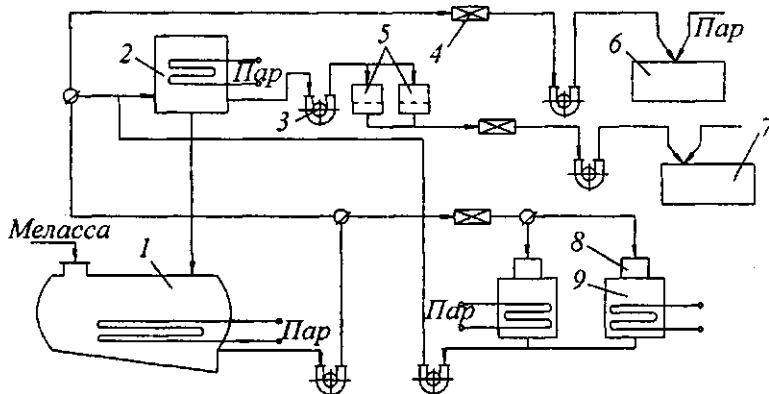


Рис. 5.10 Линия ввода мелассы в комбикорм



Сырье выгружается на загрузочный транспортер жмыхоломача 1. После измельчения продукт направляется на автоматические весы 2 и далее в магнитную колонку 3 для отделения металлических включений. Обработанный материал поступает в накопительный бункер 4, а из него в дробилку 5. Пневмосистемой дробилки 5 или отдельным транспортером готовый продукт через магнитную колонку подается в оперативные бункера 4 линии дозирования и смешивания.

Меласса завозится с перерабатывающего предприятия автотранспортом и заливается в накопительный бак 1, из которого подается в бак-подогреватель 2. Подогретая до нужной температуры масса насосом 3 через расходомер 4 и фильтр 5 подается в смеситель 7 типа Б6-ДАБ для смешивания с другими компонентами, например карбамидом. В смеситель 7 может быть подан карбамид с помощью дополнительного комплекта оборудования, состоящего из подогревателя 9, в который карбамид подается из смесителя 8, где проводится растворение в воде или каком-то другом растворителе самого материала. Полученный раствор затем подается в подогреватель 2 и поступает далее в смеси с мелассой для дальнейшего смешивания в смеситель 7. При необходимости, когда меласса и раствор имеют требуемую температуру, меласса и раствор карбамида могут быть поданы параллельно линии подогрева непосредственно в смеситель 6 такого же типа, как и в линии подогрева. В накопительном баке вместимостью 9 м<sup>3</sup> меласса подогревается паровым змеевиком до заданной температуры, затем насосом перекачивается в бак-подогреватель вместимостью 2 м<sup>3</sup> и насосной установкой с двумя фильтрами и насосом подается в смеситель Б6-ДАБ. Расход мелассы учитывают индукционным расходомером.

Линия ввода жира в рассыпной комбикорм приведена на рис. 5.11.

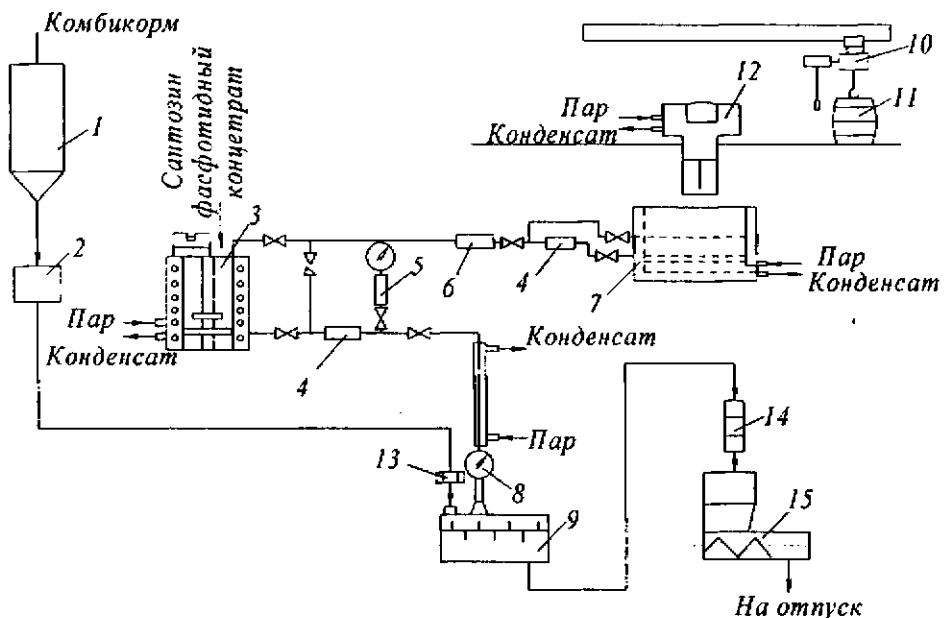


Рис. 5.11 Линия ввода жира в рассыпные комбикорма, разработанная ВНИИКП

Комбикорм загружается в приемный бункер 1, из которого поступает в дозатор 2, а затем через магнитную колонку 13 в смеситель 9. Жир, завозимый из мясоком-

бинатов в деревянных бочках 11, грузоподъемным механизмом с захватом для таких бочек подается в вертикальные или наклонные жиротопки 12. Открытые бочки насаживаются на специальные опоры этих жиротопок с системой подачи пара. Под воздействием температуры пара происходит вытапливание жира в сборник 7. Далее жир перекачивается насосами 4 в накопительный бак 6. Из бака 6 жир может поступать в депульсатор 5, где приготавливается за счет пульсационного ввода в нагретую воду эмульсия жира. При приготовлении смеси жира с использованием фосфатидного концентрата исходный материал подается смеситель 3. Полученная смесь в этом случае, как и его эмульсия в первом случае, подается через расходомер 8 в смеситель 9. Приготовленный комбикорм в схеме цеха или завода далее подается норией 14 в наддозаторный бункер 15 линии дозирования и смешивания.

На рис. 5.12 приведена линия ввода жира в комбикорм с помощью смесителя Б6-ДСЖ.

Жир загружается в накопительный бак 1, имеющий систему подогрева паром. Далее он в разогретом до требуемой температуры виде может через расходомер 7 поступить с помощью насоса-дозатора 8 непосредственно в смеситель 9 типа Б6-ДСЖ. Если же температура невысока, то жир направляется в расходный бак 4, имеющий паровую рубашку 5 и мешалку 3 для перемешивания массы. Затем разогретый до нужной температуры жир насосом подается через фильтры 6 и расходомер в смеситель 10 такого же типа, что и при подаче жира напрямую.

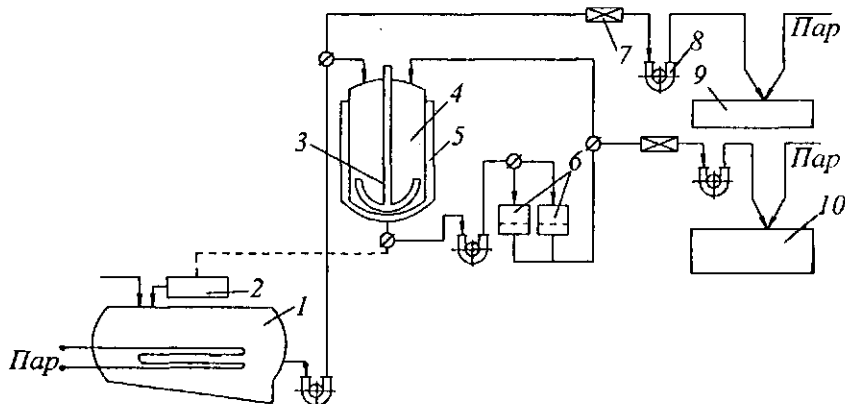


Рис. 5.12 Линия ввода жира в комбикорм с помощью смесителя Б6-ДСЖ

Жир с некоторыми жидкими компонентами может вводиться с использованием жиропоглотителей, что значительно упрощает процесс ввода жира в состав комбикорма. Полученный жир поставляется на комбикормовый завод как мучнистый ингредиент. Однако такой способ требует дополнительных затрат, что повышает стоимость комбикорма. Кроме того, при вводе жидких ингредиентов в жиропоглотители необходимо специализировать предприятие в непосредственной близости от вводимого жидкого ингредиента. Хорошими поглотителями являются кормовые средства – отруби, люцерновая мука. Используют также азросил (марок А 300, А 175, А 380), который способен поглощать (адсорбировать) жиры до 73%, оставаясь сыпучим.



Невежественными бывают только те, которые решаются таковыми остаться.  
*ПЛАТОН,*  
*древнегреческий мыслитель*

## 5.6 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПОДГОТОВКИ СОЛИ, МЕЛА И ДРУГОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Поваренная соль, мел, известняк, ракушки и другие подобные минералы являются источником макроэлементов, которых не хватает в зерновом сырье для полнорационного кормления животных и птицы. При выработке комбикормов для промышленных животноводческих комплексов целесообразно применять перекристаллизованную соль типа «Экстра» или помола «0» с содержанием хлорида натрия не менее 97 %. Мел или углекислый кальций содержит до 37 % кальция, 0,18 % фосфора, 0,5 % калия, 0,3 % натрия, до 5 % кремния и ряд других макроэлементов. Соль, как и мел, поставляются в рассыпном виде, однако из-за плохого хранения нередко образуются камни и куски значительных размеров, что требует соответствующей подготовки для ввода в комбикорм. Известняк, травертины, известковый туф, ракушки и другое природное сырье необходимо измельчать до требуемой величины.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Особенности применяемого минерального сырья требуют соответствующей его подготовки. Подготовка начинается с сушки, поскольку исходный материал, как правило, имеет повышенную влажность, затрудняющую приготовление высококачественного комбикорма по распределению макроэлементов в нем.

Соль сушат для улучшения ее технологических свойств при исходной влажности свыше 0,5 %. Сначала ее сушат до влажности 0,1...0,2 %, благодаря чему она приобретает хорошие технологические свойства – лучше транспортируется всеми видами транспорта, в том числе аэрозольным, дозируется, не зависает в бункерах и коммуникациях.

Недостаток этого вида веществ не позволяет получить соответствующего эффекта от применения комбикорма, а переизбыток может привести к снижению потребления и даже к заболеваниям животных и птицы.

Мел сушат с целью улучшения технологических свойств, если его влажность превышает 10 %. Мел подсушивается, если подогреть воздух в помещении, где он хранится. При его сушке с одновременным измельчением дальнейшее просеивание не требуется. Мел, ракушечную крупку, имеющие крупность выше допустимых нормативно-технической документацией норм, подвергают измельчению.

### **Стадии технологического процесса:**

- сушка исходного сырья;
- измельчение сырья до требуемой величины.

**Характеристика комплектов оборудования.** Для сушки минерального сырья применяют барабанные сушилки или сушилки с виброкипящим слоем. Если соль поступает крупного помола, ее предварительно измельчают в специальной молотковой дробилке с Г-образными молотками и колосниковой решеткой. Просеивают соль в просеивателе с проволочной сеткой № 1. Сходовую фракцию измельчают в

молотковой дробилке на сите с отверстиями 3 мм. Металломагнитные примеси из соли выделяют в магнитных колонках со статическими магнитами.

Минеральное сырье измельчается на молотковых дробилках, в которых устанавливаются сита с отверстиями диаметром 6...8 мм. Минеральное сырье просеивают на машине типа А1-ДСМ с сеткой проволочной № 3,5 или полотном решетным № 40. Проходовую фракцию направляют в наддозаторные бункера, сходовую – в измельчающую машину, а затем объединяют с проходовой фракцией. При производстве комбикормов для крупных животноводческих комплексов применяют полотно решетное № 20 или сетку проволочную № 1,6. Известняковую муку, удовлетворяющую требованиям и нормам по крупности (остаток на сите с отверстиями диаметром 1 мм – не более 5 %) и влажности (не более 1,5 %), при необходимости подвергают контрольному просеиванию на машине с сеткой проволочной № 3,5 или полотном решетным № 40 и очистке от металломагнитных примесей.

Известняки, поступающие с наличием кусков, первоначально измельчают в камнедробилках С-218 до частиц размером не более 10 мм, а затем в молотковых дробилках до частиц размером около 2 мм. Продукт размола сортируют в просеивающей машине, имеющей сито № 20 или проволочную сетку № 1,6. Для выделения металломагнитных примесей из сырья применяют, как правило, колонки со статическими магнитами.

**Устройство и принцип действия линий в составе завода.** На рис. 5.13 приведена линия подготовки минерального сырья для ввода в комбикорм.

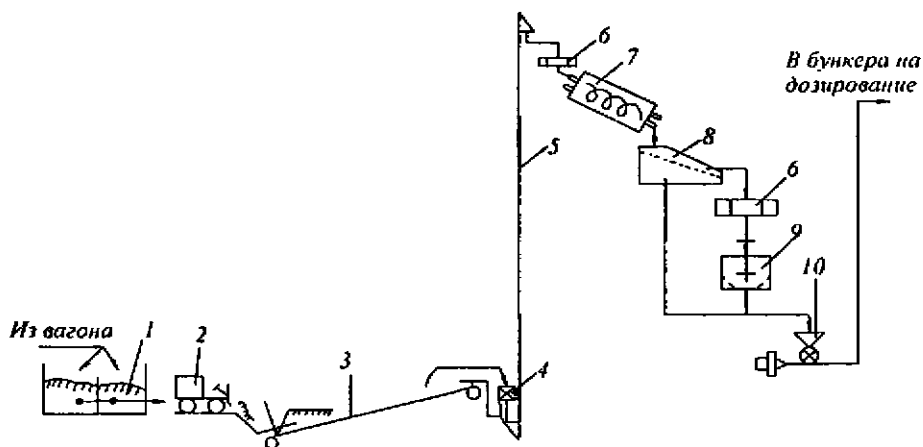


Рис. 5.13 Линия подготовки соли и другого минерального сырья

Минеральное сырье при напольном хранении в складах в виде насыпей 1 погрузчиком 2 загружается на конвейер 3. С конвейера оно поступает в колосниковую дробилку 4. Полученный измельченный продукт норией 5 подается в магнитную колонку 6. После отделения металлических примесей материал поступает в сушилку 7, где досушивается до нужной влажности и подается далее на просеивающую машину 8. Измельченная часть проходит через ее решета и подается в пневмотранспортер 10. Неизмельченная часть направляется через магнитную колонку 6 в дополнительную дробилку 9, из которой подготовленное сырье направляется в тот же пневмотранспортер 10 для дальнейшей подачи в наддозаторные бункера линии дозирования и смешивания компонентов в комбикорм.



Образованный человек тем и отличается от необразованного, что продолжает считать свое образование незаконченным.

*СИМОНОВ КОНСТАНТИН МИХАЙЛОВИЧ,  
советский писатель и журналист*

## 5.7 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПОДГОТОВКИ КАРБАМИДА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Карбамид содержит 42...46 % азота, что эквивалентно 2,6 % протеина. Поэтому карбамид используют как заменитель растительного протеина в комбикормах и БВД для взрослых жвачных животных. Нормы кормления предусматривают следующие объемы введения в комбикорм: для крупного рогатого скота – до 50...70 г на одну голову в сутки животного массой до 220 кг. При массе животного 400 кг в комбикорм может быть добавлено до 100 г карбамида. Для овец суточная норма не превышает 12 г в сутки на одну голову взрослого животного. Карбамид можно вводить в комбикорм в сухом виде, в виде растворов в воде и мелассе (в том числе с добавлением ортофосфорной кислоты), а также в виде карбамидного концентрата, из которого готовят крупу на специализированных линиях.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Карбамид при правильном его использовании может заменить в комбикормах для жвачных животных до 30 % растительного протеина в рационе. Однако использование его в чистом виде сопровождается быстрым расщеплением в пищеварительном тракте с образованием аммиака в большем количестве, чем его усваивают микроорганизмы рубца. Избыток аммиака может быть токсичным, при этом животные болеют, а иногда погибают. Поэтому карбамид следует вводить в комбикорма только для таких кормов, которые при переваривании медленно освобождают аммиак. Один из таких видов корма – карбамидный концентрат, представляющий собой обработанную в экструдере смесь карбамида, зерна, бентонина. В любом случае в состав комбикорма необходимо вводить значительное количество углеводистого сырья, особенно мелассы для стимулирования развития микрофлоры рубца, ассимилирующей карбамид.

**Стадии технологического процесса производства и ввода карбамида в комбикорм:**

- подготовка сырья;
- дозирование и смешивание исходного сырья;
- экструдирование смеси;
- охлаждение и сушка готового продукта;
- измельчение с просеиванием и накоплением в оперативных бункерах.

**Характеристика комплектов оборудования.** При вводе карбамида в сухом виде подготовка состоит в растаривании мешков с карбамидом и разрушении слежавшихся комков, если они образовались. На заводах с весовым дозированием карбамид разумнее всего вводить в виде предварительно приготовленной предсмеси. На некоторых предприятиях эту предсмесь размалывают в специально установленной дробилке. Приготовление предсмеси значительно увеличивает точность дозирования карбамида. На заводах с объемным дозированием также целесообразно готовить предсмесь. Ее вводят с помощью тарельчатых дозаторов МТД-За, ДТК и

др. При вводе в комбикорма карбамида, растворенного в мелассе, в состав линии включается специальное оборудование для растворения карбамида в воде и мелассе.

В жидком виде карбамид вводится в виде двух типов растворов. Раствор карбамида в воде приготавливают (в соотношении 1:1) с применением растворителя-подогревателя РПК, а раствор карбамида в мелассе – в смесителях мелассы-карбамида типа СМК в соотношении 1,0:2,5. Продолжительность растворения – 20 мин при температуре раствора 50...55 °С. Для обеспечения непрерывной подачи раствора карбамида в мелассу необходимо устанавливать не менее двух смесителей СМК. Раствор карбамида в мелассе вводят в комбикорм по линии подачи мелассы в мелассосмеситель или смеситель пресс-гранулятора в зависимости от принятой технологии.

**Устройство и принцип действия линий в составе завода.** Линия подготовки к скармливанию карбамидного концентрата приведена на рис. 5.14.

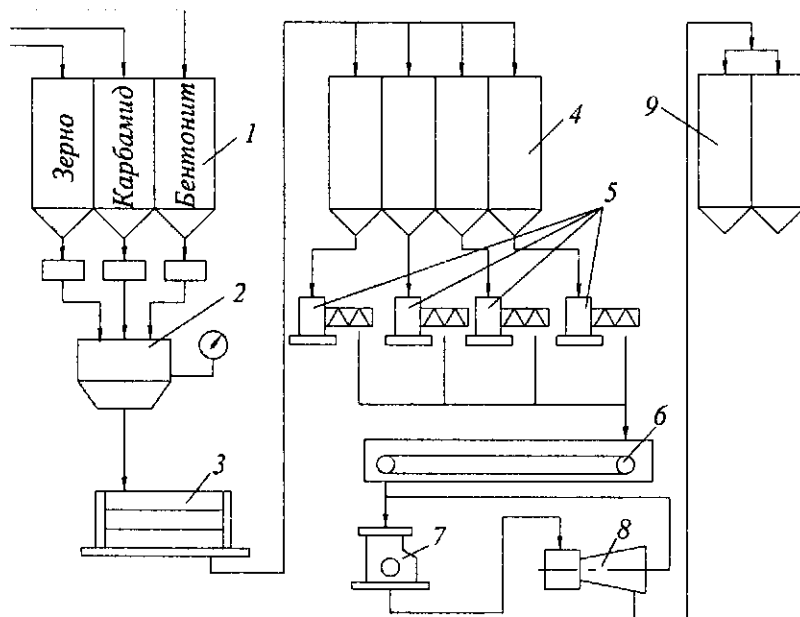


Рис. 5.14 Линия подготовки к вводу карбамида в комбикорм

Исходное сырье в виде зерна, карбамида и бетонита помещается в приемные бункера 1. Каждый компонент поступает в многокомпонентный весовой дозатор 2, а из него в отдозированном виде в смеситель 3. Далее приготовленная смесь подается в накопительные бункера 4, из которых поступает в экструдеры 5. Готовый продукт в спрессованном виде выгружается на конвейер сушилки 6. После охлаждения и досушивания он подается в молотковую дробилку 7, а из неё – в просеивающую машину 8. Неизмельченная масса возвращается на повторное измельчение в дробилку 7, а готовая продукция – в бункера для готового продукта, размещаемые над дозаторами линии дозирования и смешивания в цеху или на заводе.



Самое трудное в споре – не столько защитить свою точку зрения, сколько иметь о ней четкое представление.  
*МОУА АНДРЕ,*  
*французский писатель*

## 5.8 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПОДГОТОВКИ ПРЕМИКСОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Премиксы – специальные кормовые добавки, представляющие собой однородную, измельченную до частиц необходимых размеров смесь предварительно подготовленных биологически активных веществ, а в ряде случаев и макродобавок с наполнителем. Премиксы используются для обогащения комбикормов и белково-витаминных добавок. Основу премиксов составляют витамины, микроэлементы и аминокислоты. Кроме того, в состав премиксов могут входить вещества стимулирующего действия и оказывающие защитное действие на корма, предотвращающие снижению их качества при хранении. Среди них антиоксиданты, эмульгаторы, ферменты, вкусовые добавки, лекарства, поверхностно-активные детергенты. Доля таких добавок колеблется в зависимости от рецепта в пределах 10...35 %, остальную часть составляют наполнители в виде соевого шрота, кормовых дрожжей, пшеничных отрубей, зерна пшеницы тонкого помола. Нормы ввода премиксов в комбикорма – 0,1...1 %, а в белково-витаминные добавки – 4...5 %.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Линия подготовки премиксов устанавливается непосредственно на заводах, производящих комбикорма, или в специализированных цехах. Промышленное производство премиксов на специализированных предприятиях более перспективно, они имеют лучшее качество, однако в силу разных причин часть их производят на комбикормовых заводах. Это можно объяснить недостаточным объемом промышленного производства, дальними расстояниями между заводами, производящими премиксы, и комбикормовыми заводами, в отдельных случаях специальными требованиями к составу премиксов и т.д.

### **Стадии технологического процесса:**

- прием исходного сырья;
- смешивание компонентов;
- экструдирование смеси;
- охлаждение и сушка полученного продукта при необходимости;
- дробление и просеивание;
- накопление в оперативных бункерах.

**Характеристика комплектов оборудования.** Типовая линия приготовления премиксов (рис. 5.15) включает серийное оборудование: смесители, дробилки, просеивающую машину. Микродобавки в необходимом количестве засыпают вместе с половиной расчетного количества наполнителя (отруби, шрот) в первый смеситель, где они смешиваются в течение 15...20 мин. После перемешивания смесь измельчают в дробилке с ситами, диаметр отверстий которых 1,0...1,2 мм.

После измельчения смесь просеивают в машине на ситах с отверстиями диаметром 1 мм, а проход направляют во второй смеситель. Сход сита возвращают на повторное дробление до полного измельчения. Во второй смеситель добавляют остав-

шийся наполнитель и после перемешивания в течение 20 мин получают готовые премиксы в количестве 50...60 кг (что соответствует вместимости смесителя).

В схемах комбикормовых заводов применяются различные наборы подобного оборудования. На рис. 5.16 приведен вариант линии приготовления премиксов из большого числа компонентов. Все подготовленные микроингредиенты засыпают в 15 бункеров установки карусельного типа, каждый из которых снабжен вибропитателем. Поочередно из каждого бункера на весах отвешивается нужная порция микродобавок, которые поступают в смеситель периодического действия вместимостью 100 кг. В него подают также часть наполнителя.

Схема предусматривает возможность добавления в премиксы соли или мела. Окончательно премиксы смешивают в смесителе периодического действия вместимостью 500 кг. В смеситель из бункера подают наполнитель, необходимое количество которого отвешивают на 50-килограммовых автоматических весах. Кроме того, в смеситель направляют соль или мел из бункера для сырья минерального происхождения. Нужное количество соли или мела отвешивается на автоматических весах.

Общая масса смеси не должна превышать 500 кг. После перемешивания готовые премиксы направляют на главную линию дозирования.

**Устройство и принцип действия линий в составе завода.** Системой загрузки наполнитель подается в бункер 2, а из него – в смеситель 3. В этот же смеситель подают после взвешивания на весах 1 соответствующие компоненты премикса. После смешивания полученный материал поступает в молотковую дробилку 4, а затем в просеивающую машину 5. При необходимости для получения более качественного смешивания линия премиксов может иметь дополнительную дробилку. Готовый премикс поступает в оперативные бункера линии дозирования комбикормового завода.

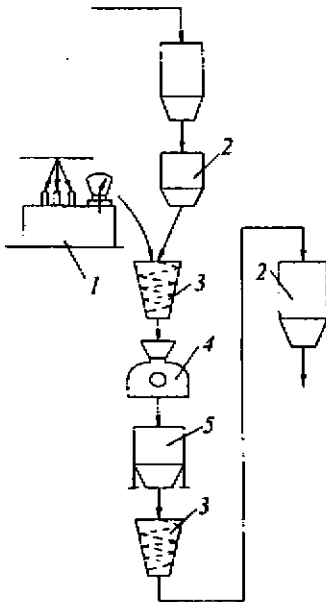


Рис. 5.15 Линия приготовления премиксов из небольшого числа компонентов

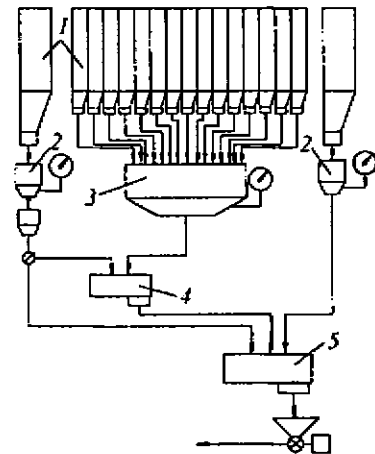


Рис. 5.16 Линия приготовления премиксов на комбикормовом заводе



На рис. 5.16 приведена схема более сложной компоновки из большого числа компонентов. Такая линия используется на комбикормовых заводах большой мощности. Наполнители премикса засыпаются в накопительные бункера 1, из которых каждый компонент подается в весовой дозатор 2. Другие компоненты премикса подаются в бункера 1 специальной установки карусельного типа, имеющей многокомпонентный дозатор 3. Полученная смесь компонентов направляется в смеситель 4, куда поступает и небольшая часть наполнителя. После смешивания полуфабрикат поступает в следующий смеситель 5 большей производительности, куда параллельно подается основная часть наполнителя. Такое двухстадийное смешивание позволяет обеспечить более качественное смешивание.



Есть в человечестве только одно зло – невежество; против этого зла есть только одно лекарство – наука.  
Писарев Дмитрий Иванович (1840–1868),  
русский публицист и литературный критик

### 5.9 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ГРАНУЛИРОВАНИЯ КОМБИКОРМОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Гранулированные комбикорма имеют ряд важных преимуществ:

- хорошо усваиваются;
- не происходит самосортирования комбикормов при транспортировке;
- исключается для птицы возможность выбора частиц комбикорма при кормлении, поэтому уменьшаются потери комбикорма;
- сводится к минимуму риск заражения сальмонеллой за счет тепловой обработки во время процесса гранулирования, так как при температуре выше 65 °С бактерии сальмонеллы погибают;
- можно использовать в кормах для животных дешевое сырье с большим содержанием клетчатки при вводе мелассы и жира;
- требуются меньшие объемы для транспортировки и хранения комбикормов;
- снижается выделение пыли при производстве.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Прочность гранул оценивают по их крошимости и продолжительности разбухания. Полученные после прессования гранулы направляют в охлаждающую колонку. Температура гранул после охлаждения должна быть не более чем на 10 °С выше температуры окружающей среды. Режим прессования гранул считается правильным, если после охлаждающей колонки в массе гранул остается мелких частиц комбикорма не более 5 % (проход через сито с отверстиями диаметром 2...2,5 мм). Для отделения крошки и мучнистых частиц охлажденные гранулы просеивают на ситах с отверстиями диаметром 2...2,5 мм и передают на склад готовой продукции. Комбикорма для молодняка птицы, кур-несушек и рыбы допускается вырабатывать в виде крупки, получаемой измельчением гранул диаметром до 10 мм с последующей сортировкой продукта на ситах. Гранулометрический состав крупки для птицы различного возраста и рыбы определен в действующих стандартах. При производстве гранулированного комбикорма сухим способом для рыб значительное внимание уделяют повышению его водостойкости путем введения связующих веществ, покрытия гранул водозащитными пленками и т.д. Применение таких связующих веществ, как казеин, аль-

бумин крови и т.п., позволяет получить более плотные, медленно распадающиеся в воде гранулы. Кроме введения связующих веществ можно применять водозащитные покрытия из жира, клея, поливинилового спирта, крахмала, метилцеллюлозы. Расход веществ, образующих водозащитную пленку, составляет от 2 до 8 % от массы комбикорма. Водозащитные покрытия наносят разными способами, например жир на поверхность гранул – методом разбрызгивания, а пленку поливинилового спирта – путем их орошения в специальной камере с последующим высушиванием в вибрационных сушилках.

**Стадии технологического процесса:**

- очистка рассыпного комбикорма от металломагнитных примесей;
- предварительная его подготовка (пропаривание, обогащение добавками);
- прессование гранул (гранулирование);
- их охлаждение;
- измельчение при выработке крупки, просеивание.

**Характеристика комплектов оборудования.** Для гранулирования используют грануляторы ОГМ-0,8, ОГМ-1,5 и другое подобное оборудование. Комбикорма и БВД гранулируют сухим и влажным способами. В настоящее время применяют в основном сухое гранулирование, при котором рассыпной комбикорм обрабатывают сухим паром, подаваемым в смеситель пресса под давлением 0,35...0,4 МПа; при гранулировании БВД давление пара 0,4...0,5 МПа, расход 60...80 кг/т. При этом температура пара достигает 130...140 °С, комбикорм нагревается до 80...85 °С, а при гранулировании температура возрастает на 5...10 %, что сопровождается клейстеризацией крахмала и образованием небольшого количества декстринов при незначительном разрушении витаминов А и В. Не допускается обработка паром комбикормов, содержащих лизин. При влажном гранулировании пар не требуется, комбикорм и БВД можно гранулировать, используя мелассу, соленый гидрол, кукурузный экстракт, воду и другие жидкие связывающие добавки.

Измельченные гранулы сортируют на просеивающей машине с двумя ситами. Сходом с верхнего сита получают крупные частицы, возвращаемые на измельчение, сходом с нижнего сита – готовую крупку, проходом – мучнистый продукт, который вновь направляется на прессование. Размеры отверстий сит устанавливают соответственно заданному размеру крупки. При правильном режиме работы установки для гранулирования выход крупки должен быть не менее 70 %. При получении крупки высокого качества важное значение имеет ее выход и образование мелкой мучнистой фракции, которую возвращают на повторное прессование, что приводит к снижению производительности установки. Поэтому при нормальном процессе измельчения выход мелкой мучнистой фракции не должен превышать 30 %. Гранулы измельчают в специальных вальцовых измельчителях. На вальцах нарезают взаимно перпендикулярные рифли: на медленно вращающемся – кольцевые с шагом 2,8–3,2 мм, на быстро вращающемся – продольные с тем же шагом. Правилами организации и ведения технологического процесса разрешается также использовать обычную нарезку плотностью 2,0–2,8 рифли на 1 см окружности вальца.

**Устройство и принцип действия линий в составе завода.** На рис. 5.17 приведена линия приготовления комбикормов в виде гранул, а на рис. 5.18 – линия приготовления комбикормов в виде крупки.

При приготовлении гранул рассыпной комбикорм поступает в бункер 1, из которого попадает в магнитную колонку 2. Из колонки 2 комбикорм поступает в питатель 3, а из него – в смеситель 4. В смеситель 4 подается также сухой пар. В смесителе 4 комбикорм поступает в пресс 5, а из него – в охлаждающую колонку 6. Из колонки 6 комбикорм поступает в измельчитель 7, а из него – в сортировочную машину 8. Из сортировочной машины 8 комбикорм поступает в склад 9. Гранулы в склад 9.

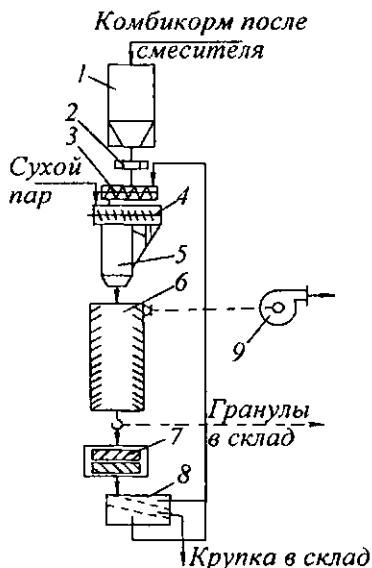


Рис. 5.17 Схема производства гранулирования комбикормов:

1 – бункер над прессом; 2 – магнитное ограждение; 3 – питатель; 4 – смеситель; 5 – пресс; 6 – охлаждающая колонка; 7 – измельчитель; 8 – сортировочная машина; 9 – вентилятор

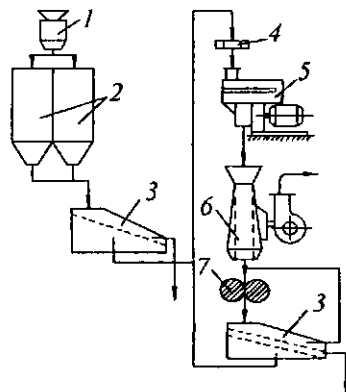


Рис. 5.18 Схема производства гранулированных кормов в виде крупки:

1 – автоматические весы; 2 – бункера; 3 – просеивающая машина; 4 – магнитное ограждение; 5 – пресс-гранулятор; 6 – охлаждающая; 7 – измельчитель гранул



Злоупотребление научным языком превращает в науку слов то, что должно быть наукой фактов.  
ЖОРЖ КОНДОРСЕ,  
французский ученый и писатель

## 5.10 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ВЛАГОТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** В зерне злаковых до 75 % от общей массы приходится на долю крахмала, который имеет форму отдельных гранул, включенных в белок эндосперма. Крахмалистый эндосперм окружен алейроновым слоем и прочной наружной оболочкой, которая затрудняет доступ микроорганизмов рубца и ферментов к крахмалу и другим питательным веществам. В естественном состоянии крахмал нерастворим в холодной воде. При повышенных температурах водородные связи, которые удерживают структурные части, и молекулы воды распадаются. В связи с этим особое значение при подготовке зерна к скармливанию имеет разрушение его оболочек и повреждение крахмальных зерен. Влаготепловая обработка способствует улучшению вкусовых качеств и поедаемости корма, повышает питательную ценность углеводных и протеиновых составляющих

в зернах злаковых и бобовых культур, снижает затраты энергии организма животных на переработку корма, позволяет частично инактивировать антипитательные вещества, уничтожает патогенную микрофлору. Качественные показатели конечного продукта приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 Показатели качества хлопьев из зерна ячменя шелушенного после влаготепловой обработки и плющения

Кормовые единицы	1,10%	Марганец	18,9 мг
Влажность	12,15 %	Цинк	16,6 мг
Сырой протеин	14,08 %	Медь	2,2 мг
Сырой жир	3,74 %	Железо	61,8 мг
Сырая клетчатка	1,55%	Лизин	5,21 г
Сырая зола	3,79%	Изолейцин	5,11 г
Кальций	0,65 %	Лейцин	5,52 г
Фосфор	0,30 %	Треонин	3,4 г
Магний	0,84 %	Аргинин	3,53 г
Сера	0,096 %	Валин	4,69 г

Хлопья зерновых культур используются для выработки стартерных комбикормов для всех видов сельскохозяйственных животных и птиц, а также используются в чистом виде с целью профилактики желудочно-кишечных заболеваний.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** При воздействии на зерно теплом и давлением происходят сложные структурно-механические и биохимические преобразования, позволяющие животным повысить эффективность использования питательных веществ зерна. Основным показателем качества обработки зерна при этом считают степень желатинизации крахмала. Желатинизация – это разрыв крахмальных зерен влагой и давлением при температуре 60...75 °С. Нагревание зерна в присутствии значительного количества влаги создает предпосылки для желатинизации крахмальных гранул. Установлено, что в результате пропаривания при атмосферном давлении степень желатинизации крахмала возрастает с увеличением продолжительности обработки и не зависит от расхода пара.

Важным фактором, оказывающим влияние на процесс желатинизации крахмала при пропаривании, является давление пара. С повышением давления процесс желатинизации значительно ускоряется и продолжительность обработки для достижения требуемого эффекта сокращается. Плющение позволяет осуществить желатинизацию крахмала в хлопьях от 11 до 50 %. Исследованиями статического сжатия зерна установлено, что влажность оказывает существенное влияние на сопротивление зерна деформации. При влажности до 17 % зерно разрушается как хрупкое тело, с повышением влажности зерно приобретает упругопластические свойства, при этом его сопротивление деформации уменьшается. Влажное зерно после сжатия способно к некоторому восстановлению толщины. У сухого ячменя это восстановление, определяемое отношением толщины хлопьев к зазору между вальцами, находится в пределах 1,2–1,3; у ячменя, увлажненного водой, – 1,5–1,8; у запаренного – 2–2,1 вследствие упругих деформаций, которые достигают максимального значения при влажности 23...25 %. При дальнейшем повышении влажности это свойство резко падает вследствие увеличения в зерне пластических деформаций.

Биохимические изменения при пропаривании и прессовании сводятся в основном к изменению соотношения крахмала, белков, активности ферментов и витаминов. Если в составе комбикорма имеется большое количество волокнистых растительных компонентов, травяной муки, лузги, свекловичного жома, растительных выжимок, целесообразно увеличить время обработки такого комбикорма паром умеренных параметров, применяя при этом вертикальные пропариватели-выдерживатели. Уплотнение и влаготепловая обработка кормов имеют следующие достоинства и решают задачи:

- улучшение товарного вида продукта, приспособление его к физиологическим особенностям кормления различных животных, птицы, рыбы и пушных зверей;
- увеличение объемной массы для более рационального использования бункеров и складов, повышение грузоподъемности транспортных средств;
- ликвидация самосортирования, резкое снижение распыла при отпуске, разгрузке и перегрузке продукции, лучшая сохранность при хранении;
- улучшение дозирования и значительное снижение потерь в кормораздатчиках и кормушках при скармливании, достигающее 8–12%;
- увеличение эффективности использования зерна как самостоятельно используемого для кормления, так и в составе комбикормов, в результате улучшения их поедаемости и повышения на 10–12% усвояемости;
- повышение санитарного качества зерна и комбикормов при влаготепловой обработке, предшествующей или сопровождающей процесс прессования в результате значительного снижения содержания в них микроорганизмов.

С точки зрения сохранения питательных веществ и легкости практического осуществления следует отдать предпочтение пропариванию зерна с избыточным давлением. Существенно интенсифицировать процессы нагрева и увлажнения можно путем воздействия энергоносителя на каждое в отдельности зерно. Однако существующие пропариватели, как отечественные, так и зарубежные, имеют ряд существенных недостатков: высокая металло- и энергоемкость, повышенный расход пара, значительная неравномерность распределения влаги в зерне и значительная экспозиция пропаривания.

**Стадии технологического процесса.** Технологический процесс влаготепловой обработки зерна при приготовлении комбикормов включает:

- шелушение зерна при необходимости, особенно ячменя и овса;
- увлажнение зерна с отволаживанием;
- кондиционирование;
- плющение;
- сушка и охлаждение готового продукта.

**Характеристика комплектов оборудования.** Традиционная технология производства хлопьев предусматривает следующие этапы очистки сырья от посторонних примесей, шелушение пленчатых культур (ячмень, овес), увлажнение, отволаживание в течение 6...8 ч, варка зерна, кондиционирование, плющение, сушка и охлаждение хлопьев. Анализ существующей технологии производства хлопьев выявил ряд недостатков, главные из которых – длительность процесса отволаживания зерна, залегание влажного зерна в бункерах, затруднен процесс выделения его из бункеров, что приводит к нарушению непрерывности технологического процесса. Не пред-

ставляется возможным производить хлопья на основе зерновой смеси с различными процентными вариациями компонентов.

Современное технологическое оборудование по предварительной подготовке зерна, скоростные кондиционеры, позволяют сократить операцию с 6...8 часов до 10–20 мин в зависимости от вида обрабатываемого зерна. В зависимости от вида обрабатываемого зерна (зерновой смеси) давление пара регулируется от 0,2 до 0,6 МПа, температура пара при этом увеличивается от 120 до 160 °С. Расход пара составляет 500...700 кг/ч на 1 т зерна. В процессе варки влажность зерна увеличивается до 20–24%.

**Устройство и принцип действия линий в составе завода.** Согласно технологической схеме (рис. 5.19) очищенное зерно поступает в один из накопительных бункеров 1 в зависимости от требуемой рецептуры. Зерно из накопительных бункеров объемными дозаторами 2 подается в шнековый смеситель-транспортер 3, где происходит формирование зерносмеси.

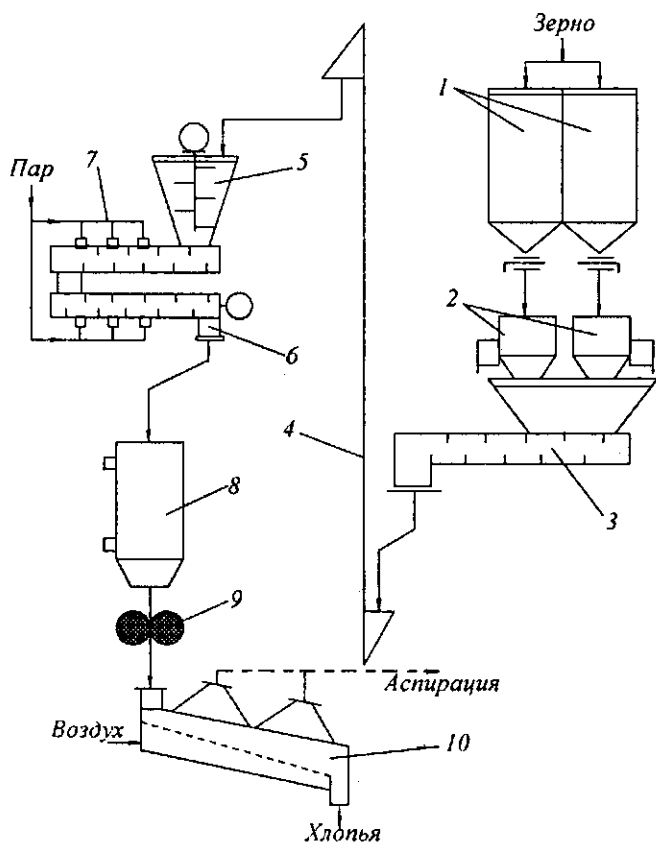


Рис. 5.19 Технологическая схема линии производства хлопьев

С помощью нории 4 зерносмесь направляется в аппарат предварительной варки 5 для предварительного нагрева до температуры 60...70 °С и увеличения влажности на 4...5 % от исходной. Подогретое зерно поступает в варочную машину 6 непрерывного действия. Конструкция машины позволяет регулировать время влаго-

термической обработки зернового материала за счет изменения частоты вращения вала шнека и угла поворота его лопаток. Нагрев зерна в аппарате предварительной варки и варочной машине осуществляется под воздействием пара, подаваемого по системе трубопроводов 7 через шесть форсунок. Из варочной машины зерно поступает в вертикальный кондиционер 8, где происходит стабилизация зерна по влажности и температуре, оно приобретает состояние восковой спелости. Из вертикального кондиционера зерно поступает в плющильную машину 9 с гладкими валками диаметром 600 мм, длиной 1000 мм и массой 2500 кг. Межвалковое расстояние составляет 0,2...0,3 мм, давление 120 атм. На выходе из плющильной машины зерно превращается в хлопья толщиной 0,3...0,5 мм с влажностью 17...19 %. Завершающим этапом производства хлопьев является сушка до влажности 12 % и охлаждение до температуры на +5 °С выше окружающей среды. Все это происходит в сушилке-охладителе 10.

Преимущество предлагаемой технологической схемы заключается в том, что не требуется бункера отволаживания и увлажняющей машины, значительно сокращается подготовительное время для влаготермической обработки зерна, появляется возможность быстро переходить с одного вида обрабатываемого зерна на другой, стало возможным формирование зерновой смеси в определенном процентном соотношении различных культур.



Приучайте себя к сдержанности и терпению. Научитесь делать черную работу в науке. Изучайте, сопоставляйте, накапливайте факты!  
*ПАВЛОВ ИВАН ПЕТРОВИЧ,*  
*академик, советский ученый*

### 5.11 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ЭКСТРУДИРОВАНИЯ И ЭКСПАНДИРОВАНИЯ ЗЕРНА

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** При обработке зернофуража экструдированием и экспандированием протекают два непрерывных процесса: 1) механическое и химическое деформирование; 2) «взрыв» продукта. Принцип действия экструдеров и экспандеров одинаков: в шнековом рабочем органе продукт разогревается, уплотняется и выпрессовывается. Однако режимы обработки существенно различаются.

Подлежащее обработке сырье доводят до влажности 12...16 %, измельчают и подают в экструдер, где под действием высокого давления (2,8...2,9 МПа) и трения зерновая масса разогревается до температуры 120...150 °С. Затем вследствие быстрого перемещения ее из зоны высокого давления в зону атмосферного происходит так называемый взрыв, в результате чего однородная масса вспучивается и образует продукт микропористой структуры. В экструдерах продукт разогревается только за счет трения при движении по виткам шнека и активного перемешивания под давлением. Регулирование температурного режима обработки достигается в отечественном экструдере только за счет сменных рабочих органов (кольца, «греющие» шайбы). Затраты электроэнергии при этом составляют 100...150 кВт·ч/т. Экструдирование комбикормов (без увлажнения) проводится при влажности 12...14 %. Потеря

влаги при охлаждении готового продукта составляет 5...8 %, поэтому он получается слишком сухой – влажностью 6...8 %.

Обработка комбикорма в экспандере проводится при более высокой влажности. Западные фирмы «Амандус Каль», «Альмекс» и другие рекомендуют проводить обработку при влажности до 26 %. Разогрев продукта осуществляется за счет ввода пара и трения. В этом случае готовый продукт необходимо подсушивать, что требует значительных затрат энергии. При одних и тех же температурных режимах (115...145 °С) обработка в экспандере при повышенной влажности протекает в менее жестких условиях, чем в экструдере. В экструдере из-за пониженной влажности на отдельных участках «местные» сопротивления движению продукта могут возрасти до значительных величин, вызывая «местное» повышение температуры, хотя общий температурный режим остается прежним.

Экспандирование обеспечивает следующие преимущества: ввод большого количества жидких компонентов (масла, жира, мелассы и др.); устранение вредных для питания компонентов; улучшение качества и усвояемости комбикормов; более высокая производительность пресса для гранулирования; лучшее качество гранул; использование более дешевого и сложного для гранулирования сырья.

Нормальная рабочая температура при обработке комбикормов обоими способами для птиц и свиней находится в диапазоне от 105 до 110 °С. Вследствие желатинизации крахмала, деструкции целлюлозно-лигнинных образований значительно улучшается его кормовая ценность. Количество крахмала при этом уменьшается на 12 %, декстринов (продукты первичного гидролиза крахмала) увеличивается более чем в 5 раз, сахара возрастает на 14 %. При этом значительно улучшается санитарное состояние зерна. Под действием высокой температуры и давления почти полностью уничтожаются патогенная микрофлора и плесневые грибы.

Основным показателем качества экструдата считается степень «взорванности» (отношение объема размолотого зерна к объему размолотого экструдата). Объем размолотого зерна или зерносмеси должен быть не менее чем в 4 раза больше объема готового размолотого продукта. При этом доля растворимых белковых фракций должна составлять не менее 40 %, а влажность – не более 10 %; степень декстринизации крахмала такого корма – не менее 35 %.

Экструдированный корм наиболее рационально использовать для кормления поросят младших возрастов, поскольку их пищеварительная система в этот период не способна расщеплять сложные питательные вещества рациона.

**Стадии технологического процесса.** Технология производства специальных комбикормов с экструдированной зерновой частью для молодняка животных включает:

- прием и накопление оперативного запаса сырья;
- его очистку;
- экструдирование зерновых компонентов;
- охлаждение и измельчение экструдата;
- дозирование и смешивание компонентов комбикорма;
- транспортирование сырья и складирование готовой продукции.

Технология производства с использованием экспандирования включает после очистки зернового сырья разогрев рабочего органа с помощью подачи пара или другим способом.



**Характеристика комплектов оборудования.** В экструдере или экспандере основным является шнековый рабочий орган в специальном корпусе с матрицей на выходе материала. Рабочий процесс состоит в перемещении материала при обработке в разные зоны.

Из бункера-накопителя экспандера материал в виде неоднородной сыпучей массы поступает в первую зону нагнетающего шнека. Здесь материал захватывается шнеком и перемещается к следующей зоне. В первой зоне материал частично заполняет межвитковый объем шнека и, следовательно, не полностью покрывает поверхность витков шнека и шнековой камеры. Частицы материала в первой зоне перемещаются в основном поступательно, а от вращательного движения они удерживаются силой собственного веса.

Во второй зоне, в отличие от первой, сыпучая масса уплотняется, и степень связанности ее частиц увеличивается. Сначала заполняется свободный межвитковый объем шнека, а затем уплотнение массы идет вследствие уменьшения промежутков между его частицами и вытеснения из него значительного количества воздуха. Во второй зоне масса хорошо перемешивается, подвергается постепенному сжатию и максимально уплотняется. В этой же зоне материал подвергается воздействию влажного пара, образующегося в результате воздействия температуры на подаваемую в зону нагрева воду. Обработанный влажным паром материал уплотняется шнеком и продвигается к третьей зоне.

В третьей зоне помимо основной операции прессования шнек путем интенсивного перемешивания и проминки материала под давлением способствует переходу его упругопластическое состояние. Процесс перемещения и прессования характеризуется еще и тем, что непосредственно соприкасающиеся слои материала имеют разные скорости, в результате чего между ними действует напряжение сдвига. Поэтому кроме перемешивающего эффекта возникает еще и внутреннее трение, которое приводит к растиранию частиц и получению однородной структуры материала.

В конце третьей зоны (последний виток шнека) спрессованная масса выходит из полости шнека и поступает в четвертую зону в виде закрученного пульсирующего вязкопластического потока. Здесь эта вязкопластическая масса преодолевает силу давления четвертой зоны, обусловленную сопротивлением формирующих отверстий матрицы.

При выпрессовывании через них вязкопластической массы форма ее потока окончательно изменяется соответственно количеству и форме поперечного сечения отверстий матрицы. Объем массы получаемого продукта при выходе из отверстий матрицы в связи с резким падением давления увеличивается за счет упругой деформации, возникающей внутри обрабатываемого материала. И так как длина матричного канала мала, то восстановительный (релаксационный) процесс отсутствует и выдавливаемая через отверстия матрицы продукция имеет вспученную, пористую структуру.

В канале можно достичь давления до 4 МПа и температуры до 130 °С, но всего лишь на очень короткий период, так как общее время прохождения продукта через экспандер составляет несколько секунд. На выходе из экспандера продукт мгновенно теряет нагрузку, а добавленная жидкость в значительной степени испаряется. За счет испарения жидкости температура падает до 90 °С. В зависимости от рецептуры, температуры продукта и давления готовый продукт может иметь структуру теста, толстых хлопьев или комков.

В шнеке экструдера установлены специальные шайбы (на входе – диаметром 117,5 мм, на выходе – 125 мм). За счет трения продукта о шнек и стенки корпуса происходит значительный нагрев продукта (температура продукта на выходе 120–130 °С), а разность давления на выходе и внутри камеры приводит к вспучиванию продукта. Размер частиц готового продукта можно менять с помощью обрезающего устройства, расположенного непосредственно на выходе, за кольцевой щелью.

Экструдированный продукт представляет собой гранулы диаметром 10–25 мм, длиной 20–40 мм. Горячие гранулы из экструдера поступают в охладитель, где происходит их охлаждение до температуры на 15...18 °С выше температуры окружающей среды. Из охладителя гранулы поступают в дробилку молотковую и измельчаются на сите диаметром 2...3 мм. Экструдированную зерновую массу охлаждают, используя для этой цели специальный охладитель (Б6-ДОБ, ОГМ или ДГ) и измельчают на молотковых дробилках.

**Устройство и принцип действия линий в составе завода.** На рис. 5.20 приведена схема технологической линии экструдирования зерна.

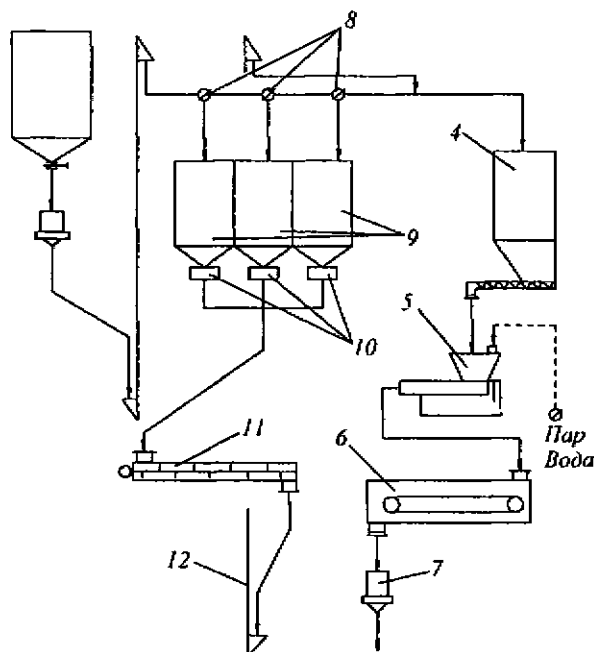


Рис. 5.20 Технологическая линия экструдирования кормов:

- 1 – бункер; 2 – дробилка; 3 – нория; 4 – бункер-накопитель; 5 – экструдер; 6 – охладитель;  
7 – дробилка готового продукта; 8 – перекидные клапаны; 9 – бункер сырья; 10 – дозаторы;  
11 – смеситель; 12 – нория

Очищенное зерно подается в наддробильный бункер 1, а затем измельчается на молотковой дробилке 2, на которой установлено сито с отверстиями диаметром 3...4 мм. Из-под дробилки измельченное зерно поступает в норию 3, которая подает измельченный продукт в бункер-накопитель 4 над экструдером 5. Готовый продукт поступает на охладитель 6, а из него в дробилку готового продукта 7. Это вариант обработки одного вида сырья.

Если требуется проэкструдировать смесь зерновых компонентов, необходимо каждый из них измельчить и посредством системы перекидных клапанов 8 разложить в наддозаторные бункера 9, снабженные объемными дозаторами непрерывного действия 10 и смесителем непрерывного действия 11, в котором происходит формирование однородной смеси измельченных компонентов. Из смесителя непрерывного действия продукт поступает в норию 12, которая передает смесь в надэкструдерный бункер 4, откуда шнековым питателем один компонент или их смесь (согласно рецепту) подается на экструдер 5 типа КМЗ-2М. Для улучшения работы экструдера и стабильности процесса измельченное зерно пропаривают или увлажняют водой. С этой целью устанавливают дополнительный смеситель.

Есть два варианта технологических линий использования экспандера при производстве комбикормов. При первом варианте полученный продукт гранулируется на прессах-грануляторах (рис. 5.21).

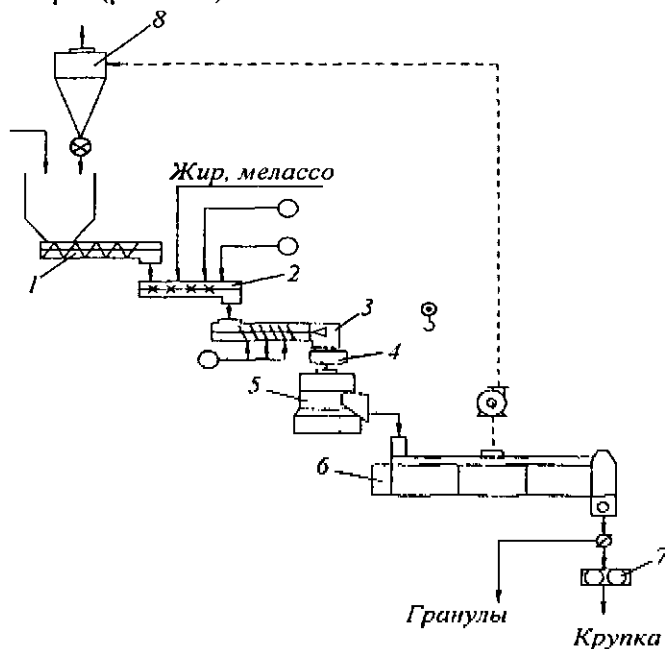


Рис. 5.21 Технологическая линия экспандирования с гранулированием готового продукта:  
1 — шнековый смеситель; 2 — смеситель; 3 — экспандер; 4 — структуризатор; 5 — пресс-гранулятор;  
6 — охладитель; 7 — измельчитель

Зерно поступает из накопительного бункера в шнековый смеситель 1 для смешивания с сухими кормовыми добавками или же с зерном других культур. Подготовленная сухая смесь из этого смесителя поступает в основной смеситель 2, в который вводятся жир, меласса и другие подобные жидкие добавки согласно рецептуре будущего готового продукта. Далее смесь поступает в экспандер 3, а из него после обработки — в структуризатор 4, который подготавливает готовый продукт к гранулированию. Чаще всего им является дробилка или же измельчитель. Затем продукт поступает в пресс-гранулятор 5, где гранулируется в гранулы соответствующего диаметра. Полученные гранулы подаются в охладитель 6, в котором отделяется негранулированная масса, подаваемая пневматически в бункер накопитель 8, а ко-

нечный продукт в виде гранул поступает на транспортное средство для отвоза в хранилище. В линии может быть предусмотрена возможность установки специального измельчителя 7 для приготовления крупки, используемой для кормления птицы. Экспандированный и измельченный на валковом измельчителе продукт особенно подходит для кур-несушек, так как предотвращает так называемое «клюксовое потребление», когда куры поедают не весь корм, а только отдельные частицы. Кормление ремонтного молодняка птицы экспандированным комбикормом дало лучшие результаты, чем при использовании обычного рассыпного продукта. Самые высокие показатели были достигнуты при кормлении ремонтного молодняка птицы гранулированным экспандатом. Гранулированный экспандат сочетает преимущества гранулированных и рассыпных комбикормов. В этом случае каждая частица содержит все компоненты.

Во втором случае конечный продукт получается без гранулирования в рассыпном виде. Такой продукт широко используется для кормления крупного рогатого скота и свиней. Линия не имеет пресса-гранулятора, как в первом варианте. В первом случае производительность прессы увеличивается, так как его задача заключается только в формировании гранул. Появляется возможность уменьшения толщины матрицы. Удельный расход энергии почти не меняется. За счет применения экспандера по сравнению с традиционным гранулированием комбикормов можно использовать сырье с высоким процентом клетчатки, а также существенно увеличить ввод растительного масла, жира и мелассы, что очень важно для сбалансированного и полнорационного кормления животных и птицы.

На рис. 5.22 приведена схема комбикормового цеха с включением линий экспандирования фуражного зерна с последующим плющением получаемого продукта. Такой цех входит в состав завода известного в Республике Беларусь предприятия АО «Экомол» Оршанского района Витебской области. На предприятии для переработки широко используется зерновое сырье: кукуруза, ячмень, овес, пшеница, рожь, тритикале, горох, кормовые бобы, соя. Они являются хорошими компонентами при производстве хлопьев для комбикормов. Пленчатые культуры, прежде всего ячмень и овес, подвергают шелушению.

Зерновые компоненты загружаются в накопительные бункера и поступают самотеком через объемные дозаторы непрерывного действия с регулируемой частотой вращения ротора в многокомпонентный дозатор 1 типа АД-3000 ГК. С помощью объемных дозаторов можно готовить смеси из нескольких компонентов. Например, смеси в составе: кукуруза (20 %) + пшеница (80 %), ячмень шелушенный (45 %) + рожь (55 %), – а также и более сложные составы смесей. Затем зерновая смесь норией подается в металлоуловитель 2 типа П-100, в котором улавливаются металлические предметы. Из него смесь попадает в сепаратор 3 типа А1-БДЛ-12, в котором отделяются все остальные, неметаллические примеси, в том числе и семена сорных растений. Далее зерно поступает в увлажняющую машину 4, где происходит ввод воды в объеме от 2 до 3 %, затем подается в бункера отволаживания 5, где находится 4...6 ч. За счет отволаживания происходит увеличение влажности зерна на 1,5...2 % от исходной. Из бункеров 5 зерно поступает в смеситель 7 типа А9-ДСГ-1,5. В этот же смеситель через дозатор 6 типа 5ДК-500 подаются из соответствующего бункера кормовые добавки. Приготовленная смесь подается норией в питатель 8 типа Д-200. Питатель 8 загружает ее в смеситель 9 типа М-315. Из него смесь поступает в экспандер 10 марки ОЕ.232. Обработанный материал подается в структу-

ратор 11, где отделяется масса, подлежащая гранулированию в прессе-грануляторе 12. Готовые гранулы поступают в охладитель 13, затем норией подаются в измельчитель 14, а из него – на просеивающую машину 15. Готовый продукт норией подается в накопительные бункера линии отгрузки готовой продукции, а затем в автотранспорт или на транспортеры подачи в склады при заводе.

При производстве готовой продукции в виде хлопьев зерно после отволаживания в бункерах 5 и смесителе 7 может поступать, минуя экспандер 10 и гранулятор 12, а также измельчитель 14, через просеивающую машину 15 в вальцовый станок плющилки 16 типа Д-200×140. Поступая в межвалковое пространство, составляющее 0,2...0,3 мм, зерно плющится в хлопья. Межвалковое давление составляет 12,0 МПа. Далее готовый продукт перемещается по той же схеме, как при гранулировании и экспандировании.

+ 20.40

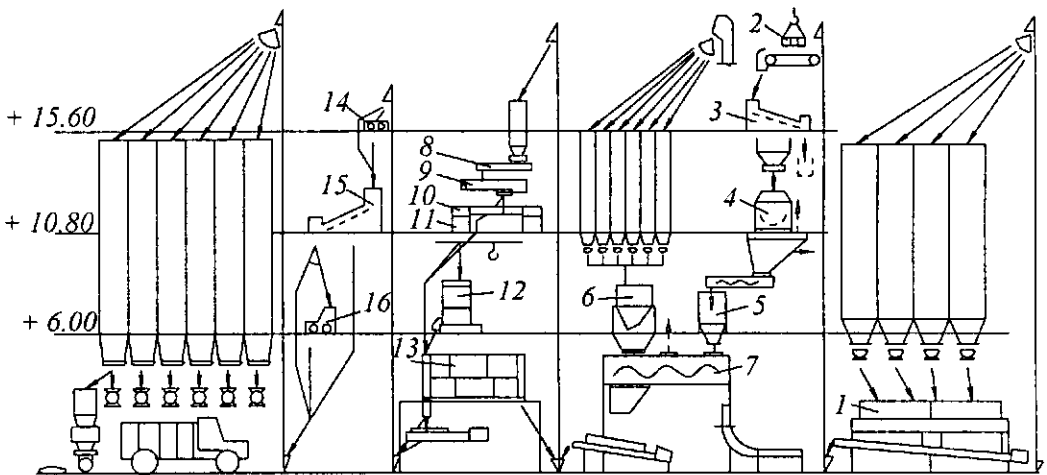


Рис. 5.22 Технологическая схема цеха с линией экспандирования:

1 – дозатор (1/2) АД-3000-ГК; 2 – железотделитель П-100; 3 – сепаратор А1-БДЛ-12; 4 – дробилка ММ-140; 5 – бункер Е-1,5 т; 6 – дозатор 5 ДК-500; 7 – смеситель А9-ДСГ-1,5; 8 – питатель Д-200; 9 – смеситель М-315; 10 – экспандер ОЕ.232; 11 – структуратор; 12 – гранулятор 37860; 13 – охладитель 24х24; 14 – измельчитель; 15 – виброгрохот 125/200/11; 16 – вальцовый станок Д-200×140



Новое надобно создавать в поте лица, а старое само продолжает существовать и твердо держится на костылях привычки.  
*ГЕРЦЕН АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ,*  
*русский писатель*

## 5.12 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ВВОДА ЖИДКИХ ДОБАВОК В КОМБИКОРМ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** В производстве комбикормов широко используются жидкие кормовые добавки. К ним относятся растворы различных химических веществ с макро- и микроэлементами, ферменты, витамины, мультиэнзимные композиции, лекарственные препараты разного назначения. Большинство из них нельзя подвергать термическому воздействию, поскольку оно может снижать биологическую активность таких добавок и их составляющих. Сложен и ввод самих жидких компонентов, так как их доза колеблется от 0,01 до 5 %, а точность смешивания в существующих смесителях невысока.

В отечественной и зарубежной практике известны следующие основные способы ввода жидких ингредиентов в комбикорма и кормовые смеси:

- в неразмолотый продукт непосредственно в дробилке;
- в готовый комбикорм или кормосмесь перед гранулированием;
- на горячие гранулы;
- в готовый рассыпной комбикорм.

Вводимый жидкий ингредиент может быть холодным или горячим. Ввод жидких ингредиентов в неразмолотые продукты допустим в подогретом виде в количестве не более 2 %. При превышении данного значения нарушается режим работы дробилки, а также увеличивается поступление неразмолотых и жидких ингредиентов. Преимущество такого способа перед другими заключается в том, что уменьшается пылеобразование и затраты на оборудование небольшие. Ввод жидких ингредиентов перед гранулированием упрощает технологический процесс, но одновременно ограничивает его ввод. Например, комбикорм с содержанием жира более 5 % легко гранулируется, но гранулы получаются непрочные.

### Стадии технологического процесса:

- подготовка жидких компонентов к вводу в массу корма;
- ввод компонентов в основную массу комбикорма;
- смешивание в смесителях или дробление с одновременным перемешиванием всех составляющих комбикорма;
- накопление и отгрузка готовой продукции.

**Характеристика комплектов оборудования.** Равномерность распределения жидких добавок в процессе их ввода зависит от способа подачи материала, физико-механических свойств жидкого компонента, от типа применяемого устройства распределения. Основным оборудованием для приготовления смесей комбикормов с жидкими кормовыми добавками являются смесители.

Особенностью порционных устройств является периодичность действия, характеризующаяся определенным временем цикла, в течение которого осуществляется ввод жидкой добавки и ее перемешивание с комбикормом. Время цикла составляет, как

правило, 4...6 мин. Более широко применяют механические горизонтальные смесители различных конструкций. Вертикальные смесители для ввода жидких ингредиентов в комбикорма малопригодны. Смесители тихоходные делают 200...400, быстроходные – 1000...8000 об/мин.

Классификация оборудования для ввода жидких добавок представлена на рис. 5.23.

Для ввода жидких добавок в смесителях используется как распыление через струйные форсунки, так и разбрызгивание через калиброванные отверстия.

Наибольшее распространение получили устройства для ввода жидких добавок, состоящие из смесителей типа СГК, СГК, С-12, ДМСО и струйных вихревых форсунок. Основным недостатком таких систем является высокая неравномерность напыления жидких добавок, которая не компенсируется процессом перемешивания. Кроме того, отсутствие отсечных устройств вызывает налипание частиц комбикорма на стенках смесителя.

Непрерывные устройства (гравитационные, пневматические, механические) отличаются неразрывностью процессов как подачи основного материала, так и ввода жидких добавок.

Принцип действия гравитационных устройств основан на движении материала под собственным весом, без применения активных рабочих органов. Пневматические устройства подают материал потоком воздуха, они, как и гравитационные, не имеют активных рабочих органов.

В Белорусской государственной сельскохозяйственной академии разработано пневматическое устройство для ввода жидких добавок в наклонном потоке, состоящее из аэрожелоба и центробежной форсунки, установленной в слое псевдоожиженного материала. Для данной установки характерны низкие удельные затраты и возможность транспортировать обогащенный комбикорм на расстояние до 100 м.

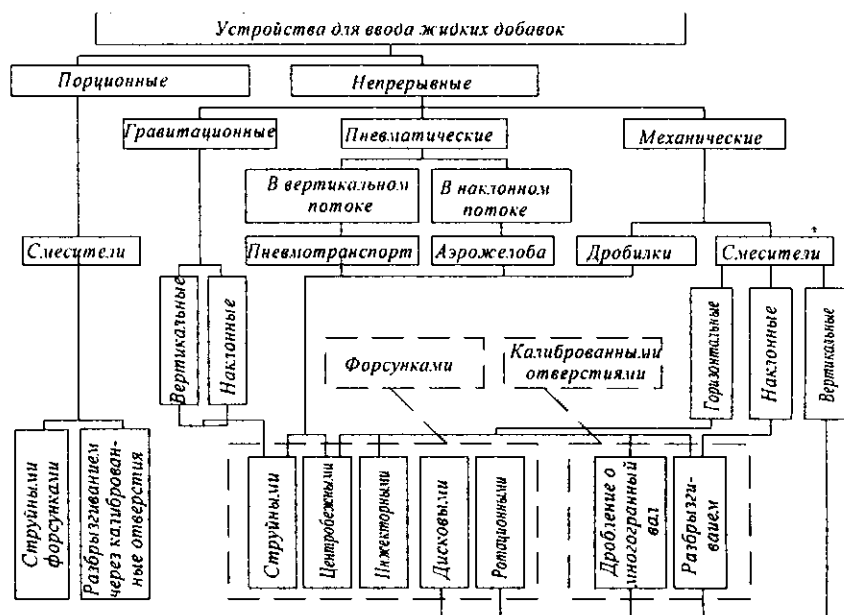


Рис. 5.23 Классификация устройств для ввода жидких добавок

Горизонтальные смесители непрерывного действия имеют различные распыливающие устройства. Установка Б6-ДСЖ имеет эжекторную форсунку, смеситель 2СМ-1 – центробежную. В смесителях СДМ-3 с целью наилучшего распыления жидкость дополнительно разбивается о многогранный вал, вращающийся навстречу струе. Основной их недостаток, как отмечалось уже выше, – налипание комбикорма на стенки смесителя, что приводит к снижению качества комбикорма в случае попадания слипшихся комков в готовый продукт.

Наклонные установки представляют собой транспортирующие шнеки длиной не менее 3,5 м с установленными в них распыливающими устройствами в виде калиброванных отверстий.

Вертикальные устройства используют в своей работе комбинацию гравитационных и механических смесителей. Материал подается в камеру ввода жидких компонентов под действием гравитационных сил. Здесь происходит напыление жидкости на его частицы и перемешивание компонентов активными рабочими органами.

**Устройство и принцип действия линий в составе завода.** На рис. 5.24 приведена технологическая линия ввода растительного масла в рассыпные комбикорма, разработанная совместно специалистами Белорусской государственной сельскохозяйственной академии и Борисовского комбината хлебопродуктов.

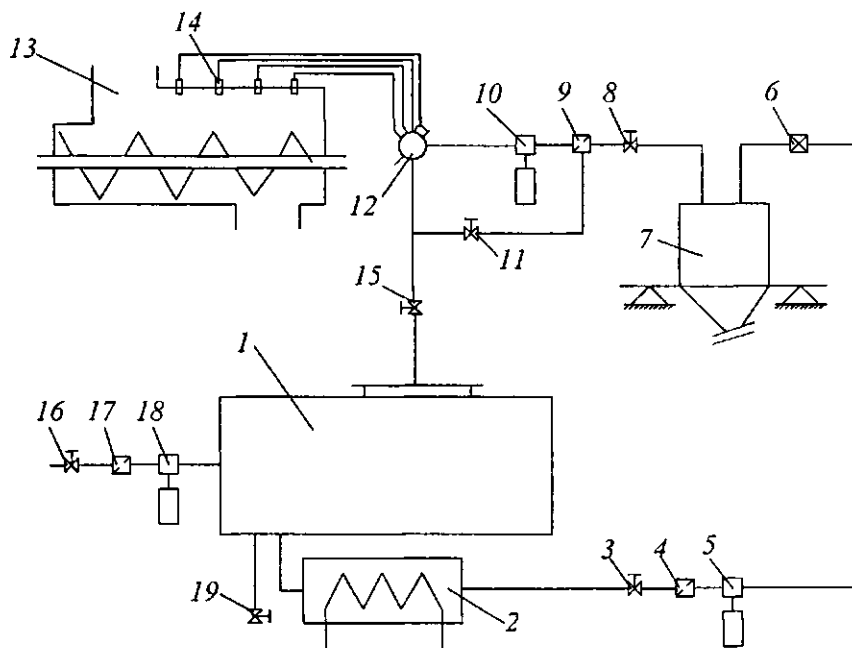


Рис. 5.24 Технологическая линия ввода растительного масла в рассыпные комбикорма: 1 – накопительная емкость; 2 – система подогрева; 3, 8, 15, 16, 19, 20 – вентили; 4, 9, 17 – фильтры; 5, 10, 18 – насосы; 6, 11 – электромагнитные клапаны; 7 – расходная емкость; 12 – система регулирования расхода рабочей жидкости; 13 – смеситель СГК-2,5; 14 – распылители с отсечным устройством

Линия работает по принципу весового дозирования и смешивания с вводом подогретого до температуры 50...60 °С масла. В состав линии входят накопительная и расходная емкости, система подогрева, насосное оборудование с системой фильтра-



ции и распределения жидкого компонента. Растительное масло из накопительной емкости 1 через систему подогрева 2 насосом 5 закачивается в расходную емкость 7, смонтированную на одной тензометрической базе с многокомпонентным весовым дозатором 5ДК-500 в количестве, которое определено рецептом для конкретной партии комбикорма. Точность дозирования при этом обеспечивается в пределах  $\pm 0,5\%$  от заданной массы. Отмеренная порция масла поступает в смеситель СГК-2,5, где под давлением разбрызгивается на комбикорм в течение цикла смешивания на протяжении 4 мин. Количество включенных форсунок, время ввода масла определяются расчетным путем и зависят от рецепта комбикорма и физико-механических свойств компонентов.

Для улавливания механических включений в трубопроводы встроены специальные фильтры, которые необходимо периодически открывать и очищать. Прокладка трубопроводов предусматривает слив масла обратно в накопительную емкость для очистки расходного весового резервуара, промывки и продувки трубопроводов.

В качестве форсунок использованы гидравлические струйные распылители со щелевым соплом и расходом 7 л/мин, производство которых в Республике Беларусь налажено ООО «Белама плюс», как наиболее экономичные, простые в устройстве и эксплуатации, надежные в работе. Кроме того, наличие специального отсечного приспособления позволяет надежно перекрывать сопло распылителя при снижении давления ниже 0,05 МПа, что сокращает расход компонента и предохраняет от его передозировки при включении смесителя или дробилки.



Наука необходима народу. Страна, которая её не развивает, неизбежно превращается в колонию.  
*ФРАНСУА ЖОЛИО-КЮРИ*

### 5.13 ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО В КОМБИКОРМОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В настоящее время в странах Западной Европы и Америки для комбикормовых производств ведется поиск новых технологий углубленной обработки зерна. В первую очередь это связано с требованиями, предъявляемыми к качеству комбикормов и их экологической безопасности. Этому свидетельствуют широко используемые технологии и оборудование западных фирм «Минера» (Голландия), СРМ (Голландия), «Almex BV» (Голландия), «Mecanica SRL» (Голландия), «Амандус Каль» (Германия), «Джет-Про» (США), «АДМ» (США), «California Pellet mill Company» (США), «Buhler» (Швейцария), «Micronizing» (Великобритания), «Истра-Про» (Великобритания), «Incomet» (Бельгия), «Джи и Джи» (Италия), «Jesma-Matador As» (Дания), «Setrem-Inotec» (Франция).

Наибольшее применение получило оборудование, использующее при обработке зернофуража эффект «декомпрессионного шока», «внутримолекулярного трения» под воздействием инфракрасных лучей и «теплового удара».

В оборудовании, использующем эффект «декомпрессионного шока», главенствующая роль отводится давлению, резкое колебание которого и приводит к разрушению поверхностной структуры зерновки и благотворным биохимическим из-

менениям ее составляющих. Как правило, такое колебание происходит в результате перемещения материала из зоны повышенного (не менее 2 МПа) в зону атмосферного давления.

По способу организации эффекта «декомпрессионного шока» выделяется оборудование периодического действия, в котором повышенное давление на материал создается в специальных резервуарах (камерах) за счет сжатия порций материала, и аппараты непрерывного действия, в которых повышенное давление создается за счет прохождения материала через ряд технических ограничений внутри рабочего органа.

**Микронизация** заключается в обработке зерна инфракрасными лучами, весьма эффективными в генерировании теплоты внутри поглощающих материалов, как-то: яляются зерна злаковых и бобовых культур, а также многие другие кормовые и пищевые продукты. При проникновении ИК-лучей в материале возбуждаются колебания молекул с частотой 70...120 млн мегациклов в секунду, благодаря чему происходят быстрый внутренний нагрев материала и резкое повышение давления паров воды, содержащейся в нем. Это приводит к значительным физико-химическим и биологическим изменениям. Зерно размягчается, разбухает, вспучивается, растрескивается. Если такое зерно сразу подвергнуть плющению, происходит почти полная клейстеризация крахмала, что значительно повышает его переваримость и питательную ценность.

При обработке зерна таким способом применяют различные в конструктивном отношении машины, называемые микронизаторами. В отечественной практике это кварцевые галогеновые лампы КГИ-220-1000, с помощью которых облучают зерно, движущееся по транспортеру. В качестве источников инфракрасного излучения можно использовать трубчатые электронагревательные элементы или спирали, изготовленные из материалов с большим электрическим сопротивлением.

Питательные вещества (белки, углеводы) зерна в процессе микронизации подвергаются практически таким же структурным изменениям, как и при гидротермической и баротермической обработке. При микронизировании зерна происходит значительное (до 98 %) расщепление крахмала до сахаров, на 3...5 % увеличивается количество щелочерастворимых белков, что способствует их лучшей переваримости и усвоению организмом животных. Микронизация улучшает энергетическую питательность кукурузы и ячменя, разрушает трипсиновые ингибиторы сои, гороха, бобов, разрушает токсичные плесени и грибы.

Технологическая схема линии для обработки зерна инфракрасными лучами (ИК-лучами) представлена на рис. 5.25.

Она состоит из специального виброконвейера 3, расположенных над ним керамических трубок 4, к каждой из которых подведен природный газ (метан, пропан), образующих газоную печь, плющильной системы 5, охладителя 6 и вспомогательного оборудования. Зерно равномерным слоем распределяется на конвейере при помощи питателя-распределителя 2. Скорость ленты можно регулировать. При сгорании газа внутри керамических трубок они разогреваются до пурпурно-красного свечения и испускают инфракрасные лучи с длиной волны 2...6 мкм. После прохождения зерна по конвейеру оно плющится на рифленых вальцах до лепестков толщиной 1,0...1,5 мм. Обработка зерновых МК-лучами повышает усвояемость зерна на 5...7 %.

Фирма «Микронайзинг» (Великобритания) производит два типоразмера установок для микронизации – «Микро-Ред-10» и «Микро-Ред-20» производительностью 1 и 2 т/ч соответственно. На Новобелицком комбинате хлебопродуктов в Гомельской области смонтирована и эксплуатируется установка производительностью до 2,0 т/ч.

Основные элементы установки: питатель вибрационного типа с регулируемым приводом в диапазоне 0...4 т/ч; собственно микронизатор с виброконвейером, газовой печью мощностью 204 кВт, системами охлаждения и подачи, зажигания и регулирования сгорания газа, контроля факела; норрии, два бункера – питающий и промежуточный с ворошителем для обработанного зерна, плющильный станок, охладитель ленточного типа для охлаждения лепестков с регулируемым приводом. Чем тоньше пластина хлопьев, получаемых в плющильном станке, тем выше доступность крахмала. В то же время нельзя допустить перегрева, так как при этом снижается переваримость крахмала и падает общая эффективность обработки, в первую очередь за счет инактивации витаминов и ферментов. В процессе обработки влажность продукта снижается примерно на 4 %, в том числе на виброконвейере – на 3 % и при охлаждении – на 1,0 %, экспозиция обработки ИК-лучами составляет 50...60 с, целесообразный нагрев до 95 °С. При увеличении температуры нагрева до 105...110 °С сьем влаги увеличивается до 7 %, а экспозиция может достигать 120 с.

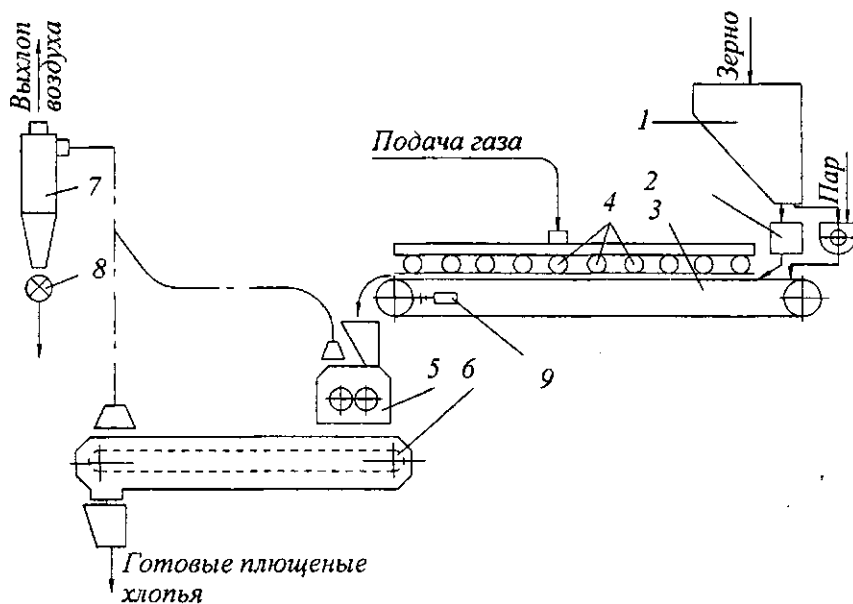


Рис. 5.25 Технологическая линия обработки зерна ИК-лучами (микронизация):

1 – бункер; 2 – питатель-распределитель или шнек; 3 – вибрационный или ленточный конвейер; 4 – керамические трубки (плитки) с горелками; 5 – плющильная система; 6 – охладитель; 7 – циклон; 8 – шлюзовый затвор; 9 – регулируемый привод.

Метод специальной обработки зерна «Преско» применяется более 15 лет компанией «Минеба» (Голландия). Технология «Преско» позволяет получать широкий ассортимент продуктов из фуражного зерна. Большой интерес представляет эта технология для переработки необезжиренной сои.

Технологическая линия «Преско» представлена на рис. 5.26.

Зерновое сырье, предварительно очищенное, поступает из бункера 1 в дозатор 3 и затем в бункер 4. Здесь формируются порции материала, которые затем, пройдя предварительную гидротермическую обработку в пропаривателе 8, направляются в резервуар для вспучивания 12. В резервуаре для вспучивания происходит процесс «взрыва» материала за счет резкого снижения давления на внешней части зерна. Далее для удовлетворения требований заказчиков вспученные продукты измельчают и гранулируют. Технология «Преско» позволяет вводить до 40 % жира за счет вспученной структуры продукта. Производительность линии – до 3 т/ч. Давление в пропаривателе – свыше 2 МПа, температура – до 250 °С, время прохождения продукта – около 20 с. Расход пара – 250...300 кг/т, электроэнергии – 10 кВт·ч/т.

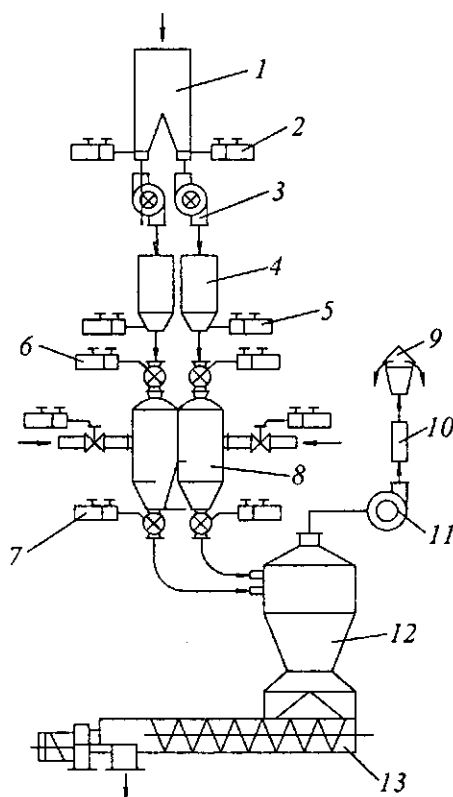


Рис. 5.26 Технологическая линия «Преско»:

1, 4 – бункера; 2, 5 – задвижки; 3 – дозатор; 6 – входной клапан; 7 – выпускной клапан; 8 – пропариватель; 9 – диффузор; 10 – демпфер; 11 – вентилятор; 12 – резервуар для вспучивания; 13 – шнековый конвейер

**Способ изготовления пищевых брикетов** реализуется в установке «Марк 500» фирмы «Incomes» (Бельгия). В данной установке исходный продукт с влажностью 15...16 % промывают в течение 15...20 мин водой для доведения влажности зерна до 30 %. Затем проводят сушку зерна до влажности 15...20 % (предпочтительнее 17...18 %). Далее сырую смесь порционно засыпают в герметичную камеру спекания, нагретую до температуры 270...300 °С, уплотняют, после этого резко увеличи-

вают объем камеры, создавая разрежение. Во время увеличения объема камеры зерно вспучивается, разрываемое вскипающей внутренней влагой, при этом гранулы с развитой поверхностью заполняют объем формы и спекаются в брикет.

В качестве зерновой основы используют рис, пшеницу или их смеси с добавлением воздушной кукурузы, риса, овса, гречихи, соевых бобов, проса, ячменя, зеленого горошка, кунжута и поджаренного молотого хлеба.

Линия имеет следующие недостатки: 1) процесс является периодическим; 2) узкий диапазон влажности исходного зернового сырья – 18...20 %, в связи с этим для осуществления упомянутых способов необходим отбор зерна по влажности или дополнительная обработка зерна: увлажнение и отлежка; 3) необходимость сушки получаемого продукта после обработки; 4) повышенные требования к безопасности при работе персонала с камерами высокого давления – свыше 2 МПа.

**Технология «Джет-Про» (США).** Эффект «теплового удара» реализуется в установках, работающих по принципу высокотемпературной обработки зернового материала в потоке теплоносителя с применением активных аэродинамических режимов.

Термин «Джет-Про»-переработка был выбран компанией «Джет-Про» (г. Антчисон, штат Канзас, США), чтобы закрепить свое авторство за теми техническими и технологическими разработками и решениями для процессов высокотемпературной обработки, сушки, охлаждения, структурирования и кондиционирования зернового материала. Основой данных процессов является псевдооживленный слой, позволяющий интенсифицировать процесс обработки за счет помещения материала во взвешенном состоянии в среду, передающую тепло.

Наибольший интерес представляют аппараты для высокотемпературной обработки зерна – ростеры, входящие в состав линии (рис. 5.27). Ростеры используют движение супернагретого воздуха ( $T = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) как эффективную среду для передачи тепла без контакта с пламенем. Их рабочий процесс осуществляется следующим образом. Материал из бункера 1 захватывается и увлекается в установку транспортером 2. При движении транспортера его лопатки и перфорированная поверхность 4 образуют ячейки. В них под действием теплоносителя, проходящего через направляющие перфорированной поверхности, материал переходит в псевдокипящее состояние. При этом происходит его интенсивное перемешивание и термообработка. Обработанный материал выводится через выводной лоток 9, а отработанный теплоноситель – через канал 8.

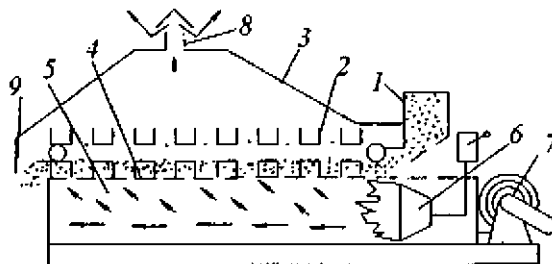


Рис. 5.27 Схема ростера для линии по технологии «Джет-Про»:

1 – бункер; 2 – цепочный транспортер; 3 – корпус ростера; 4 – перфорированная поверхность; 5 – газоподводящий канал; 6 – газовая горелка; 7 – вентилятор; 8 – канал для отвода отработанного теплоносителя; 9 – выводной лоток

В данных аппаратах псевдокипящий слой создается с помощью двигающихся звеньев цепных передач, что обеспечивает относительно равномерное распределение материала, проходящего через зону приготовления. Такая организация процесса позволяет увеличить эффективность псевдокипения, обеспечивая лучшую передачу тепла, а также обрабатывать как цельное зерно, так и дробленый материал.

Применяются ростеры производительностью от 0,5 до 3 т/ч. Максимальная рабочая температура нагревательной камеры в данных аппаратах 500 °С, при этом нагрев зерна производится до температуры 235...300 °С. В аппаратах используется горелка фирмы «Максон» на природном газе или пропане с тепловой мощностью 791,295 кДж, вентилятор 2400 об/мин. Вся конструкция изготавливается из гальванизированной стали № 12. Применяется тепловая изоляция до 1000 °С печного типа. Габаритные размеры установки: общая длина – 3,327 м; общая ширина – 1,118 м; общая высота – 1,626 м.

К недостаткам этих аппаратов можно отнести: 1) повышенную пожароопасность в связи с присутствием открытого пламени; 2) наличие транспортирующего рабочего органа в зоне высоких температур, что увеличивает требования к материалам и конструкции данного рабочего органа; 3) отсутствие системы вторичного использования отработанного теплоносителя.

Технология «Jet-Sploder». Принцип высокотемпературной обработки зерна в псевдокипящем слое используется голландской компанией «СРМ» в технологии «Jet-Sploder» (рис. 5.28). В аппаратах этой фирмы обработка материала происходит в специально организованном режиме «взвеси» в реакторе-теплообменнике 2. В конструкции теплообменника использованы новые технические решения, поэтому она защищена авторскими правами.

В качестве теплоносителя используется перегретый воздух с температурой  $T = 300$  °С. На выходе из реактора температура носителя колеблется в интервале от 120 до 200 °С. Для эффективного использования теплоносителя аппарат работает в режиме его рециркуляции. В течение нескольких секунд зерновой материал, двигаясь под действием теплоносителя, нагревается до температуры 140 °С, влага в зерне закипает. В результате действия интенсивно испаряющейся влаги зерновка «взрывается». После высокотемпературной обработки получаемый продукт подается на плющение.

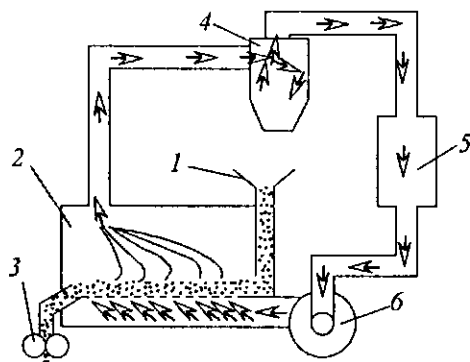


Рис. 5.28 Схема технологии «Jet-Sploder» компании «СРМ» (Голландия):

1 – бункер загрузки; 2 – реактор; 3 – плющилка; 4 – циклон-очиститель; 5 – печь; 6 – вентилятор

Данная технология позволяет обрабатывать различные зерновые культуры: сорго, пшеницу, кукурузу, овес и сою. Режимы обработки этих культур отличаются выдержкой материала в реакторе-теплообменнике, которая регулируется с помощью скорости теплоносителя и подачи материала. Для этого в аппарате ведется автоматический контроль над этими параметрами. Производительность данного оборудования до 5 т/ч. Энергоемкость процесса составляет 80 кВт·ч/т.

Данное оборудование полностью изолировано и защищено, поэтому не требует отдельного помещения. Оно состоит из отдельных модулей, что облегчает его перевозку и демонтаж.

Недостатки данного аппарата: 1) сложность оборудования; 2) большая металлоемкость установки, связанная с необходимой выдержкой материала в потоке теплоносителя.

**Термовструдирование** – термическая встречно-струйная декстринизация зерна – технология, обеспечивающая максимально благоприятное изменение внутренней структуры зерна, высокую поедаемость и привес животных при низкой стоимости реализуемого процесса. В зерне злаковых имеется много крахмала (до 75 %), усвоение которого при кормлении животных происходит медленно и не полностью. Задача перевода крахмала в удобную для усвоения форму будет успешной, если разорвать зернистую структуру крахмала и перевести его в более простые углеводы – декстрины и сахара.

Термообработка зернобобовых (соя, рапс, горох и др.) с помощью метода термовструдирования доказала сохранение наивысшего качества без существенного повышения стоимости. В зернобобовых значительно нейтрализуются ингибиторы трипсина, хемотрипсина и др., которые отрицательно влияют на усвоение животными кормов, препятствуя увеличению содержания зернобобовых в рационах. В частности, обеспечивается возможность эффективного использования в кормах соевых и рапсовых шротов, а также увеличение в рационах злаков ржи, обеззараженной от ингибиторов в термовструдерах. Все это позволяет получить полноценные корма, обеспечивающие максимальные привесы сельскохозяйственных животных и птицы. Продукты термовструдированной обработки могут быть использованы в пищевой промышленности.

Схема линии термовструдирования АО «Экомол» Оршанского района Витебской области приведена на рис. 5.29. Вструдированию можно подвергать все виды зерна злаковых и бобовых культур, за исключением кукурузы. Овес требует дополнительного шелушения. Ячмень подвергается обработке без шелушения.

Самым положительным эффектом процесса термовструдирования является уничтожение уреазы в бобах сои, снижение содержания ингибиторов трипсина в зерне ржи на 96...100 %, вследствие чего рожь становится таким же полноценным компонентом комбикормов, как и все остальные культуры.

Метод основан на кратковременном воздействии (10...15 с) высокой температуры теплоносителя (520...650 °С) на зерно, что приводит к мгновенному испарению влаги, находящейся внутри зерна, и к выходу ее на поверхность. Это способствует вспучиванию и взрыву зерна, что приводит к разрушению крахмальных зерен и их переходу в высокоусвояемые формы. Происходит декстринизация крахмала при незначительных потерях витаминов и аминокислот, содержащихся в зерне.

Очищенное зерно подается в накопительный бункер 1 для временного хранения зерна. На вструдере возможна только последовательная обработка разных видов

зерна, так как каждый имеет свои режимы обработки. Накопительный бункер снабжен реечной задвижкой. Из бункера зерно самотеком поступает в бункер-питатель 2, который снабжен шлюзовым питателем с регулируемой частотой вращения. Из бункера-питателя зерно поступает в трубопровод 3, где с высокой скоростью движется теплоноситель, в качестве которого может использоваться перегретый воздух или воздушно-паровая смесь.

Из трубопровода зерно поступает во вструдер 4, где происходит его обработка. Из вструдера взорванное зерно поступает в циклон-разгрузитель 5, где отделяется от теплоносителя и попадает в охлаждающую колонку 6, которая в нижней части оснащена разгрузочным шнеком 7. В охлаждающую колонку зерно поступает температурой 100...105 °С, охлаждение ведется до температуры на 10 °С выше окружающей среды.

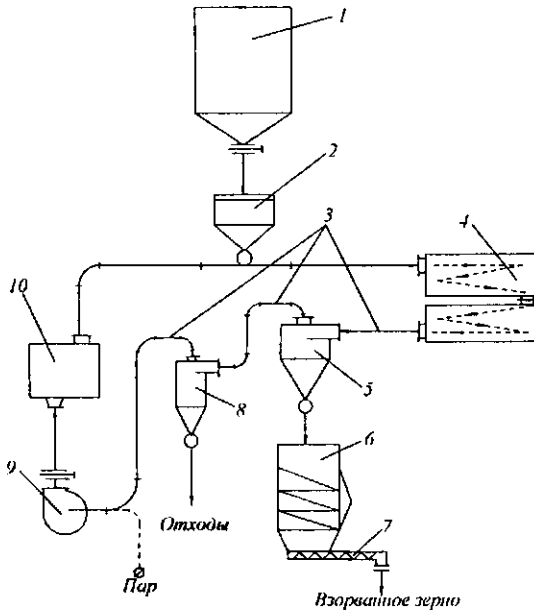


Рис. 5.29 Технологическая линия термовструдирования зерна:

- 1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – трубопровод; 4 – термовструдер; 5 – циклон; 6 – охладитель;  
7 – выгрузной транспортер; 8 – накопитель отходов; 9 – вентилятор; 10 – калорифер

Отработанный теплоноситель с частицами пыли, лузги и шуплого зерна поступает в циклон очистки 8. Из циклона отходы выводятся в отдельную емкость.

Теплоноситель засасывается вентилятором высокого давления 9, на котором установлена регулировочная задвижка, с ее помощью изменяется скорость теплоносителя в трубопроводе. Вентилятор прогоняет теплоноситель через электрокалорифер 10, где он нагревается до заданной температуры.

**Поджаривание.** Зерно поджаривают в основном для порослят-сосунов с целью приучения их к поеданию корма в раннем возрасте, стимуляции секреторной деятельности пищеварения, лучшего развития жевательных мышц. При поджаривании часть крахмала распадается до моносахаров, что делает зерно сладковатым на вкус, но при этом вследствие денатурации белка несколько снижаются переваримость протеина и доступность аминокислот. Кроме того, высокая температура губительно



действует на бактериальную обсемененность и различные виды грибов зерна, что позволяет в значительной степени избежать возможных заболеваний желудочно-кишечного тракта поросят.

Поджаривают обычно зерно, широко используемое в кормлении свиней: ячмень, пшеницу, кукурузу, горох. Предварительно увлажненное до стадии набухания зерно тонким слоем насыпают на железные листы или в металлические кюветы и, равномерно помешивая, в течение 10...12 мин поджаривают при температуре 100...180 °С до светло-коричневого или коричневого цвета. При достижении такой окраски зерно быстро охлаждают.

Для поджаривания служат специальные обжарочные агрегаты А9-КЖА в сочетании с другими машинами, составляющими линию. При обработке этим способом зерно очищают на решетном сепараторе, затем подвергают шелушению, вновь очищают на воздушном сепараторе, подают через накопительный бункер и весы в обжарочные агрегаты и после обработки направляют на измельчение или другую обработку. Предложенная линия, разработанная Одесским СКТБ «Продмаш», усовершенствована во ВНИИ КП. Для повышения эффективности обработки линия дополняется средствами для гидротермической обработки (рис. 5.30). Обработка зерна на линии осуществляется аналогично описанной выше и отличается тем, что зерно перед обработкой горячим воздухом увлажняют до 17...21 %. За счет этого существенно повышается степень декстринизации крахмала зерна и при скармливании увеличиваются привесы молодняка животных на 5...8 % по сравнению с использованием непропаренного, обработанного горячим воздухом зерна.

Поджаренное зерно скармливают поросятам с 5...7-дневного возраста до отъема, начиная с малых доз (30...50 г) и постепенно доводя суточную норму до 120...150 г.

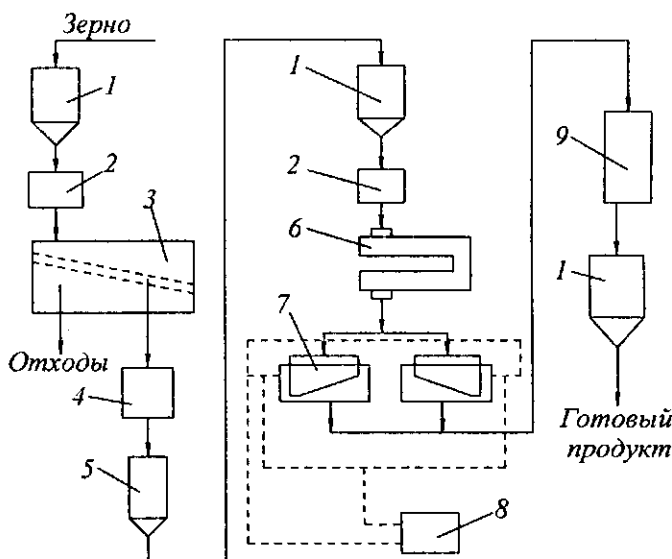


Рис. 5.30 Схема тепловой обработки зерна:

- 1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – сепаратор; 4 – шелушитель; 5 – отделитель пленок; 6 – кондиционер;  
7 – обжарочный агрегат; 8 – диаметрический котел; 9 – охладитель

**Нагрев токами высокой частоты.** В действующих линиях комбикормовых цехов и заводов может быть использован и способ обработки ВЧ-нагревом. Наиболее просто он может быть внедрен при замене установок баротермической обработки. Схема такой линии приведена на рис. 5.31.

Главные достоинства высокочастотного (диэлектрического) нагрева – его объемность и высокая интенсивность, не зависящие от теплопроводности материала. Каждая частица массы корма благодаря поляризации и «межмолекулярному» трению в электрическом поле ВЧ становится внутренним источником теплоты. Температуру процесса легко регулировать и в пределах 70...250 °С можно выбрать минимально необходимую в зависимости от вида корма. Например, комбикорм, в состав которого входят биологически активные вещества, премиксы, а также корм, содержащий каротин, необходимо обрабатывать при меньших температурах. Корм, в котором преобладают зерновые компоненты, грубый и некондиционное сырье подвергаются обработке при больших температурах.

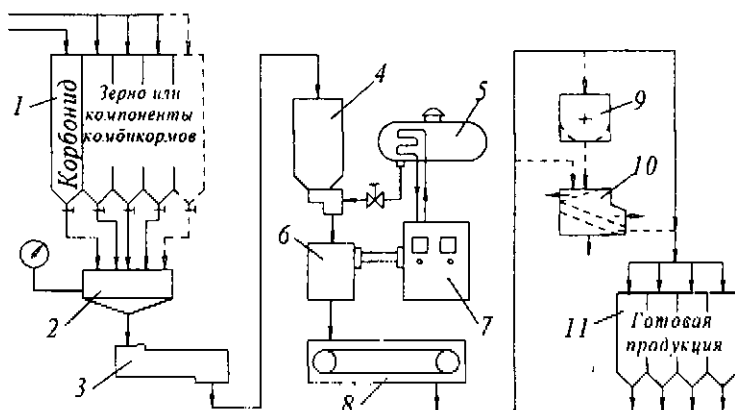


Рис. 5.31 Технологическая схема кормоприготовительной линии с ВЧ-установкой:  
1 – бункеры исходных компонентов; 2 – весовой дозатор; 4 – бункер для смеси; 5 – емкость для жидких компонентов; 6 – ВЧ-устройство; 7 – ВЧ-генератор; 8 – охладитель; 9 – дробилка; 10 – просеиватель; 11 – бункеры готовой продукции

**Электрогидротермохимическая обработка зерна (ЭГТХО)** включает его плющение до толщины хлопьев 1,0...1,5 мм, внесение 1 % хлорида натрия и 80...90 % воды к массе зерна, уплотнение, перемещение и обработку увлажненных хлопьев в электрическом поле до 80 °С.

Основные технологические операции: загрузка фуражного зерна в присмный бункер; дозированное плющение и подача хлопьев в смеситель; присм кристаллического или жидкого химреагента; приготовление водного раствора химреагента требуемой концентрации; дозирование раствора в смеситель; смешивание хлопьев зерна с раствором; подача, уплотнение, перемещение и обработка зерновой массы электрическим током в рабочей камере; выгрузка обработанного корма.

Установка работает в автоматическом режиме и не требует дополнительной регулировки. На рис. 5.32 приведена технологическая линия ЭГТХО фуражного зерна, разработанная в БГАТУ (г. Минск).

Технологический процесс ЭГТХО фуражного зерна осуществляют следующим образом. Фуражное зерно выгружают из транспортного средства в завальную яму 1 и оттуда шнеком 2 подают в дозатор 3, питающий плющилку 4. После измельчения хлопья требуемых размеров поступают по шнековому транспортеру 5 в смеситель 6. В емкость для приготовления химреагента 7 заливают воду. Хлорид натрия подают шнеком из приемного устройства в емкость с водой и перемешивают мешалкой. Раствор химреагента перекачивают насосом в расходную емкость и оттуда вводят в шнековый смеситель.

Приготовленную зерновую массу подают в приемный бункер 8 установки ЭГТХО и далее в рабочую камеру, в которой ее уплотняют с давлением 20 кПа, перемещают и обрабатывают в электрическом поле напряженностью  $(10...15) \times 10^2$  В/м до 80 °С в течение 10...15 мин. Обработанное зерно выгружают и транспортером 9 подают в приемный бункер 10 транспортного устройства. Комплект оборудования для ЭГТХО фуражного зерна включает: вспомогательные транспортеры УШ2-4 и ЦТ; оборудование для приготовления и дозирования химреагента ООЩ-2; шнековый смеситель МСН; дозатор концентрированных кормов ДК-10; вальцовую плющилку СП; установку для ЭГТХО зерна.

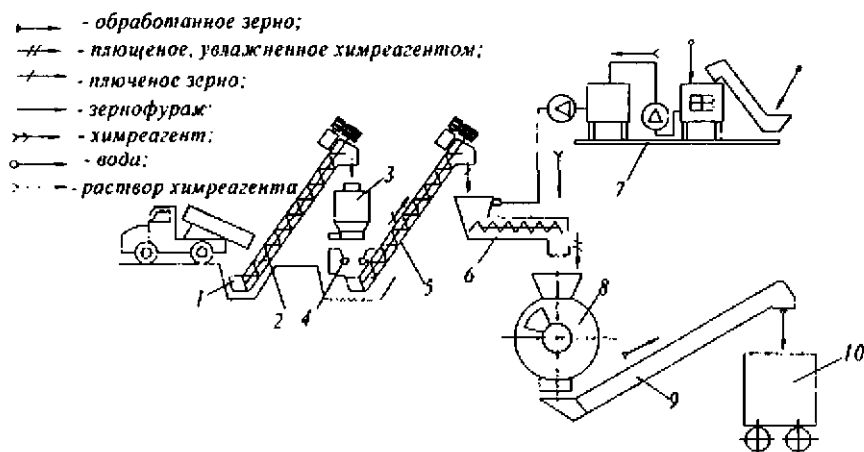


Рис. 5.32 Технологическая схема линии ЭГТХО фуражного зерна:

1 - завальная яма; 2, 5 - шнековый транспортер; 3 - дозатор; 4 - плющилка зерна; 6 - шнековый смеситель; 7 - оборудование приготовления и дозирования химреагента; 8 - установка ЭГТХО зерна; 9 - выгрузной транспортер; 10 - транспортное средство

Переменный и постоянный ток, нагрев в термостате до температуры 90 °С обладают бактерицидным эффектом. Воздействие постоянного тока на микроорганизмы при 60...70 °С связано с процессами электролиза у поверхности электродов.

Обработка зерна в постоянном токе с разделительной мембраной увеличивает переваримость ячменя на 50 % в кислой и на 55 % в щелочной среде. Переменный и постоянный ток оказывает примерно одинаковое действие, повышающее переваримость зерна ячменя на 18...20 %. Степень клейстеризации крахмала зерна ячменя при обработке в переменном токе при 75...80 °С возрастает с 45 до 72 %.

Сухая экструзия применяется с целью повышения питательной ценности и доброкачественности зернового сырья при производстве комбикормов для молодня-

ка животных, для чего проводят его обработку методом двойного гранулирования на отдельной линии.

Линия включает оборудование для дозирования и гранулирования неизмельченного зернового сырья. Для дозирования используют как многокомпонентные весовые, так и объемные дозаторы. Дозированную смесь неизмельченного зерна или отдельные зерновые компоненты подают на обработку в пресс-грануляторы, где под действием сил давления и трения зерновки разрушаются и продукт нагревается до температуры 55...65 °С, при этом обеспечивается перевод крахмала зерна в более простые углеводы (декстрины, мальтозу). Для углубленной обработки зерна применяют прессах-грануляторы отечественного (ДГ, Б6-ДГВ) и зарубежного (типа Матадор) производства. Обработку зерна и его смесей проводят с установкой на прессах-грануляторах матрицы с отверстиями диаметром не более 4,7 мм.

Режимы обработки зерна и его смесей на отечественных прессах-грануляторах при двухстадийном гранулировании: давление пара – 0,2–0,5 МПа; температура гранул – 55...65 °С. Охлаждение гранул зерна или его смесей проводят на вертикальных охладителях, комплектуемых с установками для гранулирования комбикормов (ДГ, Б6-ДГВ). Температура продукта после охлаждения не должна превышать температуры окружающего воздуха более чем на 10 °С. Охлажденные гранулы после двухстадийного гранулирования направляются на измельчение на дробилки линии подготовки зернового сырья по традиционной технологии.

Одной из разновидностей такой технологии является *низкотемпературная экструзия* – способ специальной подготовки сырья, предложенный фирмой «Джиза» (Италия). Он заключается в низкотемпературной экструзии, которую осуществляют в матричных прессах-грануляторах при влажности сырья 10...12 %. Экструзии подвергают неразмолотое зерно, шроты, кормовые дрожжи. По данным фирмы, в процессе экструзии существенно изменяется структура белков. Выделяющаяся в процессе теплота нагревает продукт до 70...75 °С. В результате такой обработки частично разрушаются водородно-ионные и ковалентные связи, снижается водоотталкивающее действие, в целом изменяются физико-химические свойства белковых молекул.

**Тостирование соевого шрота и жмыха.** Установлено, что питательность соевого шрота в значительной степени зависит от режима влаготепловой обработки, в частности от температуры, продолжительности нагрева и влажности. Операция влаготепловой обработки соевого шрота носит название тостирования и осуществляется в тостерах. Тостирование соевого шрота проводится для инактивации ядовитого соина и антипитательных веществ, прежде всего уреазы, ингибиторов пищеварительных ферментов пепсина и трипсина. Если тостирование происходит при слишком низкой температуре и влажности, качество соевого шрота будет низким из-за активности ингибиторов трипсина, других антипитательных веществ, угнетающих процесс пищеварения. Если эту операцию производят при слишком высокой температуре, питательные свойства шрота также ниже возможных в результате снижения в нем уровня биологически усвояемого лизина и серосодержащих аминокислот, прежде всего метионина.

Правильно проведенной операцией тостирования следует считать такую, при которой шрот выходит из тостера с температурой 110 °С и влажностью около 20 %. Операция тостирования осуществляется в течение 108 мин. Затем шрот подсушива-

ют до влажности 12 %, охлаждают и измельчают в соответствии с требованиями комбикормовой промышленности.

Элементы тостирования соевого жмыха используются в технологической линии АО «Экомол» Оршанского района Витебской области. На рис. 5.33 приведена схема такой линии.

Соевые бобы загружаются в бункер № 1, из которого через магнитный сепаратор поступают в экструдер. Из него пастообразная масса транспортером № 1 подается в пресс марки 1500, в котором отделяется соевое масло, поступающее с помощью насоса № 1 в накопительные резервуары 1 и 2. Из этих резервуаров далее масло насосом № 2 подается в накопительную емкость, а из неё через фильтр тонкой очистки насосом № 3 – в транспортное средство. Соевый шрот норией № 1 загружается в охладитель, взятый из оборудования пресса-гранулятора марки ОГМ-1,5. После охлаждения готовый продукт норией № 2 подается в бункер-накопитель, а из него – на погрузку в транспортное средство или же на склад для хранения. При переработки соевых бобов по данной технологии получается следующий выход конечных продуктов: 81...82 % соевого жмыха, до 9,5 % масла и до 1,5 % фуззы.

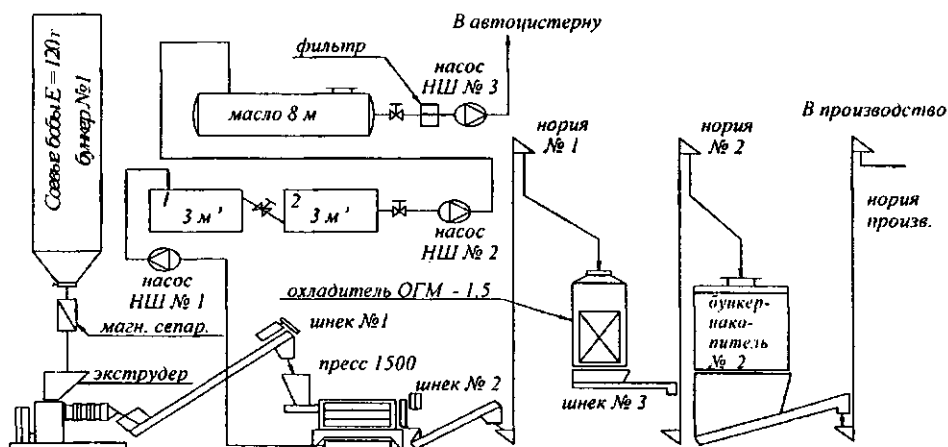


Рис. 5.33 Технологическая линия переработки соевых бобов на жмых и масло



Национальной науки нет, как нет националь-  
ной таблицы умножения.  
**ЧЕХОВ АНТОН ПАВЛОВИЧ,**  
русский писатель

#### 5.14 НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ

Основу кормоцехов составляют поточно-технологические линии (ПТЛ) подготовки отдельных компонентов, в дозированном виде подаваемых на линию смешивания. Линия смешивания является главным связующим звеном кормоцеха.

Для расчета ПТЛ используются следующие методы:

1) аналитический, основанный на формулировании целого ряда связанных вопросов, задаваемых в логической последовательности, соответствующей ходу технологического процесса и нахождения ответов на эти вопросы, – метод последовательных шагов;

2) графический, при котором решение может быть найдено на пересечении двух, реже трех линий, символизирующих конкретный ход технологического процесса в выбранном масштабе времени. Графический метод в чистом виде имеет ограниченное применение;

3) графо-аналитический метод, или метод построения циклограмм;

4) балансовый, в основе которого лежит «правило кратности», учитывающее, что все основные материальные потоки должны быть синхронизированы в соответствии с рецептурным составом комбикорма (БВД, премикса) и соответствовать числу отвесов-замесов при уточненном сменном (суточном) задании;

5) статистические методы оценки качества протекания технологических процессов. Результаты химических анализов, дозирования и смешивания обрабатывают методами статистики и оценивают в соответствии с принятыми стандартами.

Как правило, при решении конкретной задачи используется не один метод, а их разумное сочетание, они дополняют друг друга.

Общий порядок расчета ПТЛ для приготовления кормов такой. Предварительно составляют схему технологического процесса с обозначением основных операций по отдельным линиям переработки соответствующих компонентов комбикормов. При этом могут быть составлены два-три варианта технологических схем, из которых для сравнительных расчетов выбирается одна – базовая. В ней приводится перечень операций и их последовательность.

**Определение суточной потребности в комбикормах.** В соответствии с рецептурой комбикорма смесь содержит  $M$  компонентов с порядковыми номерами  $i$  (например,  $i = 1, 2, 3, \dots, M$ ). Кроме того, на линиях цеха можно готовить несколько видов комбикормов в зависимости от половозрастных групп и видов животных. Значит, для каждого вида комбикорма предусмотрено различное содержание компонентов  $q_m$ , где  $j$  – вид животных.

Оборудование за смену должно подготовить различное количество полноценных комбикормов, которое можно определить по формуле:

$$G = \sum_{j=1}^m G_j, \quad (5.2)$$

где  $G_j$  – масса (объем) комбикорма для  $j$ -го вида животных.

Для производства комбикорма  $j$ -му виду животных оборудование должно работать времени:

$$t_j = \frac{G_j}{q_j}, \quad (5.3)$$

где  $q_j$  – производительность оборудования кормоцеха при приготовлении комбикорма для  $j$ -го вида животных. При этом

$$\sum_{i=1}^m t_j \leq T_3, \quad (5.4)$$

где  $T_3$  – зоотехническое время, необходимое для приготовления комбикорма.

В расчетах  $T_3$  принимаем равной времени смены (или двух смен). За принятое время (смену или две смены) оборудование кормоцеха должно обеспечить суточную потребность в комбикорме для каждого вида животных:

$$G_j = \sum_{i=1}^M q_{ij} \mu_{ji}, \quad (5.5)$$

где  $q_{ij}$  – норма выдачи  $i$ -го компонента для  $j$ -го вида животных,  $\mu_{ji}$  – количество  $j$ -х животных, получающих  $i$ -й компонент.

Следовательно, за принятое время оборудование кормоцеха должно подготовить комбикормов всех видов в объеме

$$G = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^m q_{ij} \mu_{ji}. \quad (5.6)$$

**Расчет производительности цеха.** Для подготовки такого количества комбикормов необходим комплект оборудования производительностью

$$q_2 = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^m q_{ij} \mu_{ji}}{TnK_{см}}, \quad (5.7)$$

где  $T$  – время смены;  $n$  – количество смен;  $K_{см}$  – коэффициент сменности.

Таким образом, формула (5.6) позволяет определить расчетную производительность кормоцеха.

Для оценки кормоцеха и его технологических линий необходимо знать их фактическую производительность. На практике в проект записывают расчетную производительность, на которую в условиях эксплуатации выйти невозможно.

Предположим, что одна из машин линии вышла из строя. На устранение неполадки затрачено время  $t_2 - t_1$ . В результате время  $t$  получено фактически количество компонента  $G$ , в связи с чем эксплуатационная, или фактическая, производительность линии кормоцеха

$$Q_s = \frac{G_\Phi}{t} = \frac{G_\Phi}{t_q + \sum t_n}, \quad (5.8)$$

где  $t_q$  – чистое время работы машин;  $t_n$  – время простоев машин линии.

Особенно важно знать фактическую производительность при обслуживании большого количества животных, что объясняется большим ущербом в случае отказов оборудования.

Фактическая производительность комплекта оборудования для приготовления комбикорма зависит от его эксплуатационной надежности. Последняя особенно значима при поточном производстве, поскольку выход из строя одного механизма приводит к остановке целой линии или даже всего комплекта.

Надежность машин и технологического процесса характеризуют коэффициенты готовности и технического использования машин и оборудования.

Коэффициент готовности  $K_r$  вычисляется по формуле:

$$K_r = t / (t + t_a), \quad (5.9)$$

где  $t$  – наработка на отказ;  $t_a$  – среднее время вынужденных простоев на устранение.

Коэффициент технического использования комплекта определяется по формуле:

$$K_t = \frac{\sum t_z}{\sum t_z + t_p + t_{об}}, \quad (5.10)$$

где  $t_z$  – суммарная наработка за рассматриваемый промежуток времени;  $t_p, t_{об}$  – время на устранение отказов, связанных соответственно с ремонтом и техобслуживанием.

Однако коэффициенты готовности и технического использования не в полной мере характеризуют степень подготовки машин к выполнению технологического процесса с учетом технологических требований (в кормоприготовлении объем работ должен быть выполнен в строго определенные сроки и с заданным составом кормосмеси). Так, если в процессе работы один или несколько дозаторов компонентов не настроены на необходимую производительность и компоненты поступают не в заданном соотношении к остальным кормам, то в целом объем работы будет выполнен, но комбикорм будет некачественным и в результате не будут получены запланированные привесы животных или удои.

Поэтому предыдущая формула с учетом средних простоев линии примет вид:

$$\eta_{тн} = \frac{\sum t_z}{\sum t_z + N(t_{срп} + t_{сроб})}, \quad (5.11)$$

где  $t_{срп}, t_{сроб}$  – среднее время на устранение простоев по техническим причинам и техобслуживание машин, входящих в комплект оборудования, соответственно.

Поскольку в комплекте оборудования для приготовления кормосмесей применяются смешанные связи между машинами и линиями, коэффициент технической надежности всего оборудования будет несколько выше и комплект оборудования



будет простаивать только когда выйдут из строя машины, имеющие жесткую связь. Это машины линии смешивания и машины, жестко соединенные с ней.

Коэффициент технической надежности комплекта оборудования со смешанными связями определяется по формуле:

$$\eta_{\text{тн}} = \frac{\sum t_z}{\sum t_z + N_{\text{мж}} t_{\text{српр}} + N_{\text{м}} t_{\text{сробр}}}, \quad (5.12)$$

где  $N_{\text{мж}}$  – машины с жесткой связью.

С учетом того, что по технологическим причинам главным образом останавливаются питатели-дозаторы (транспортеры простаивают в основном по техническим причинам) и настройка по производительности в каждой линии производится по одной (базовой) машине, время простоев по техническим причинам можно относить только к отдельным линиям в целом.

Если время технологических простоев учесть на этапе проектирования через показатель среднего простоя, то коэффициент работоспособности комплекта выразится уравнением:

$$\eta_{\text{р}} = \frac{\sum t_z}{\sum t_z + N_{\text{мж}} t_{\text{српр}} + N_{\text{м}} t_{\text{сробр}} + N_{\text{л}} t_{\text{срл}}}, \quad (5.13)$$

где  $N_{\text{л}}$  – количество линий в комплекте;  $t_{\text{срл}}$  – время на устранение неполадок и переналадку машин комплекта по технологическим причинам.

На основании формул, приведенных выше, можно определить фактическую производительность любого комплекта оборудования кормоцеха на стадии проектирования:

$$Q_{\phi} = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n q_{ij} \mu_{ij} \left( \frac{\sum t_z}{\sum t_z + N_{\text{мж}} t_{\text{српр}} + N_{\text{м}} t_{\text{сробр}} + N_{\text{л}} t_{\text{срл}}} \right)}{t_{\text{с}} P_{\text{к}}}. \quad (5.14)$$

Производительность кормоцеха складывается из производительности отдельных линий (машин), так как комплект оборудования кормоцеха состоит из многих машин, объединенных в поточные линии.

Если производительность базовой машины обозначить  $Q_6$ , то производительность любой другой машины  $Q_y$  должна быть равна или кратна ей:

$$Q_y = C Q_6, \quad (5.15)$$

где  $C$  – число машин в линии.

При жесткой связи производительность каждой последующей машины должна быть равна или больше производительности предыдущей, т.е. должно соблюдаться условие:

$$Q_{y'} \leq Q_{y1} \leq Q_{y2} \leq \dots \leq Q_{yn}. \quad (5.16)$$

Производительность линии кормоцеха с гибкими или смешанными связями также может быть разной. Причем каждый предыдущий участок должен иметь более высокую производительность, чем последующий. Это особенно необходимо при изменении рациона. В некоторых случаях может оказаться, что производительность следующего за гибкой связью участка будет выше, чем производительность преды-

душего, и промежуточный запас корма может хотя и медленно, но уменьшаться. Поэтому производительность таких участков должна отвечать условию:

$$Q_y \geq Q_{r1} \geq Q_{r2} \geq \dots \geq Q_{rn}. \quad (5.17)$$

Компоненты кормосмеси накапливаются в этом случае в бункерах-накопителях, которые принимают этот запас от предыдущего участка или линии и передают последующему (при нормальной работе), принимают компоненты от предыдущего участка (линии) и накапливают их (при простое последующего участка) либо питают последующий участок за счет своих накоплений (при остановке предыдущего участка).

**Расчет и проектирование бункеров.** Важным элементом ПТЛ являются бункера, которые служат для накопления отдельных видов сырья и готовой продукции. Важными параметрами, обеспечивающими работоспособность бункеров, являются размер выпускного отверстия, величина давления в его зоне, а также давление на стенку бункера и его элементы.

Производительность (расход) гравитационных бункеров-дозаторов в общем случае определяется по формуле:

$$Q = V\rho S, \quad (5.18)$$

где  $V$  – средняя скорость истечения материала из отверстия дозатора, м/с;  $\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  $S$  – площадь отверстия истечения, м<sup>2</sup>.

**Радиус выпускного отверстия.** Приведенная зависимость расхода материала справедлива тогда, когда площадь отверстия  $S$  больше некоторого критического значения  $S_{кр}$ , определяемого критическим гидравлическим радиусом. Уменьшение сечения выходного отверстия ведет к тому, что при определенном значении истечение материала прекращается, хотя диаметр отверстия значительно больше размеров его частиц. При этом не происходит разрушения граничного слоя сводчатой структуры, и образовавшийся статический свод преграждает доступ частиц материала к выпускному отверстию.

Для идеальных сыпучих материалов основным фактором, влияющим на величину критического диаметра  $d_{кр}$ , является гранулометрический состав.

В зависимости от гранулометрического состава сыпучего тела величина  $d_{кр}$  изменяется по некоторому закону, описываемому эмпирическим уравнением:

$$d = Ae^{b\delta}, \quad (5.19)$$

где  $A$  и  $b$  – постоянные коэффициенты ( $A = 4,63$ ;  $b = 0,0224$ );  $\delta$  – наибольший размер средней частицы сыпучей массы, мм;  $e$  – основание натуральных логарифмов.

Приведенная эмпирическая формула справедлива для величин  $\delta$ , колеблющихся в пределах от 0,5 до 10 мм.

Величину критического размера отверстия для гравитационного дозатора зерна можно определить, воспользовавшись эмпирической формулой П.Н. Платонова:

$$R_{кр} = 4\sqrt{BC}, \quad (5.20)$$

где  $B$  и  $C$  – наибольшие размеры зерна, мм.

Р. Квапил опытным путем получил формулу для определения минимальной площади сечения выпускного отверстия:

$$S = 1,4 \times (5y)^2, \quad (5.21)$$

где  $y$  – максимальный размер частицы, мм.

Длина стороны оптимального квадратного выпускного отверстия

$$a = \sqrt{1,4 \times (5y)^2}.$$

Диаметр оптимального круглого отверстия

$$d = \sqrt{\frac{S \times 0,85 \times 4}{\pi}}. \quad (5.22)$$

Однако подсчитанные по этим формулам значения выпускных отверстий не обеспечивают условия непрерывности процесса истечения большинства хорошосыпучих кормовых компонентов (зерна ячменя, овса и др.) при незначительном увеличении их влажности.

Гравитационный дозатор надежно будет работать в том случае, когда размеры выпускного отверстия выбраны с учетом физико-механических свойств дозируемых материалов.

При определении критического размера сводообразующего отверстия для связанных, хорошо сыпучих материалов в механике сыпучих тел получила наиболее широкое распространение формула Р.Л. Зенкова

$$R_{кр} = \frac{2t_n(1 + \sin \varphi)}{\rho}, \quad (5.23)$$

где  $R_{кр}$  – критический радиус сводообразующего отверстия, мм.

Для прямоугольного отверстия со сторонами  $a$  и  $c$  ( $a$  – ширина,  $c$  – длина)

$$a_{кр} = \frac{2t_n c(1 + \sin \varphi)}{c\rho - 2t_n(1 + \sin \varphi)}; \quad (5.24)$$

для шелевого

$$a_{кр} = \frac{2t_n(1 + \sin \varphi)}{\rho}. \quad (5.25)$$

Наиболее достоверной является формула для определения скорости истечения, предложенная Р.Л. Зенковым:

$$V = \sqrt{2g \frac{\sigma_b}{\rho}}, \quad (5.26)$$

где  $\sigma_b = P/S$  – удельное давление в плоскости выпускного отверстия;  $P$  – давление в плоскости выпускного отверстия, Н;  $S$  – площадь выпускного отверстия, м<sup>2</sup>.

Поскольку материал в бункере не является «свободным», а испытывает трение внутри движущейся струи вследствие наличия градиента скорости по сечению, сжатие струи при выходе из отверстия, фактическая скорость движения материала будет меньше на величину  $\lambda_n$ , т.е.

$$V = \lambda_n \sqrt{2g \frac{\sigma_b}{\rho}}. \quad (5.27)$$

Коэффициент  $\lambda_n$  (называют коэффициентом расхода) зависит от внутреннего трения материала  $f$  и определяется по формуле:

$$\lambda_n = \frac{1}{\sqrt{2f\left(\frac{1}{f} + 2f\right) - \sqrt{1 + f^2}}}. \quad (5.28)$$

Только часть давления массы сыпучего материала, засыпанного в бункер, передается на дно, а другая часть вследствие трения воспринимается его стенками. Наибольшее давление, оказываемое на затвор или питатель, возникает при заполнении пустого бункера, причем оно быстро увеличивается, а затем, по достижении определенной величины, стабилизируется.

Установлено, что образовавшиеся своды разрушаются одновременно. Разрушению вышележащих сводов предшествует разрушение нижележащих. Время существования свода зависит от величины его пролета, уменьшающегося по мере приближения к выпускному отверстию.

С уменьшением угла внутреннего трения сыпучего материала величина пролета «динамического» свода увеличивается, и расход сыпучего материала возрастает.

Е.А. Банит, исследуя степень влияния плотности укладки сыпучей среды на величину ее расхода, установил, что изменение величины коэффициента разрыхления не оказывает заметного влияния на величину расхода.

Это объясняется тем, что с началом движения частиц плотность укладки сыпучего материала в области «динамического» свода принимает критическое значение, неизменное в течение всего процесса истечения.

При выпуске сыпучих материалов из отверстий воронкообразной формы величина расхода их зависит от угла откоса воронки. Проведенные Н.И. Стариковым опыты показали, что при выпуске песка фракции до 1 мм наибольший его расход достигается при угле наклона стенок воронки, равном  $75^\circ$ , наименьший – при  $45^\circ$ . При углах наклона воронки  $30, 60, 90^\circ$  величина расхода сыпучего материала находится примерно в одинаковых пределах.

При выпуске сыпучих материалов, однородных по своему гранулометрическому составу, и одинаковых углах откоса воронки постоянство расхода сохраняется.

**Пример расчета параметров бункера** (по Л.Я. Степуку).

1. Определим критический радиус выпускного отверстия по формуле (5.23).

Для ячменя

$$R_{кр} = \frac{17(1 + \sin 35^\circ)}{710} = 38 \text{ мм.}$$

Для комбикорма

$$R_{кр} = \frac{25(1 + \sin 45^\circ)}{540} = 79 \text{ мм.}$$

2. Определим объем материала, оказывающего непосредственное давление на затвор, по формуле:

$$V = \frac{1}{3} \pi R_{кр}^2 H, \text{ где } H = R_{кр} \operatorname{tg} \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right).$$

Для ячменя

$$V = \frac{1}{3} \pi \times 0,038^2 \times 0,0746 = 0,000112 \text{ м}^3.$$

Для комбикорма

$$V = \frac{1}{3} \pi \times 0,079^2 \times 0,195 = 0,00127 \text{ м}^3.$$

3. Определим давление материала в плоскости выпускного отверстия по формуле

$$P = \gamma V, \text{ Н.}$$

Для ячменя  $P = 7100 \times 0,00112 = 0,079 \text{ Н.}$

Для комбикорма  $P = 540 \times 0,00127 = 0,685 \text{ Н.}$

4. Определим площадь выпускного отверстия:

для ячменя  $S_{\text{отв}} = \pi R^2 = \pi \times 0,038^2 = 0,0045 \text{ м}^2;$

для комбикорма  $S_{\text{отв}} = \pi \times 0,079^2 = 0,0192 \text{ м}^2.$

5. Определим удельное давление материала в плоскости выпускного отверстия:

$$\sigma_n = \frac{P}{S}.$$

Для ячменя

$$\sigma_n = \frac{0,079}{0,0045} = 17,5 \text{ кг/м}^2.$$

Для комбикорма

$$\sigma_n = \frac{0,685}{0,0192} = 35,67 \text{ кг/м}^2.$$

6. Скорость истечения материала из отверстий определим по формуле:

$$V = \lambda \sqrt{2g \frac{\sigma_n}{\rho}}.$$

Для ячменя

$$V = 0,67 \sqrt{2 \times 9,81 \times \frac{17,5}{710}} = 0,465 \text{ м/с.}$$

Для комбикорма

$$V = 0,58 \sqrt{2 \times 9,81 \times \frac{35,67}{540}} = 0,65 \text{ м/с.}$$

7. Определим расход материала по формуле:

$$Q = V \rho S_{\text{отв}}.$$

Для ячменя  $Q = 0,465 \times 710 \times 0,045 = 14,8$  кг/с.

Для комбикорма  $Q = 0,65 \times 540 \times 0,0192 = 6,74$  кг/с.

**Особенности расчета линии смешивания.** В кормоцехе производительность линии смешивания определяет число смесителей для ее обеспечения.

Из отношения часовой производительности смешивания  $Q_{\text{тсм}}$  к производительности смесителя непрерывного действия  $Q_{\text{смmax}}$  (по его технической характеристике) определяют число требуемых смесителей по следующей формуле

$$n_{\text{см}} = Q_{\text{тсм}} / Q_{\text{смmax}} \quad (5.29)$$

Число смесителей, работающих периодически, рассчитывают по формуле

$$n_{\text{см}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{G_i}{\rho_i}}{z \varphi_3 V} \quad (5.30)$$

где  $G$  – масса  $i$ -го компонента, кг;  $\rho_i$  – объемная масса  $i$ -го корма, кг/м<sup>3</sup>;  $z$  – число циклов смешивания компонентов одним смесителем;  $\varphi_3$  – коэффициент заполнения смесителя;  $V$  – объем выбранного смесителя, м<sup>3</sup>.

Число циклов смешивания компонентов в одном смесителе за сутки:

$$z = \frac{h T_{\text{см}}}{T_{\text{ц}}} \eta, \quad (5.31)$$

где  $h$  – число смен;  $T_{\text{ц}} = t_1 + t_{\text{см}} + t_{\text{в}}$  – время цикла;  $t_1, t_{\text{см}}, t_{\text{в}}$  – время загрузки, смешивания и выгрузки смесителя соответственно;  $\eta$  – коэффициент использования времени смены смесителя;  $T_{\text{см}}$  – время смены.

В каждой ПТЛ намечают место размещения бункеров-питателей, бункеров-дозаторов, после чего расчетным путем определяют их производительность. Причем оборудование ПТЛ подбирают таким образом, чтобы производительность машины, занятой на последующей операции, была больше, чем на предыдущей, на 5...8 %.

Вместимость бункеров для хранения сырья, исходя из принятого расхода, рассчитывают по формуле:

$$V = (G n_c) (\varphi_{\text{б}}), \quad (5.32)$$

где  $G$  – суточный расход компонента, кг;  $n_c$  – количество суток, в течение которых расходуетея корм (для зернового сырья при открытом хранении – 2...5);  $\varphi_{\text{б}}$  – коэффициент заполнения бункера ( $\varphi_{\text{б}} = 0,75...0,85$ ).

Одновременно в ПТЛ с непрерывным смешиванием в качестве регулирующих емкостей после бункеров-накопителей устанавливают дозаторы для сыпучих компонентов. Фактически значения регулирующих емкостей дозаторов находятся в пределах 0,5...1,8 м<sup>3</sup>, а общее их количество, как правило, равно числу компонентов в рационе.

Количество транспортных средств, доставляющих компоненты из мест хранения, рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{тс}} = Q_{\text{тл}} / Q_{\text{мк}}, \quad (5.33)$$

где  $Q_{\text{тл}}$  – производительность данной технологической линии;  $Q_{\text{мк}}$  – производительность одного транспортного средства.

В свою очередь, производительность одного транспортного средства рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{мк}} = \frac{V_6 \rho_i \eta_{\text{т}} \Phi_3}{t_{\text{ц}}}, \quad (5.34)$$

где  $V_6$  – вместимость бункера,  $\text{м}^3$ ;  $\rho_i$  – объемная масса  $i$ -го корма,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\eta_{\text{т}}$  – коэффициент технологического использования машины ( $\eta_{\text{т}} = 0,7 \dots 0,8$ );  $\Phi_3$  – коэффициент заполнения бункера ( $\Phi_3 = 0,75 \dots 0,85$ );  $t_{\text{ц}}$  – время цикла, ч;

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{п}} + t + t_{\text{в}} + t_{\text{хх}}.$$

Время цикла  $t_{\text{ц}}$  включает в себя время работы  $t_{\text{п}}$  погрузчика на загрузке бункера кормом; время передвижения  $t$  нагруженного агрегата со скоростью  $V_{\text{ар}}$ ; время холостого хода  $t_{\text{хх}}$  при скорости  $V_{\text{хх}}$ , а также время выгрузки  $t_{\text{в}}$  в приемный бункер.

Фактически производительность машин и оборудования должна быть больше или равна расчетной.

Число машин  $N_{\text{м}}$  для операции с непрерывным рабочим процессом в  $i$ -й технологической линии определяют по формуле:

$$N_{\text{м}} = Q_{\text{тл}} / Q_{\text{т}}, \quad (5.35)$$

где  $Q_{\text{т}}$  – теоретическая производительность машины, соответствующая ее технической характеристике, т/ч.

Эффективность приготовления кормов комплектами машин и оборудования ПТЛ кормоцеха зависит от ряда факторов. Важнейшие из них – экономное расходование топлива и электроэнергии, совершенство применяемых машин и поточных линий, рациональность их размещения (компоновка), надежность и интенсивность использования. Все это определяет удельные экономические показатели приготовления кормов (заграты труда, энерго- и металлоемкость, приведенные затраты, технологический и экономический эффект).

При компоновке кормоцеха комплекты машин и оборудования ПТЛ размещают таким образом, чтобы обеспечить кратчайший путь движения приготавливаемого корма, поточность производства с минимальным числом перегрузочных операций, минимальную длину коммуникационных и электрических линий, удобство обслуживания и ремонта машин и оборудования с соблюдением норм охраны труда, техники безопасности и противопожарных требований.

Размеры и планировка кормоцехов определяются площадями, занимаемыми машинами и оборудованием, а также проходами, лестницами и т.п.

Площадь всех помещений

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5, \text{ м}^2, \quad (5.36)$$

где  $F_1$  – площадь здания, занимаемая машинами и оборудованием;  $F_2$  – площадь здания для производственных работ;  $F_3$  – площадь, занимаемая проходами, лестницами и промежутками между машинами;  $F_4$  – площадь здания под вспомогательные помещения;  $F_5$  – площадь здания для хранения.

Площадь здания кормоцеха  $F_1$  занимаемая машинами и оборудованием

$$F_1 = \sum_{i=1}^n f_i, \quad (5.37)$$

где  $f$  – площадь, необходимая для одной машины,  $\text{м}^2$ ;  $n$  – число машин в кормоцехе.

Площадь котельной принимают до  $25 \text{ м}^2$ .

Площадь, необходимую для производственных работ, определяют в зависимости от числа рабочих:

$$F_2 = F_p n_p, \quad (5.38)$$

где  $F_p$  – площадь, приходящаяся на одного производственного рабочего,  $\text{м}^2$  ( $F_p = 4 \dots 5 \text{ м}^2$ );  $n_p$  – число производственных рабочих.

Площадь, занимаемая проходами, лестницами и промежутками между машинами,

$$F_3 = (4 \dots 5) F_{пл}, \quad (5.39)$$

где  $F_{пл}$  – минимальная площадь проходов, лестниц и промежутков между машинами,  $\text{м}^2$ .

Площадь  $F_3$  определяют исходя из следующих норм: ширина основных проходов не менее  $1,2 \dots 1,5 \text{ м}$ , а между машинами –  $1,5 \text{ м}$ ; расстояние от стены до машины –  $0,5 \dots 0,7 \text{ м}$ ; ширину лестницы принимают не менее  $1 \text{ м}$ .

Площадь  $F_4$  вспомогательных помещений определяют, руководствуясь существующими нормами: для комнат отдыха –  $15 \dots 20 \text{ м}^2$ , для душевой кабины с раздевалкой, а также для лаборатории –  $5 \dots 7 \text{ м}^2$ .

Планировку помещений основного, подсобного, складского и вспомогательного назначения производят с учетом требований технологии, норм технического проектирования, экономической целесообразности.

Прежде чем приступить к расчету технико-экономических показателей, определяют суточную потребность ПТЛ и кормоцеха в воде и электроэнергии.

**Суточную потребность кормоцеха в воде** принимают в пределах следующих норм: на мойку машин и оборудования – из расчета  $50 \text{ л/сут.}$  в среднем на одну машину; на мойку помещений и полов –  $3 \dots 5 \text{ л/сут.}$ ; на бытовые потребности одного работника кормоцеха –  $30 \dots 65 \text{ л/сут.}$

Часовой расход воды подсчитывают с учетом коэффициента часовой неравномерности  $\alpha = 2 \dots 4$

$$Q_{ч} = \frac{1}{24} \alpha \cdot Q_{\text{средн}}, \quad \text{л/ч.} \quad (5.40)$$



При расчете потребности в электроэнергии находят общую установленную мощность электродвигателей, максимально потребляемую энергию в зависимости от времени суток и величину ее суточного расхода. Тогда суточный расход электроэнергии

$$\mathcal{E}_c = (N_1 t_1 + N_2 t_2 + \dots + N_n t_n) d_d, \quad (5.41)$$

где  $N_1, N_2, \dots, N_n$  – мощность электродвигателей и установок; кВт;  $t_1, t_2, \dots, t_n$  – время работы электродвигателей и электроустановок, ч;  $d_d$  – кратность включения в работу электродвигателей и электроустановок в сутки.

Для рационального распределения электроэнергии, воды и пара по часам суток и согласования с порядком работы ПТЛ кормоцеха составляют графики технологических операций и работы оборудования за смену, которые показывают порядок и длительность приготовления каждой порции кормов в отдельности и в режиме работы кормоцеха в целом с указанием операции для каждого смесителя; время суток и продолжительность работы каждой машины, перечень и марки машин и оборудования ПТЛ, количество кормов каждого вида, подлежащих переработке, мощность электродвигателей.

Графические построения выполняют в масштабе и в часовой сетке. При расчете и построении графиков исходят из одного условия: время приготовления комбикорма на ПТЛ должно быть минимальным.

Кроме задач общего проектирования отдельных линий и кормоцеха в целом обычно рассматривается ряд технологических задач по оптимизации самого процесса. Ряд интересных методик проектирования и применения этих задач рассмотрен Н.П. Черняевым в учебном пособии «Сборник задач и упражнений по технологии комбикормов» (М.: ЦНИИТЭИ «Хлебпродинформ», 1995). Рассмотрим некоторые из них.

Линия дозирования-смешивания – одна из основных линий на комбикормовом предприятии. Правильность организации работы этой линии обеспечивает высокую производительность предприятия в целом, а при выполнении требований к качеству дозируемых компонентов и при соблюдении очередности дозирования и распределения компонентов между дозаторами – качество готового комбикорма.

**Формализованный расчет производительности линии дозирования-смешивания (с одним смесителем) (рис. 5.34)**

*Данные для выполнения расчета*

Продолжительность цикла дозирования-смешивания $T_c$ (при продолжительности смешивания 4 мин).....	6
Число циклов в час .....	10
Паспортная вместимость смесителя $G_{\text{пас}}$ для порционных смесителей типа А9-ДСГ (БСГ) и СГК, т.....	0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0
Расчетное время работы линии в сутки (7 ч по 3 смены), ч .....	21
Расчетное время работы линии при 12-часовой смене, ч .....	10,5
Производительность линии:	
часовая.....	$q_ч = 10G_{\text{пас}}$ ;
суточная.....	$Q_{\text{сут}} = 21q_ч = 210G_{\text{пас}}$ ;
сменная (за 8 ч).....	$q_{\text{см}} = 7q_ч = 70G_{\text{пас}}$ ;
сменная (за 12 ч).....	$q_{\text{см}} = 10,5q_ч = 105G_{\text{пас}}$ .

Этому же способствует правильная организация процесса смешивания – продолжительность, степень загрузки смесителя и т.д.

Рассчитанную таким образом производительность можно при выполнении ряда условий (правильное построение других линии) принимать за мощность предприятия.

Например, на линии установлен смеситель СГК-1,5 ( $G_{\text{пас}}$ ).

Суточная производительность

$$Q_{\text{сут}} = 210 \times 1,5 = 315 \text{ т/сут.} \quad (5.42)$$

К аналогичному результату можно прийти, используя несколько другой подход:

$$Q_{\text{сут}} = 240 \times G_{\text{пас}} \times K_{\text{исп}} \times K_{\text{зап}}, \quad (5.43)$$

где  $K_{\text{исп}}$  – коэффициент использования рабочего времени;  $K_{\text{зап}}$  – коэффициент заполнения смесителя.

Примем  $K_{\text{зап}} = 0,9$ , тогда для получения одинаковых результатов расчета

$$K_{\text{исп}} = \frac{210}{240 \times K_{\text{зап}}} = \frac{210}{240 \times 0,9} \approx 0,97.$$

#### Расчет производительности на основании хронометража правила кратности

Продолжительность цикла дозирования-смешивания состоит из нескольких операций:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{зап}} + T_{\text{ож}} + T_{\text{р}} + T_{\text{тр}} + T_{\text{см}} + T''_{\text{р}} + T''_{\text{ож}}, \quad (5.44)$$

где  $T_{\text{зап}}$  – время заполнения ведущего (в группе) дозатора, т.е. наиболее медленно заполняемого;  $T_{\text{ож}}$  и  $T''_{\text{ож}}$  – время ожидания дозатора и смесителя соответственно,  $T_{\text{р}}$  и  $T''_{\text{р}}$  – время разгрузки дозаторов и смесителя соответственно;  $T_{\text{тр}}$  – время затягивания цикла из-за работы транспортных механизмов (может не быть);  $T_{\text{см}}$  – продолжительность смешивания.

Продолжительность каждой операции может быть определена путем хронометрирования, если речь идет о действующем производстве. На практике  $T_{\text{зап}} = 60 - 150$  с,  $T_{\text{ож}} = 5 \dots 20$  с,  $T_{\text{р}} = 8 \dots 40$  с,  $T_{\text{тр}} = 20 \dots 40$  с. Длительность смешивания определена в паспорте на применяемый смеситель. Для сухих продуктов тихходные смесители обеспечивают качество смеси примерно за 4 мин (240 с). При вводе жидких компонентов длительность смешивания может возрасти до 5...6 мин и более.

Качество смеси оценивают с помощью коэффициента неоднородности  $V_c$  распределения ключевого компонента (до 30 % – отличное; от 3 до 7,5 % – хорошее; от 7,5 до 15 % – удовлетворительное; свыше 15 % – неудовлетворительное).

Например, при приготовлении предсмесей зернового сырья, как установлено исследованиями, достаточное время смешивания – 120 с (2 мин).

Практически приемлемое качество смеси можно получить при  $T_{\text{ц}}$  от 4,5 до 7 мин. Это зависит от физико-механических свойств смешиваемых компонентов, качества и конструкции смесителя, системы управления процессами дозирования-смешивания, поставленных задач и ряда других факторов.

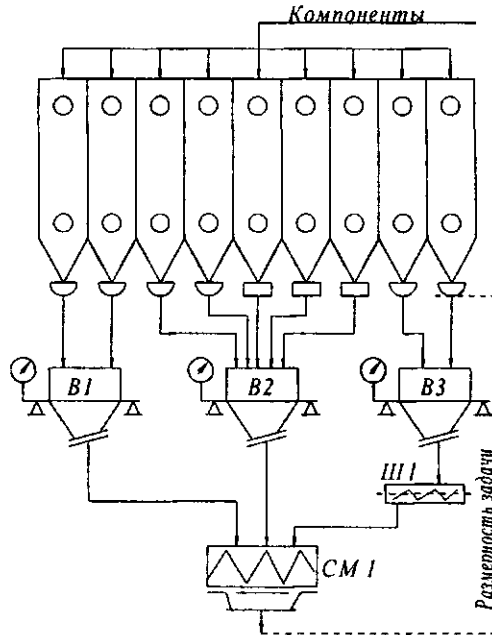


Рис. 5.34 Блок-схема линии дозирования-смешивания с тремя дозаторами и одним смесителем: B1, B2, B3 – дозаторы ДК-500, ДК-2500, ДК-200 соответственно; Ш1 – шнек диаметром 320 мм; СМ1 – смеситель А9-БСГ-3,0

Заполнение смесителя чаще всего ниже паспортного значения. Оно снижается при вводе в комбикорм большого количества компонентов с малой объемной массой (отруби, травяная мука и т.д.), зависит от технического состояния оборудования, установленных типоразмеров дозаторов, ряда технологических факторов.

Фактическое заполнение смесителя  $G_{\phi}$  подчиняется также правилу кратности.

Например, на заводе с установленным смесителем СГК-1,5 необходимо выпарботать партию комбикорма  $Q_3$  в 110 т.

Если принять  $G_{\phi} = 1,5$  т, то число отвесов-замесов

$$n = Q_3 / G_{\phi}; n = 110 / 1,5 = 73,33.$$

Поскольку число замесов  $n$  может быть только целым, примем  $n = 75$ .

Тогда

$$G_{\phi} = Q_3 / n; G_{\phi} = 110 / 75 = 1,466 \text{ т, или } 1466 \text{ кг.}$$

Таким образом, производительность линии дозирования-смешивания можно рассчитать по формуле:

$$Q_{\text{сут}} = 24 \frac{60}{T_{\text{ц}}} G_{\phi}, \quad (5.45)$$

где  $T_{\text{ц}}$  – продолжительность установившегося цикла в минутах.

Например, при установившемся режиме работы  $T_{\text{ц}} = 5,5$  мин,  $G_{\phi} = 1,466$  т – точная производительность

$$Q_{\text{сут}} = 21 \times \frac{60}{5,5} \times 1,466 = 335,8.$$

### Уточненный расчет производительности на основании построенной циклограммы (по Н.П.Черняеву)

Встречается несколько случаев, когда получить значение  $T_{\phi}$  чисто аналитическим путем затруднительно. К таким случаям относятся: установка на линии двух смесителей, последовательно или параллельно; несоответствие грузоподъемности дозаторов вместимости смесителя (например, дозаторы ДК-1000 и ДК-200, а смеситель СГК-2,5); поиск оптимального режима работы линии, при котором холостые ходы и простои сведены к минимуму и т.д. Тогда значительно легче определить  $T_{\phi}$ , построив циклограмму (рис. 5.35).

Циклограмма строится на миллиметровой бумаге в выбранном масштабе времени на основании данных хронометража (для действующих предприятий) или на основании расчетных и паспортных данных (при проектировании линий). Циклограмму строим следующим образом. Для дозаторов и смесителя в каждой строчке по оси абсцисс откладываем продолжительность операций и наклонными линиями обозначают их заполнение или опорожнение. Линия пошла вверх – заполнение, вниз – опорожнение. Горизонтальные линии показывают, что имеет место пауза, ожидание или идет операция смешивания. Таким образом, в каждой из этих строчек по ординате устанавливается свой масштаб. В строчке «шнек» показываем только те промежутки, в которые этот транспортный механизм находится под нагрузкой. Остальное время – холостой ход. В этой строчке по ординате масштаба нет.

Поскольку операции протекают в определенной последовательности, будем опускать и восстанавливать перпендикуляры, указывая стрелками их взаимовлияния и взаимообусловленность отдельных технологических операций.

В этом случае находим продолжительность первого (нестандартного, начального)  $T_{\text{нц}}$  и установившегося  $T_{\text{ц}}$  циклов. Производительность линии в первый час работы

$$q_1 = \left( 1 + \frac{60 - T_{\text{нц}}}{T_{\text{ц}}} \right) \times G_{\phi}. \quad (5.46)$$

Производительность линии во второй и последующие часы работы

$$q_2 n = \left( \frac{60}{T_{\text{ц}}} \right) G_{\phi}. \quad (5.47)$$

Сменная производительность (смена – 8 ч, время дозирования – 7 ч)

$$\begin{aligned} q_{\text{см}} &= q_1 + 6q_2 n = \left( 1 + \frac{60 - T_{\text{нц}}}{T_{\text{ц}}} \right) \times G_{\phi} + 6 \left( \frac{60}{T_{\text{ц}}} \right) \times G_{\phi} = \\ &= G_{\phi} \left( 1 + \frac{60 - T_{\text{нц}}}{T_{\text{ц}}} + 6 \times \frac{60}{T_{\text{ц}}} \right) = \frac{G_{\phi}}{T_{\text{ц}}} (T_{\text{ц}} - T_{\text{нц}} + 420) I'_{\text{см}}. \end{aligned} \quad (5.48)$$

Графически параметры линии можно определить следующим образом, используя циклограмму, представленную на рис. 5.35. Из построения следует, что в первом цикле ход процесса обуславливала готовность дозатора к разгрузке (точка *A*), во втором и последующих циклах – готовность смесителя принять очередную порцию продукта для смешивания (точки *B*, *C*, *D* и т.д.). Указанные точки (*A*, *B*, *C*, *D*) являются активными точками циклограммы.

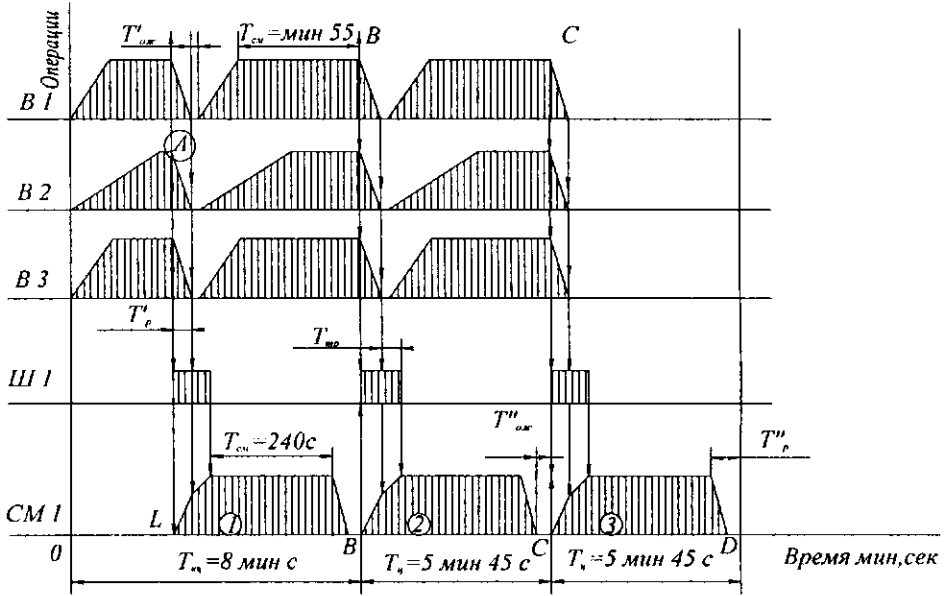


Рис. 5.35 Циклограмма технологического процесса линии дозирования-смешивания

Из анализа следует, что в каждом цикле (начиная со второго) дозаторы простаивают в ожидании сигнала на разгрузку лишних 2 мин 55 с.

Время начального цикла  $T_{нц} = 8,58$  мин (8 мин 35 с), время установившегося цикла  $T_{ц} = 5,75$  мин (5 мин 45 с).

Получение этих данных позволяет рассчитать производительность линии в первый час работы. Она равна 28,33 т/ч.

Производительность во второй и последующие часы при установившемся ритме:

$$q_{2...8} = 60 \times 2,85 / 5,75 = 29,7 \text{ т/ч.}$$

Сменная производительность

$$q_{см} = q_1 + 6q_{2...8} = 28,33 + 6 \times 29,7 = 206,5 \text{ т/см.}$$

Суточная производительность при сохранении условий работы дозирования-смешивания:  $Q_{сут} = 3 \times 206,5 = 619,6$  т/сут., или с округлением 620 т/сут.

### Определение начального $T_{нц}$ и установившегося $T_{ц}$ циклов методом построения циклограммы

При построении циклограммы обычно выполняют ряд действий в определенной последовательности:

- вычерчивают блок-схему линии дозирования-смешивания и наносят на нее данные о дозаторах и смесителях;

– заполняют таблицу временных промежутков выполнения всех операций согласно формулам, полученным на основании хронометража или расчетных и паспортных данных;

– выбирают масштаб по оси абсцисс (время);

– строят циклограмму для получения  $T_{\text{нц}}$  и  $T_{\text{ц}}$  в выбранном масштабе;

– анализируют циклограмму для оценки оптимальности режима – на наличие простоев весовых дозаторов и холостых ходов смесителей; при получении удовлетворительных данных рассчитывают  $q_1, q_2, q_{\text{см}}, Q_{\text{свт}}$ ;

– при получении неудовлетворительных данных вносят изменения в табличные данные, иногда и в схему, уточняют алгоритм и проводят новое построение с целью получения  $T'_{\text{нц}}$  и  $T'_{\text{ц}}$  и уточнения расчетов.

**Пример.** Линия с двумя смесителями, установленными параллельно.

Дано: 1. Фрагмент технологической схемы в виде блок-схемы линии дозирования-смешивания с двумя смесителями и тремя дозаторами (рис. 5.36).

2. Данные хронометража временных промежутков выполнения технологических операций приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2 Временные промежутки работы оборудования в линии дозирования-смешивания с двумя смесителями, установленными параллельно, с

Условные обозначения	Оборудование	Загрузка	Ожидание	Разгрузка	Смешивание	Транспортная операция	Переключение клапана
В1	ДК-500	120	10	30	–	–	–
В2	ДК-2500	150	10	30	–	–	–
В3	ДК-200	90	10	30	–	–	–
Ш1	Шнек Ш 320	–	–	–	–	30	–
К1	Клапан перекидной	–	–	–	–	–	10
СМ1	А9-БСГ-3,0	30	10	40	240	–	–
СМ2	А9-БСГ-3,0	30	10	40	240	–	–

Требуется: 1. Методом построения циклограммы найти продолжительность начального  $T_{\text{нц}}$  и установившегося  $T_{\text{ц}}$  циклов;

2. Определить часовую, сменную и суточную производительность при условии фактической загрузки смесителей А9-БСГ-3,0  $G = 2,85$  т;

3. Сопоставить производительность линии с двумя смесителями, расположенными параллельно, с линией, имеющей один смеситель, по предыдущему примеру.

Решение: На миллиметровой бумаге выделяем семь строчек по числу единиц оборудования, взятого под наблюдение, включая перекидной клапан.

Выбираем масштаб: 1 мм = 5 с.

Строим циклограмму, как указано выше.

В связи с установкой двух смесителей параллельно принимаем, что дозаторы подают в них продукт поочередно.

Построенная циклограмма представлена на рис. 5.37.

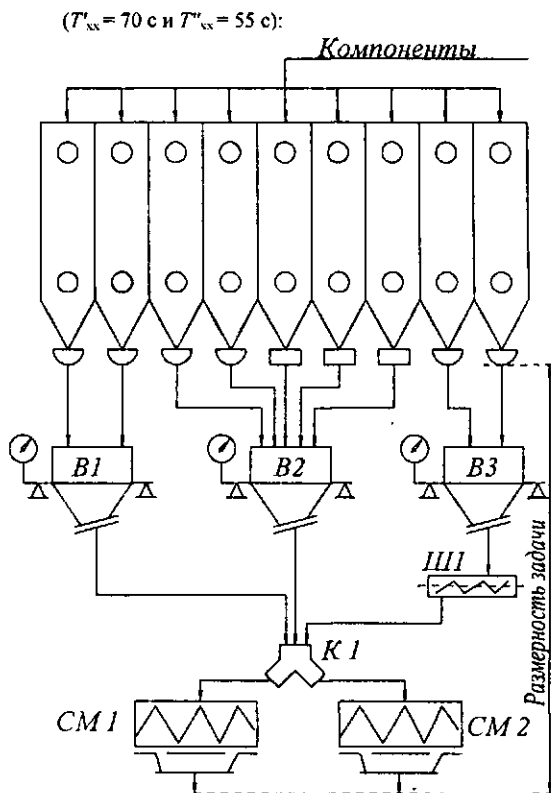


Рис. 5.36 Блок-схема дозирования-смешивания с тремя дозаторами и двумя смесителями, установленными параллельно:

$B1, B2, B3$  – дозаторы ДК-500, ДК-2500, ДК-200; Ш1 – шнек диаметром 320 мм;  
 $СМ1$  и  $СМ2$  – смеситель А9-БСГ-ЗД

Продолжительность начального цикла не изменилась –  $T_{\text{нц}} = 8$  мин 35 с, а установившегося цикла значительно сократилась и стала  $T_{\text{уц}} = 3$  мин 40 с. При этом вековой многокомпонентный дозатор ДК-2500 ( $B2$ ) не имеет излишних ожиданий. По существу, его работа задает ритм всей линии. Точки  $A, B, D, H, M$  – активные точки циклограммы. Они все находятся на строчке  $B2$ .

Смесители, напротив, имеют в каждом цикле весьма продолжительные холостые ходы.

Сменная производительность увеличилась в 1,56 раза. Следует отметить при этом, что такое значительное увеличение производительности, кроме добавления в схему смесителя и клапана, не потребует замены транспортного оборудования.

$$Q = S_q Q_{\text{сут}} = 3 \times 323,1 = 969,3 \text{ т/сут.}, \text{ или с округлением } 970 \text{ т в сутки.}$$

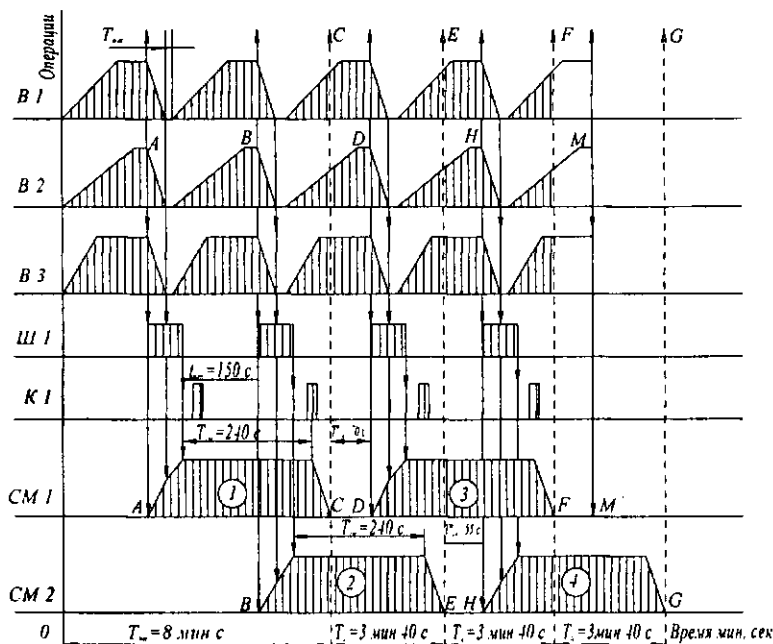


Рис. 5.37 Гомограмма технологического процесса линии дозирования-смешивания при установке в схеме смесителей параллельно

\*\*\*

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите виды предприятий комбикормовой промышленности.
2. Что собой представляет комбикорм? Чем он отличается от кормовых смесей?
3. Какие технологические линии наиболее распространены в схемах комбикормовых производств?
4. Какие схемы построения комбикормовых производств наиболее широко применяются на предприятиях?
5. Из каких элементов состоит линия пристра, очистки и хранения зернового сырья?
6. Как отделяются пленки с поверхности зерна овса и ячменя? Какое оборудование служит для этих целей?
7. Что собой представляет линия измельчения?
8. Как осуществляется дозирование компонентов для производства комбикормов?
9. Какими способами осуществляется смешивание компонентов в смесителях?
10. Какие операции входят в состав технологического процесса обработки кормовых отходов пищевых производств?
11. В чем состоят особенности линии подготовки соли, мела и другого минерального сырья?
12. Какие операции включает линия подготовки карбамида?
13. Какие особенности имеет линия подготовки премиксов?
14. В чем состоит важность влаготепловой обработки зерна?
15. Какие технологии влаготепловой обработки фуражного зерна используются в комбикормовых производствах?
16. Какие особенности имеют экструдирование и экспандирование зерна?
17. В чем состоят особенности линий ввода жидких кормовых добавок?
18. Какие перспективные технологии производства комбикормов могут быть использованы на комбикормовых производствах в ближайшее время?
19. Как рассчитать поточно-технологическую линию комбикормового цеха или предприятия?
20. В чем состоит графо-аналитический метод циклограмм при расчете показателей работы линий?





В науке задача, надлежащим образом поставленная, более чем наполовину решена. Процесс умственной подготовки, необходимый для выяснения того, что существует определенная задача, часто отнимет больше времени, чем само решение задачи.  
*СОДДИ ФРЕДЕРИК (1877–1956), английский радиохимик*

## Глава 6

# ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В МАШИНАХ И АППАРАТАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

Технологические линии пищевых и перерабатывающих отраслей АПК предназначены для преобразования сельскохозяйственного сырья в пищевую продукцию. На вход любой линии подается исходное сырье, обладающее определенными свойствами, а с линии в результате ее функционирования сходит готовая продукция с другими, новыми показателями. Для пищевых технологий характерно исключительное многообразие свойств сырья, полуфабрикатов и готовых пищевых продуктов.



Думать – самая трудная работа; вот, вероятно, почему этим занимаются столь немногие.  
*ФОРД ГЕНРИ (1863–1947), американский промышленник, один из основателей автомобильной промышленности США*

### 6.1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИЩЕВЫХ СРЕД

Условия переработки сельскохозяйственного сырья и получения продуктов питания, конструкции рабочих органов машин и аппаратов, оптимальные режимы их функционирования определяются совокупностью физико-химических и биохимических свойств пищевых сред. Можно выделить две группы свойств, общих для пищевых сред: показатели качества продуктов питания и показатели технологических свойств сырья и полуфабрикатов на всех стадиях технологического процесса.

**Показатели качества продуктов питания.** Эти показатели характеризуют потребительские свойства продуктов, основные из которых – пищевая ценность, доброкачественность и благоприятное воздействие на органы чувств человека.

Пищевая ценность определяется калорийностью и биологической полезностью продукта питания и зависит от содержания в нем полезных веществ: белков, жиров, углеводов, витаминов, микроэлементов и др.

Доброкачественность пищевой продукции – это безусловная безвредность ее при употреблении в пищу. Доброкачественность обеспечивается либо путем отбраковки негодной продукции, либо очисткой сырья и полуфабрикатов от посторонних примесей. Если по результатам лабораторных анализов установлено, что в сырье или продукции содержатся вредные вещества, например ядовитые химические соединения, болезнетворные микроорганизмы и т.п., то такое сырье или продукция подлежат отбраковке.

В любом пищевом производстве значительная часть технологических операций связана с отделением полезных веществ обрабатываемой среды от посторонних примесей, например неорганических частиц почвы, остатков скелетных структур растений и животных. Продукция признается годной, если содержание в ней посторонних примесей не превышает установленных норм.

Во время потребления пищевой продукт оказывает воздействие на основные внешние чувства человека: зрение, обоняние, осязание, слух, а также может вызывать боль.

Эстетика пищевых продуктов – это красота формы и цвета изделий, а также их художественная отделка. При визуальном восприятии жидких пищевых продуктов особое внимание обращается на их цвет и прозрачность, а продукция в виде твердых тел характеризуется геометрическими размерами, формой, блеском, эстетичностью внешнего вида и др.

Вкусовые качества продуктов питания определяются органолептическими свойствами: сладостью, свежестью, запахом, консистенцией и др. При потреблении пищевой продукт вызывает у человека следующие ощущения: мягкость и твердость, нежность и прочность, шероховатость и зернистость, сочность и хруст и т. п. Комплекс этих ощущений и обуславливает предпочтение потребителем данного пищевого продукта или отказ от него.

**Показатели технологических свойств сырья и полуфабрикатов.** При функционировании линии осуществляется последовательное выполнение технологических операций, направленных на преобразование потребительских свойств исходного сырья в потребительские свойства готовой продукции. Однако в процессе преобразования этих потребительских свойств на первый план выступают показатели технологических свойств сырья и полуфабрикатов, которые определяют условия проведения каждой конкретной технологической операции. Технологические показатели свойств пищевых сред формируются под влиянием особенностей сельскохозяйственного производства сырья растительного и животного происхождения. Такими показателями, прежде всего, являются структурно-механические и теплофизические, а также биохимические характеристики этих пищевых сред.

*Структурно-механические свойства пищевых сред.* Эти свойства можно классифицировать по характеру приложения к продукту внешних усилий и вызываемым ими деформациям: сдвиговые свойства проявляются при воздействии касательных усилий, компрессионные – при воздействии нормальных усилий и поверхностные – при сдвиге или отрыве продукта от твердой поверхности. При этом поверхностные явления, возникающие в межфазных разделах дисперсных гетерогенных систем и характеризующие внутреннюю структуру продукта, в последней группе свойств рассматриваются только частично. В каждой группе свойств может существовать множество показателей: вязкость, пределы текучести, периоды релаксации, модули упругости, коэффициенты внешнего трения и т.п.

Рассмотрим основные признаки пищевых сред (сырья, полуфабрикатов и продукта), которые могут быть положены в основу их классификации, учитывающей в первую очередь главный фактор – реакцию объектов переработки на внешние механические воздействия.

Большинство пищевых сред представляют собой дисперсные системы. При всем разнообразии пищевых продуктов на разных стадиях их технологий они, как

правило, гетерогенны, т.е. характеризуются наличием поверхности раздела между различными фазами (твердыми, жидкими и газообразными).

Преимущественное значение среди дисперсных систем, нашедших применение в пищевой промышленности, имеют системы, содержащие твердые фазы. Однако в пищевой промышленности находят применение также и дисперсные системы, образуемые сочетанием в различных соотношениях жидких и газообразных фаз. Сюда относятся, в частности, все виды эмульсий, пен, газированных жидкостей и т.п.

Особый интерес представляют такие пищевые дисперсные системы, межфазная поверхность которых сильно развита, а концентрация твердой фазы в жидкой или газовой среде достаточно велика. Такие системы находят очень широкое применение в пищевой промышленности, а процессы, связанные с их преобразованием, занимают значительное место в современных технологиях продуктов питания. К числу таких систем относятся все виды высокодисперсных порошков (сахарная пудра, мука, крахмал, порошок какао, сода, сухая патока и т.п.), высококонцентрированные двух- и трехфазные системы (пасты и суспензии, мучное тесто, шоколадные и конфетные массы, мясные фарши, сбивные кондитерские массы и тому подобные пищевые среды).

Вместе с тем большинство сырьевых пищевых материалов, полуфабрикатов и готовых продуктов также являются высококонцентрированными дисперсными системами с сильно развитой межфазной поверхностью (микрогетерогенность). Сильно развитая межфазная поверхность и высокая концентрация дисперсной фазы характерна, например, для таких резко различающихся по своим потребительским свойствам продуктов, как сыры и творожные массы, все виды овощей, мясные продукты, хлеб и мучные кондитерские изделия и т.п.

Свойства высококонцентрированных микрогетерогенных дисперсных систем определяются свойствами образующихся в них структур. Возникновение таких структур в дисперсных системах есть результат сильно развитой межфазной поверхности и высокой концентрации дисперсных фаз. Вследствие увеличения концентрации и дисперсности твердых фаз в жидких и газовых дисперсионных средах соответственно возрастает величина активной межфазной поверхности, а вместе с тем растет и свободная поверхностная энергия на границе раздела фаз и, следовательно, увеличивается роль молекулярных сил сцепления между частицами. В результате проявления молекулярных сил сцепления частиц друг с другом в высококонцентрированных микрогетерогенных системах самопроизвольно возникают агрегаты из частиц и пространственные трехмерные структуры.

Главный фактор, определяющий поведение таких структур в условиях воздействия на них внешних сил, есть соотношение между сцеплением частиц дисперсных фаз в структуре и интенсивностью внешних механических воздействий на дисперсные системы. Отсюда следует, что прочность (или энергия) связей, характеризующая величину сил сцепления между частицами, и число таких связей в единице объема структуры, с одной стороны, и интенсивность (мощность) механического воздействия на структуру, образованную сцеплением частиц дисперсных фаз в жидких или газовых дисперсионных средах, с другой стороны, есть фактор, составляющий основу для строгого физического подхода к определению параметров внешних механических воздействий на структурированные пищевые дисперсные системы, обрабатываемые в машинах и аппаратах с внешним подводом механической энергии.

Прочность связей (контактов) между частицами твердых фаз зависит от физико-химической природы поверхности частиц и дисперсионной среды. В соответствии с представлениями физико-химической механики и физико-химии дисперсных систем в дисперсных системах возникают в основном структуры трех типов в зависимости от вида контактов между частицами твердых фаз:

I тип – структуры с непосредственными точечными (атомными) контактами, образующимися в высокодисперсных порошках;

II тип – структуры с так называемыми коагуляционными контактами. Они образуются между частицами твердых фаз, разделенными прослойками жидкой дисперсионной среды, равновесная фиксированная толщина которых соответствует минимуму свободной поверхностной энергии;

III тип – структуры конденсационные (кристаллизационные) с истинными фазовыми контактами, образующимися после отверждения прослойки между частицами твердых фаз (в результате кристаллизации или полимеризации), при спекании или пластической деформации частиц (при прессовании порошков).

Контакты I и II типа характеризуются полной обратимостью, т.е. восстанавливаются после разрушения практически до первоначального уровня по прочности. Структуры с контактами III типа разрушаются необратимо под действием внешних сил и возникающих от них напряжений. Обратимые по прочности структуры с контактами «точечного» и коагуляционного типа играют важнейшую роль в массообменных процессах в пищевых дисперсных системах. Дело в том, что процесс структурообразования протекает, как правило, в несколько периодов, причем начальный период характеризуется преобладанием структур с обратимыми по прочности контактами I или II типа, а завершается формированием структуры возникновением необратимо разрушающихся истинных фазовых контактов (контакты III типа). В процессах механической обработки пищевых дисперсных систем приходится иметь дело с необходимостью разрушения дисперсных структур, образуемых практически всеми типами контактов между частицами дисперсных фаз.

Таким образом, при всем огромном разнообразии пищевых сред условия их переработки с применением различных механических воздействий зависят от того, какой тип структуры является преобладающим, какова энергия (прочность) связей между частицами, каковы деформативные свойства частиц и контактов между ними, а также число связей между частицами, т.е. контактов в единице объема структуры.

Основными физическими характеристиками, определяющими реакцию пищевых дисперсных систем на механические воздействия, являются реологические свойства сырья, полуфабрикатов и готовых изделий.

При обработке (течении) неньютоновских (аномально-вязких) жидкостей, к которым относится большинство пищевых масс, преимущественно проявляются сдвиговые свойства, их вязкость не остается величиной постоянной; она зависит от напряжения сдвига и градиента скорости. Тогда пользуются понятием «эффективная вязкость», которая вычисляется для фиксированных значений напряжения и градиента скорости:

$$\mu_{эф} = \theta / \dot{\gamma},$$

где  $\mu_{эф}$  – эффективная вязкость, т.е. мера сопротивления течению жидкости, Па·с;  $\theta$  – напряжение сдвига, т.е. сопротивление тела действию приложенной силы, Па;  $\dot{\gamma}$  – скорость сдвиговой деформации, т.е. первая производная от относительной деформации слоев тела при сдвиге, с<sup>-1</sup>.

Эффективная вязкость является итоговой характеристикой среды, которая описывает равновесное состояние между процессами разрушения и восстановления структуры в установившемся потоке.

Компрессионные свойства пищевых сред проявляются в замкнутом объеме при воздействии на них нормальных усилий. При этом основное внимание следует уделить упруго-пластическим, прочностным свойствам, закономерностям изменения плотности среды от давления, процессам релаксации напряжений в среде и ее ползучести.

К этой группе технологических свойств пищевых сред следует также отнести адгезию, или прилипание. Это явление возникает при контакте двух разнородных тел, которое происходит на границе раздела фаз. Адгезия относится к поверхностным явлениям и обусловлена свойствами границы раздела фаз, в частности поверхностной энергией. Она характеризует связь между двумя телами. Адгезия возникает при контакте двух твердых тел, а также при контакте жидкостей с твердыми телами. Она определяет связь пищевых сред с поверхностями технологического оборудования (рабочие органы машин, стенки емкостей машин и аппаратов, поверхности конвейеров, входящие в контакт с пищевой средой, внутренние поверхности трубопроводов и т.д.) и выступает как сопутствующее явление по отношению практически ко всем пищевым средам (сырью, полуфабрикатам, готовому продукту).

Величина адгезии зависит от площади контакта между двумя телами и величиной связи между ними, приходящейся на единицу площади контакта.

В подавляющем большинстве (но не во всех) технологических процессов адгезия рассматривается как отрицательное явление, и инженеры разрабатывают пути снижения адгезии пищевых сред.

Пищевые среды (включая сырье, полуфабрикаты и продукт) в зависимости от состава, дисперсного строения и структуры обладают различными реологическими свойствами и текстурными отличительными признаками (табл. 6.1).

Образование и изменение структур пищевых сред, обусловленное технологическими процессами, приводит к формированию высококонцентрированных дисперсных систем, обладающих наиболее сложными реологическими свойствами (табл.6.2 и 6.3).

*Теплофизические свойства пищевых сред.* Пищевые среды имеют свойства коллоидных капиллярно-пористых тел (тесто, хлеб, зерно, кондитерские изделия и др.), свойства коллоидных тел, гидрофильных в виде растворов, гелей и студней, и свойства кристаллических тел (сахар, соль).

Исходное сырье при переработке в конечные продукты подвергается процессам охлаждения и нагревания, сушки и увлажнения, воздействию сильных электрических полей и различных излучений: инфракрасного, полей СВЧ, ультрафиолетового.

Теплофизические свойства пищевых сред обусловлены молекулярными взаимодействиями с окружающей средой по внешней и внутренней поверхности раздела фаз и процессами коагуляции и желирования (например, мармелад).

По величине молекулярных сил сцепления все тела делят на две группы: тела, обладающие малой молекулярной концентрацией – малыми молекулярными силами сцепления (пары и газы), и тела, обладающие значительными силами молекулярного сцепления (жидкости и твердые тела). Часто жидкости называют предельно сгущенными газами.

У жидких и твердых тел силы молекулярного сцепления примерно одинаковы, и различие между твердым телом и жидкостью определяется дальним или ближним порядком расположения структурных ячеек (атомов, ионов, молекул).

Таблица 6.1 Классификация пищевых сред по реологическим свойствам и текстурным признакам

Пищевая среда (сырье, полуфабрикат, продукт)	Дисперсная система	Типичные реологические свойства	Типичные текстурные признаки
Вода, спирт, масло растительное	Чистая жидкость	Ньютоновская вязкость	Водянистый, жидкий
Расплавленные жиры (какао-масло)	Чистый расплав	Преимущественно ньютоновская вязкость	Жидкий, густой, маслянистый
Солевые и сахарные растворы, экстракты, пиво, напитки	Истинный раствор	То же	Жидкий, густой, слизистый
Белковые растворы, мутные фруктовые и ягодные соки	Коллоидный раствор	Ньютоновская вязкость, возможны вязкоупругость, тиксотропия	Жидкий, густой, слизистый
Суспензии (какао, фруктовые и овощные соки, супы), эмульсии (молоко, сливки, майонез)	Жидкообразная	Ньютоновская и неньютоновская вязкость, тиксотропия, вязкоупругость	Жидкий, густой, кремообразный, тягучий, клейкий
Фруктовое пюре (яблочный мусс, ореховый мусс), творог, фарш	Пастообразная	Неньютоновская вязкость, тиксотропия, реопексия, вязкоупругость	Густой, клейкий, кашеобразный, резинообразный, слизистый, тягучий
Масло животного, пенная масса, желе, тесто, йогурт, паштет, картофельное пюре	Связанная мягкая	Пластичная вязкость, обратимая и необратимая тиксотропия, упрутость, вязкоупругость	Мягкий, мажущийся, скользкий, кремообразный, пастообразный, клейкий, эластичный
Мягкий хлеб, вареная колбаса, вареный картофель	Связанная полутвердая	Упрутость, пластичная вязкость, вязкоупругость	Мягкий, крепкий, резинообразный, вязкий
Свежие яблоки, груши, картофель, огурцы, мясо, хлебобулочные изделия длительного хранения, шоколад, конфеты	Прочная	Упрутость, пластичная вязкость, вязкоупругость	Мягкий, прочный, хрупкий, ломкий, вязкий
Карамель, зерно, ядра орехов, макаронные изделия, морковь	Твердая	Упрутость, твердость, высокая текучесть и прочность, хрупкость	Крепкий, твердый, хрупкий, ломкий, стекловидный

Таблица 6.2 Типы дисперсных систем пищевых сред

Пищевая среда (сырье, полуфабрикат, продукт)	Дисперсионная среда	Дисперсная фаза	Дисперсная система
Экстракт кофе при распылительной сушке	Газ	Жидкость	Жидкий аэрозоль
Мука при пневмотранспортировании		Твердое тело	Твердый аэрозоль
Белковая пена Молоко, майонез Какао-масло Фруктовый сок	Жидкость	Газ Жидкость Твердое тело	Пена Эмульсия Золь Суспензия
Мороженое, безе, сухари	Твердое тело	Газ	Твердая пена, пористое твердое тело
Масло, маргарин, овощи, фрукты		Жидкость	Твердая эмульсия Пористое твердое тело, заполненное жидкостью
Макаронные изделия, шоколад		Твердое тело	Твердая суспензия

Таблица 6.3 Сложные дисперсные системы пищевых сред

Пищевая среда (сырье, полуфабрикат, продукт)	Дисперсная фаза	Дисперсионная среда
Шоколад	Кристаллы сахара, твердые частицы какао, пузырьки воздуха	Кристаллическая форма какао-масла
Мороженое	Пузырьки воздуха, капельки жира, белковые макромолекулы	Кристаллическая водянистая фаза
Овощи, фрукты, картофель, зерно, масличные семена	Капельки жидкости, пузырьки воздуха, крахмальные зерна	Целлюлоза, белковая оболочка
Макиш хлеба	Пузырьки воздуха, частично кристаллические молекулы крахмала, частицы отрубей	Крахмальный и белковый гель
Мясо	Капельки жидкостей, кости, капельки жира	Белковые макромолекулы

Деление пищевых сред на твердые и жидкие условно, так как процессы, протекающие в них, происходят с изменением агрегатного состояния всего тела или отдельных составляющих его (переход жидкости в пар, конденсация пара в жидкость, кристаллизация, сублимация и т.д.)

Для оценки тепловых свойств пищевых сред преимущественно используют следующие величины, называемые теплофизическими характеристиками:

$c$  – удельная теплоемкость среды, которая характеризует интенсивность изменения температуры тела при его нагревании или охлаждении, Дж/(кг·К);

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности, который характеризует способность тела проводить тепло, Вт/(м·К);

$\alpha$  – коэффициент температуропроводности, который характеризует теплоинерционные свойства пищевых сред или скорость выравнивания температуры (продвижения изотермы) в различных точках температурного поля, м<sup>2</sup>/с.

Эти теплофизические характеристики связывает зависимость

$$c = \lambda / (\alpha \rho),$$

где  $\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>.

Закономерности перемещения тепла и влаги в коллоидных капиллярно-пористых телах (влажных средах) должны учитывать связи влаги с материалом, так как с изменением характера связи влаги изменяются физические свойства тела. Все влажные среды можно разделить на три типа:

I тип – коллоидные тела – это эластичные гели, которые при удалении влаги значительно изменяют свои размеры (сжимаются), но сохраняют свои эластичные свойства;

II тип – капиллярно-пористые тела или, как их часто называют, хрупкие гели -- это такие среды, которые при удалении влаги становятся хрупкими, мало сжимаются и могут быть превращены в порошок;

III тип – коллоидные капиллярно-пористые тела – среды, обладающие свойствами двух первых тел; стенки их капилляров эластичны и при поглощении влаги изменяются (мука, крахмал, зерно и т.п.).

Коллоидные тела обладают огромной внутренней поверхностью, поэтому отличаются большой адсорбционной способностью: они адсорбируют на своей поверхности ионы электролитов, молекулы растворителя и т.д. Вследствие адсорбции ионов коллоидная частица имеет определенный заряд. Коллоидная частица с адсорб-

ционным слоем и зарядом называется мицеллой. Жидкость может находиться на поверхности мицеллы, а также проникать внутрь ее.

Эластичные гели поглощают наиболее близкие по полярности жидкости, при этом они увеличивают свои размеры – набухают.

По классификации П.А. Ребиндера различают следующие формы связи влаги с материалом: химически связанную влагу, адсорбционную, капиллярную и влагу набухания.

Химически связанная – это влага, наиболее прочно связанная с материалом. Она не удаляется из материала при его тепловой сушке.

Адсорбционная влага – это жидкость, удерживаемая молекулярным силовым полем по лиофильным группам у поверхности раздела частиц (мицелл) с окружающей средой. Эта жидкость входит в общее количество влаги набухания. Адсорбционная влага прочно связана с материалом, ее иногда называют связанной влагой. Адсорбционная влага перемещается в виде пара, т.е. жидкость, адсорбированная на внутренних поверхностях, испаряется и затем диффундирует в виде пара.

Капиллярная влага – это влага, находящаяся в узких порах материала – капиллярах. Влага микрокапилляров заполняет капилляры, средний радиус которых меньше  $10^{-7}$  м. Жидкость может заполнять любые микрокапилляры не только при непосредственном соприкосновении с нею, но и путем сорбции из влажного воздуха. Влага макрокапилляров находится в капиллярах, средний радиус которых больше  $10^{-7}$  м. В капиллярно-пористых телах перемещение влаги происходит в виде жидкости и в виде пара. Для пищевых сред в процессах сушки, увлажнения, выпечки и др. следует учитывать характер связи влаги с материалом, так как с изменением вида связи могут изменяться физические свойства материала.

Влага набухания – структурная влага, поглощаемая сложно построенной мицеллой. Влага набухания состоит из влаги осмотической и иммобилизованной (захваченной при формировании структуры тела).

Теплофизические свойства определенной пищевой среды зависят от ее агрегатного состояния. В процессах сублимации, испарения, нагрева, кристаллизации пищевые среды имеют свойства жидких, твердых и газообразных тел, и переход из одного агрегатного состояния в другое может сопровождаться изменением теплофизических характеристик.

*Биохимические свойства пищевых сред.* Вся продукция растениеводства, животноводства, а также морепродукты есть живые организмы. При их развитии и формировании белки, жиры, углеводы и микроэлементы накапливаются и распределяются по анатомическим частям согласно индивидуальным природным особенностям того или иного организма.

Биохимические свойства пищевых сред определяются не только его химическим составом и распределением химических веществ по анатомическим частям, но и активностью ферментов. В процессах хранения и переработки биохимические свойства пищевых сред могут существенно изменяться благодаря воздействию тепла и влаги. Клетка растительного или животного сырья с термодинамической точки зрения является открытой системой. Поэтому обмен с окружающей средой ведет к распаду одних и синтезу других веществ. Эти процессы регулируются ферментной системой, их интенсивность зависит от влажности, температуры и кислотности пищевой среды.



Итак, реологические свойства, текстура, теплофизические и биохимические характеристики пищевых сред определяют закономерности взаимосвязи и взаимозависимости между совокупностью воздействий (механических, гидромеханических, термических, биохимических и др.) рабочих органов и рабочих сред машин и аппаратов, составляющих линию, и реакциями на эти воздействия сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. Именно эти закономерности определяют параметры технологических процессов и конструкцию рабочих органов машин и аппаратов.

В заключение этого параграфа необходимо сказать, что исторически создание техники пищевых производств шло по пути адаптации конструкций машин и аппаратов к технологическим свойствам пищевых сред. Сегодня становится очевидным, что возможности такой адаптации во многом исчерпаны. Наступает период адаптации технологических свойств пищевых сред путем селекционной работы и методами генной инженерии к техническим возможностям пищевых технологий. Эта адаптация должна привести к значительному упрощению как машинных технологий в целом, так и конструкций отдельных машин и аппаратов.

Таким образом, если процесс создания новой, прогрессивной техники для пищевых производств рассматривать как процесс управления конструкциями машин и аппаратов и приспособления их к технологическим свойствам обрабатываемых пищевых сред, то создание новых сортов растений и пород животных, обладающих необходимыми технологическими свойствами, есть проблема управления этими свойствами.

В настоящее время эта проблема является важнейшей и останется таковой в обозримом будущем. Вот почему инженеры-механики совместно с технологами и специалистами по автоматизации пищевых производств должны не только создавать новую технику, но и формулировать свои требования к технологическим свойствам пищевых сред и работать в тесном контакте со специалистами сельского хозяйства.



Эйнштейн был не только гений, он был еще и прекрасный, очень добрый человек... Он был готов в любой момент помочь людям, какие бы трудности ни вставали на их пути.  
*БОР НИЛЬС (1885–1962), датский физик*

## 6.2 СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В МАШИНАХ И АППАРАТАХ

Исходя из функционально-технологического принципа целесообразна следующая систематизация процессов в оборудовании, входящего в состав линий пищевых производств, представленная на рис. 6.1.

В этой систематизации машины и аппараты пищевых производств представлены в виде преобразователей пищевых сред (оборудование для ведения механических и гидромеханических процессов, тепло-массообменных процессов и биотехнологических процессов) и непреобразователей пищевых сред (оборудование для упаковки пищевой продукции).

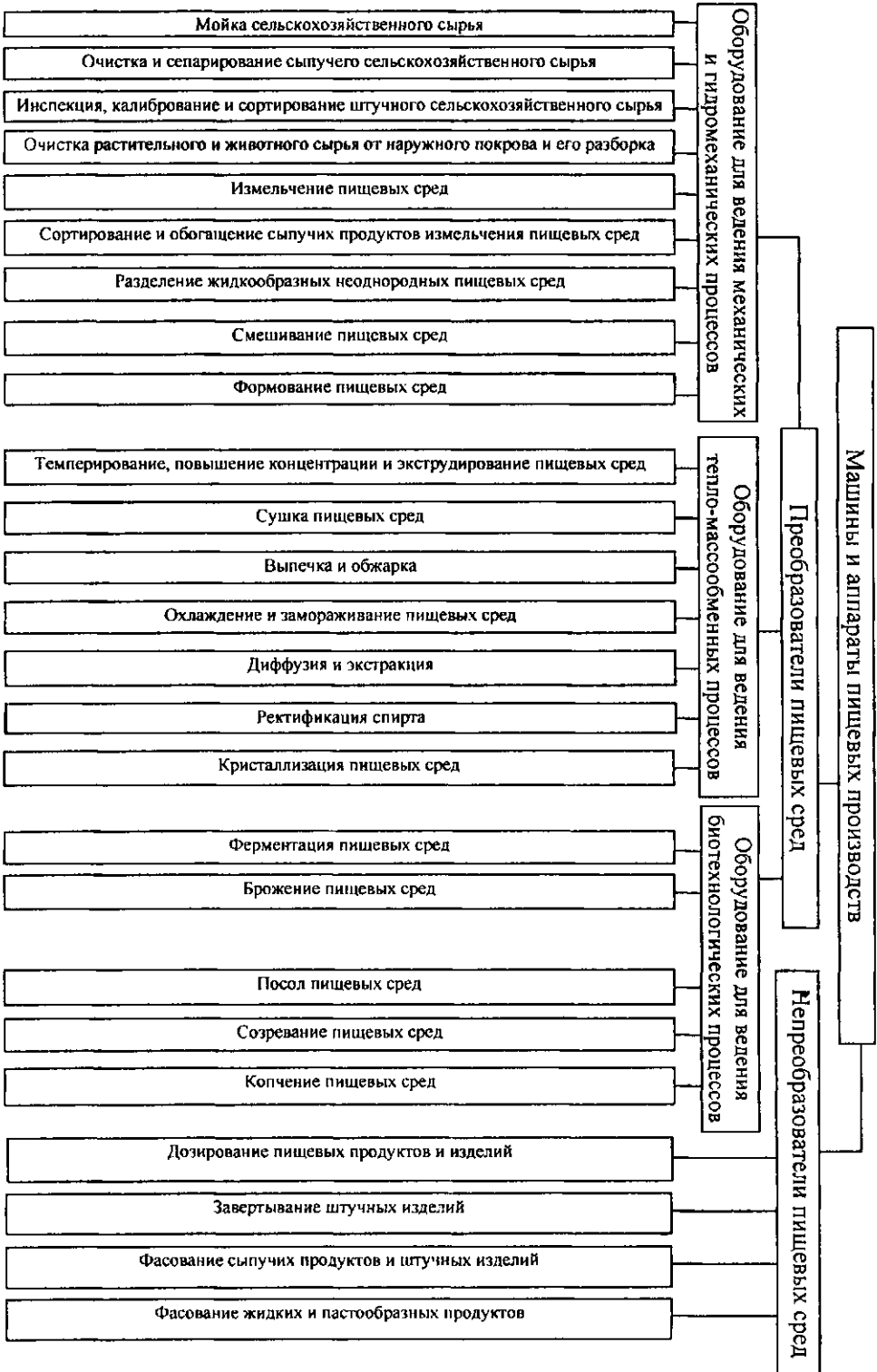


Рис. 6.1 Систематизация процессов в машинах и аппаратах

**Оборудование для ведения механических и гидромеханических процессов:**

мойки сырья (зерна, сахарной свеклы, плодов и овощей, туш животных);  
очистки и сепарирования зерна (скальператоры и камнеотборники, воздушно-ситовые сепараторы и просеиватели, триеры, падди-машины, воздушные и магнитные сепараторы и т.п.);

инспекции, калибрования и сортирования плодов и овощей (инспекционные транспортеры, калибровочные и сортировочные машины и т.п.);

очистки растительного и животного сырья от наружного покрова и его разборки (обочные и щеточные машины, машины для шелушения и шлифования зерновых культур, бичерушки, гребнеотделители, машины для очистки картофеля и корнеплодов, машины для отделения шелухи и плодоножек, протирачные машины, машины для снятия шкур с животных и для снятия оперения с птиц, разделочное оборудование тушек птицы и рыбы и т.п.);

измельчения пищевого сырья (вальцовые станки, дробилки, мельницы, резательные машины и свеклорезки, плющильные машины, мясорубки, волчки и куттеры, гомогенизаторы и т.п.);

сортирования и обогащения сыпучих продуктов измельчения пищевого сырья (рассева и ситовые машины, вымольные машины и виброцентрофугалы, энтолейторы и деташеры, дробильно-сортировочные машины и т.п.);

разделения жидкообразных неоднородных пищевых сред (отстойники, центрифуги, сепараторы, фильтры и фильтрующие устройства, мембранные модули и аппараты, маслоизготовители и маслообразователи, прессы и т.п.);

смешивания пищевых сред (мешалки для жидких пищевых сред, месильные машины для высоковязких пищевых сред, машины и аппараты для образования пенообразных масс, смесители для сыпучих пищевых сред и т.п.);

формования пищевых сред (отливочные и шампующие машины, машины для формования пластичных масс выпрессовыванием и формования в оболочке, отсадочные, раскаточные и округлительные машины, машины для нарезания заготовок и формования сыпучих материалов).

**Оборудование для ведения тепло- и массообменных процессов:**

темперирования, повышения концентрации и экструдирования пищевых сред (аппараты для темперирования и повышения концентрации пищевых сред, выпарные аппараты и установки, развариватели крахмалосодержащего сырья, фруктов и овощей, заторные и суслотоварочные аппараты, ошпариватели и бланширователи для фруктов и овощей, автоклавы, пастеризаторы и стерилизаторы, экструдеры и т.п.);

сушки пищевого сырья (шахтные и рециркуляционные зерносушилки, вращающиеся барабанные сушильные агрегаты, паровые конвейерные сушилки, сушильные установки с кипящим и фонтанирующим слоями, распылительные сушилки, сублимационные и вакуумные сушилки, СВЧ- и ТВЧ-сушилки и т.п.);

выпечки и обжарки (канальные печи с рециркуляцией продуктов сгорания, печи с пароводяным, паровым и комбинированным обогревом, печи со сжиганием газа в пекарной камере и с электрообогревом, жаровни и обжарочные аппараты, оборудование для шпарки и опаливания, аппараты для варки и запекания, СВЧ-установки и т.п.);

охлаждения и замораживания пищевых сред (охладители-дозаторы и желатинезаторы, камеры охлаждения и морозильные аппараты, фризеры и льдогенераторы, устройства для замораживания в азоте);

ведения процессов диффузии и экстракции (ленточные, колонные и шнековые экстракторы, установки для получения диффузионного сока, аппараты для экстракции настоек, морсов, бульонов и желатина и т.п.);

кристаллизации пищевых сред (помадосбивальные машины, кристаллизаторы-охладители, маслоизготовители и маслообразователи и т.п.);

ректификации спирта (брагоперегонные и ректификационные установки, браго-ректификационные установки непрерывного действия, установки для получения абсолютного спирта).

**Оборудование для ведения биотехнологических процессов:**

солодоращения и получения ферментных препаратов (солодорастильные установки, дрожжевые и дрожжерастильные аппараты, ферментаторы и биореакторы и т.п.);

спиртового брожения (аппараты для брожения и дображивания пива, оборудование для сбраживания суслу в производстве спирта и вина, для брожения квасного суслу, агрегаты для брожения опары и теста);

молочнокислого брожения (оборудование для сквашивания капусты, свертывания молока, получения заквасок, аппараты для производства кисломолочных напитков);

посола мяса и рыбы (смесители для посола мяса, комплексы оборудования для приготовления мясного фарша, оборудование для посола рыбы и т.п.);

созревания мяса, молока, сливок и сыра (машины для массирования мяса, унифицированные напольные тележки, механизированные стеллажи, сливкосозревательные ванны и танки для посола и мойки сыра и т.п.);

копчения мяса и рыбы (автокоптилки и коптильные установки, универсальные и автоматизированные термокамеры, термоагрегаты и дымогенераторы и т.п.).

**Оборудование для упаковывания пищевой продукции:**

оборудование для дозирования пищевых продуктов и изделий;

машины для завертывания штучных изделий (карамели, конфет и ириса с двусторонней перекрыткой концов этикетки; карамели и конфет с заделькой концов этикетки «в уголок»; шоколадных плиток в конверт и др.);

машины для группового завертывания штучных изделий (для предварительной укладки таблеток, кусков сахара, печенья, вафель в пачки и завертки их в этикетку, подвертку, целлофан или полиэтиленовую пленку);

оборудование для фасования сыпучих продуктов и штучных изделий (муки, какао-порошка, сахара-песка, сушек, пряников, печенья, карамели, замороженных овощей, плодов и фруктов, пищевых концентратов и других изделий с последующей их упаковкой в коробки, этикетки, целлофан или полиэтиленовую пленку);

машины для фасования жидких и пастообразных продуктов, плодоовощных и мясных консервов (молока и молочных продуктов; винно-водочных и пивобезалкогольных напитков, соков, наст, консервов и других продуктов в стеклянные или пластмассовые банки и бутылки, бумажные пакеты, пластмассовую пленку и др.).

Таким образом, оборудование пищевых производств чрезвычайно разнообразно по назначению и конструкторским решениям технологических задач. Необходимо подчеркнуть, что все это разнообразие машин и аппаратов определяется, с одной стороны, многообразием технологических свойств сельскохозяйственного сырья растительного и животного происхождения, а с другой – многообразием потребительских свойств готовых продуктов.



Не подлежит никакому сомнению, что ни в науке, ни в практической жизни никогда не следует останавливаться перед авторитетами, каковы бы они ни были.  
**МЕЧНИКОВ ИЛЬЯ ИЛЬИЧ (1845–1916),**  
русский биолог и патолог

### 6.3 ПРОЦЕССЫ В МАШИНАХ И АППАРАТАХ БУДУЩЕГО

Совокупность процессов в машинах и аппаратах технологической линии есть, по существу, один большой процесс (поток). Несмотря на разнообразие технологий и машинно-аппаратурного оформления, общим для различных линий является то, что в них организован и функционирует непрерывный технологический поток преобразования исходного сырья в продукт. Такой поток имеет свои закономерности, которые необходимо знать, чтобы создавать высокоэффективные технологические линии. Конструкторское решение линии в целом должно определять конструкции отдельных машин и аппаратов. Отвлекаясь от конкретных технологий, рассмотрим строение и форму технологической операции и технологического потока, т.е. их морфологию.

**Морфология технологической операции.** Технологический поток состоит из различных технологических операций преобразования исходного сырья и процессов транспортирования его и промежуточных продуктов между операциями. Собственно технологические операции выполняют две функции: обработку объекта (технологический процесс) и подачу объекта обработки в рабочую зону (транспортный процесс). Комбинация технологического и транспортного процессов приводит к формированию четырех классов операций, предложенных Л.Н. Кошкиным.

В операциях I класса (рис. 6.2, а, б) технологическая обработка массы происходит только после завершения транспортной операции (подачи заготовки в рабочую зону), и наоборот, т.е. один процесс прерывается другим. Это операции дискретного действия.

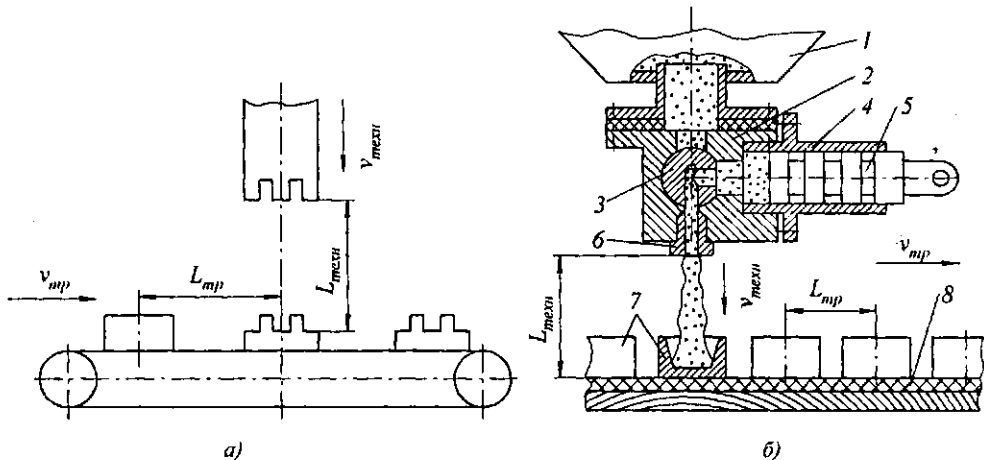


Рис. 6.2 Операция I класса:

а – схема операции; б – устройство для дозирования и формования массы в отливочной машине:  
1 – бункер; 2 – корпус отливочной головки; 3 – золотник; 4 – мерный цилиндр; 5 – поршень; 6 – насадка;  
7 – форма; 8 – ленточный конвейер

Производительность  $\Pi_1$  машин этого класса операций определяется длительностью  $T_{ц}$  всего технологического цикла обработки объекта.

Цикл включает в себя продолжительности технологического  $T_{техн}$  и транспортного  $T_{тр}$  процессов:

$$\Pi_1 = 1/T_{ц} = 1/(T_{техн} + T_{тр}) = 1/(L_{техн}/v_{техн} + L_{тр}/v_{тр}),$$

где  $L_{техн}$  и  $L_{тр}$  – значения технологического и транспортного перемещений;  $v_{техн}$  и  $v_{тр}$  – технологическая и транспортная скорости.

Чтобы повысить производительность машин, предназначенных для выполнения операций I класса, необходимо сократить продолжительность как технологического, так и транспортного процессов, т.е. как  $T_{техн}$ , так и  $T_{тр}$ . Значения технологического и транспортного перемещений полностью определяются геометрическими размерами заготовок, поэтому уменьшение времени на выполнение технологического и транспортного процессов может быть достигнуто только увеличением соответствующих скоростей. Повышение же транспортной скорости ограничивается допустимыми значениями ускорений движения исполнительных органов машин, а увеличение технологической скорости – ее допустимыми значениями, определяемыми физико-механическими, теплофизическими и биохимическими свойствами, т.е. технологическими свойствами обрабатываемого материала. Эти обстоятельства и являются тормозом в повышении выпуска изделий машинами, реализующими операции I класса.

Таким образом, производительность машин, реализующих операции I класса, определяется продолжительностью  $T_{техн}$  технологического процесса, продолжительностью  $T_{тр}$  транспортирования обработанного продукта в машине.

Следовательно, длительность цикла  $T_{ц}$  обусловлена технологическими параметрами операции и динамическими возможностями механизма перемещения продукта в зону обработки и из нее. Таким образом, производительность в каждом конкретном потоке для каждой конкретной операции задана однозначно и не может быть выбрана из условий экономической окупаемости производительности. По этой причине на базе операций I класса нецелесообразно компоновать машины и аппараты в автоматические линии (линии будущего). Другими словами, при компоновке таких линий обязательно окажется, что значение технологических  $L_{техн}$  и транспортных  $L_{тр}$  перемещений, а также технологических  $v_{техн}$  и транспортных  $v_{тр}$  скоростей разных операций в потоке будут различны. Неодинаковыми окажутся и циклы операций  $T_{ц}$ , что обусловит различную производительность машин и аппаратов в потоке. Поэтому условие равной производительности, необходимое для объединения различных операций I класса в единый поток, не выполняется. Одинаковая производительность машин в таких линиях может быть лишь результатом случайного совпадения значений технологических параметров на разных операциях. Вероятность такого совпадения при более или менее значительном числе операций чрезвычайно мала. Итак, технологические операции I класса не могут служить основой для создания высокоэффективных линий.

Для операций II класса (рис. 6.3, а, б) характерно совпадение во времени транспортного и технологического процессов. Транспортный процесс становится непрерывным, а транспортная  $v_{тр}$  и технологическая  $v_{техн}$  скорости равны между собой.

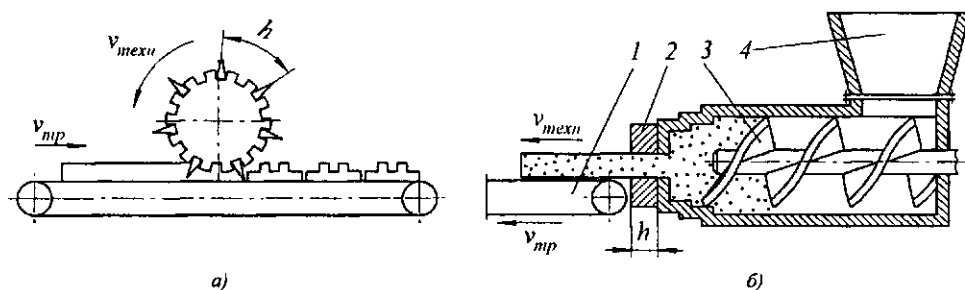


Рис. 6.3 Операция II класса:  
а – схема операции; б – устройство для формирования массы шнековым нагнетателем;  
1 – ленточный конвейер; 2 – матрица; 3 – шнек; 4 – бункер

Производительность  $\Pi_{II}$  машин, реализующих операции II класса, определяется длительностью цикла  $T_{II}$  обработки сырья рабочими органами. Этот цикл равен отношению размера матрицы  $h$  к технологической или транспортной скорости

$$\Pi_{II} = 1/T_{II} = 1/(h/v_{техн}) = 1/(h/v_{тп}).$$

Чтобы повысить производительность машин, предназначенных для создания операций II класса, необходимо увеличить транспортную скорость, но поскольку транспортная скорость ограничена (а в пределе равна) технологической, то повышение производительности ограничивается допустимыми значениями технологической скорости, которая в свою очередь обусловлена технологическими свойствами обрабатываемой пищевой среды.

Таким образом, условием одинаковой производительности машин и аппаратов в линии, где реализуются только операции II класса, также является равенство продолжительности технологических циклов. Такое условие обеспечивается лишь в частных случаях. Поэтому вероятность совпадения значений производительности оборудования таких линий весьма мала. Существенным отличием операции II класса является то, что вследствие совмещения технологического и транспортного процессов во времени эти процессы не прерывают один другого и могут происходить непрерывно с постоянной скоростью. Значения скоростей технологического и транспортного процессов не ограничиваются предельными ускорениями деталей транспортирующих механизмов. Производительность операции II класса лимитируется лишь допустимым значением скорости течения технологического процесса. Поэтому высокая производительность сопряжена с жестким технологическим скоростным режимом, но в отличие от операций I класса высокая производительность уже совместима с оптимальными динамическими условиями работы механизмов. В этом заключается важное преимущество операций II класса, существенное с точки зрения коэффициента использования оборудования.

Операции III класса (рис. 6.4, а, б) отличаются от операций II класса независимостью между собой транспортного и технологического процессов. В этих операциях обработка объектов осуществляется при их непрерывном транспортировании совместно с рабочими органами через рабочую зону по какой-либо замкнутой траектории. Машины, созданные по этому принципу, получили название роторных, по-

сколькx транспортный процесс первоначально был реализован как вращательное движение.

В отличие от операций II класса скорость транспортирования в операциях III класса не ограничивается технологической скоростью. Поэтому при создании машин, реализующих операции III класса, повышение производительности теоретически связано только с увеличением транспортной скорости. Практически же повышение производительности этих машин влечет увеличение длины технологической зоны, что необходимо для сохранения необходимой продолжительности технологической обработки объекта.

В операциях III класса, имеющих важное значение при организации автоматических линий, также важен характер соотношения между производительностью, динамическим режимом работы машин и технологическим режимом процесса. Если в операциях I класса высокая производительность несовместима с оптимальными технологическими и техническими режимами, а в операциях II класса – с оптимальными технологическими режимами, то в операциях III класса можно достичь высокой производительности без использования больших ускорений в механизмах привода и большой скорости технологического процесса. Иначе говоря, как бы ни была велика заданная производительность, она может быть достигнута в результате увеличения скорости транспортного процесса при сохранении любой достаточно малой или достаточно большой (оптимальной) скорости технологического процесса. Следовательно, возможности операций III класса с точки зрения производительности машин не ограничиваются как технологическими свойствами обрабатываемого сырья и промежуточного продукта, так и динамикой привода и рабочих органов машин. Это означает, что производительность машин, в которых осуществляются операции III класса, определяется лишь скоростью процесса транспортирования.

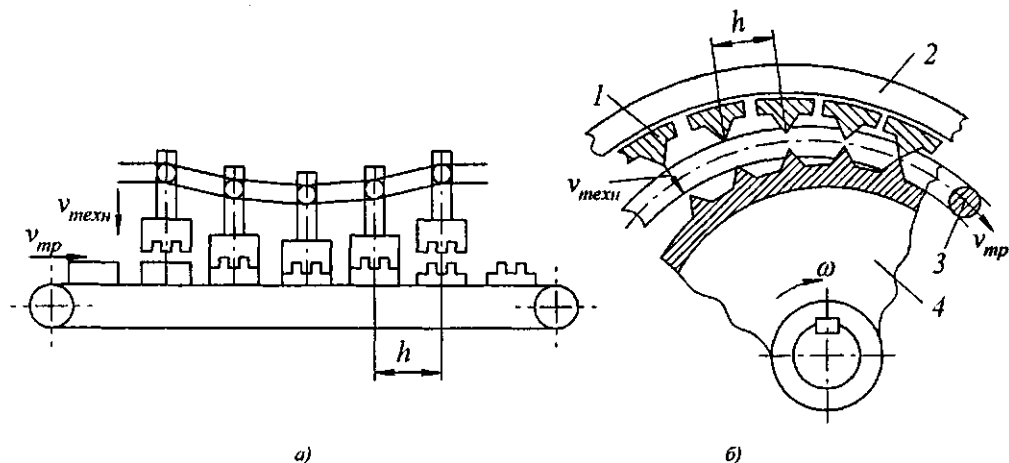


Рис. 6.4. Операция III класса:

а – схема операции; б – устройство для дозирования массы продукта в виде жгута круглого сечения в роторной режущей машине; 1 – откидной нож; 2 – неподвижная направляющая; 3 – жгут продукта; 4 – ротор

Производительность  $P_{III}$  машин для операций III класса, как и для операций II класса, определяется длительностью цикла  $T_{ц}$ , равного отношению шага  $h$  выхода изделий к транспортной скорости  $v_{тр}$ :



$$П_{III} = 1/T_u = 1/(h/v_{тр}).$$

В автоматических линиях использование операций III класса весьма перспективно, поскольку при высокой (в пределе неограниченной) производительности могут быть сохранены оптимальные технологические и динамические режимы, которые обуславливают и технологическую, и конструктивную надежности. При этом, безусловно, обеспечиваются стабильное качество продукции, минимум простоев оборудования по разным причинам и максимальный коэффициент использования машин и аппаратов в технологической линии. Вот почему операции III класса наиболее пригодны для организации технологического потока.

Для операций IV класса (рис. 6.5, а, б) также характерна независимость скорости транспортного процесса от технологической скорости. В операциях IV класса заготовки обрабатываются при транспортировании через рабочую зону. Понятие «рабочий орган» заменяется понятием «рабочая среда», которая осуществляет технологическое воздействие непосредственно на весь поток, происходящий через рабочую зону. Более точно машины этого класса операций следует называть аппаратами.

Производительность машин  $П_{IV}$  для операций IV класса определяется длительностью цикла  $T_u$  выхода одного объекта и количеством  $n$  объектов в сечении потока:

$$П_{IV} = n(1/T_u) = n[1/(h/v_{тр})],$$

где  $h$  – шаг объектов в направлении вектора скорости.

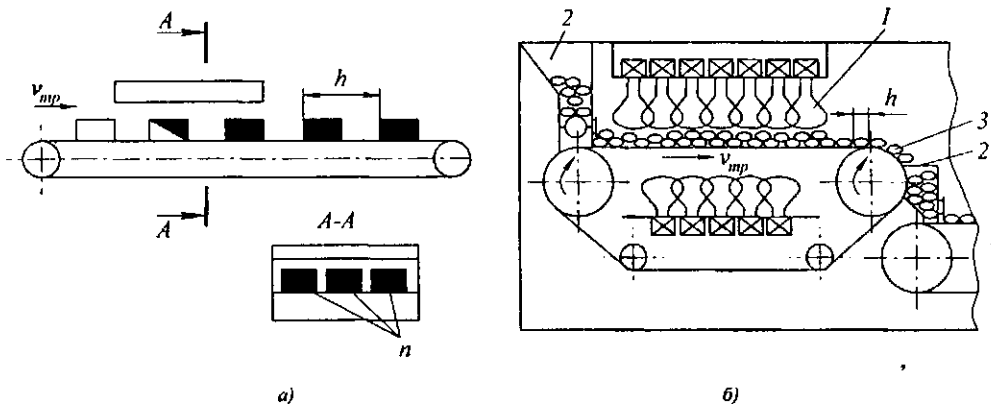


Рис. 6.5. Операция IV класса:  
а – схема операции; б – устройство для сушки продукта;  
1 – генератор инфракрасного излучения; 2 – воронка; 3 – продукт

При создании машин для операций IV класса повышение производительности может быть достигнуто как в результате увеличения транспортной скорости (при соответствующем удлинении зоны обработки), так и в результате увеличения в поперечном сечении потока количества объектов.

Таким образом, с помощью операций IV класса также можно создавать машины и аппараты любой производительности. Однако в этом случае повысить производительность оборудования можно не только интенсификацией транспортного процесса, но и увеличением числа обрабатываемых объектов в поперечном сечении потока. Следовательно, одинаковая производительность различных операций технологиче-

ского потока может быть достигнута как путем соответствующего изменения скорости процесса транспортирования в этих операциях, так и путем соответствующего изменения поперечного сечения потока.

Операции IV класса, как и операции III класса, обеспечивают оптимальные условия объединения машин и аппаратов соответствующих конструкций в технологические комплексы, автоматические системы машин.

Итак, только два последних способа выполнения технологических и транспортных процессов, т.е. III и IV классы операций, могут быть в общем случае инженерной основой для создания высокоэффективных потоков в линиях. При этом только операции IV класса в наиболее полной мере соответствуют требованиям высшей формы автоматизма и непрерывности потока, т.е. поток, образованный из операции IV класса, наиболее близок к идеальному потоку.

Однако далеко не все технологические преобразования исходного продукта возможно осуществить в операциях IV класса. Прежде всего это касается формообразования, а также ориентирования, дозирования и других процессов.

Принципиальной основой для широкого осуществления комплексной автоматизации в пищевых и перерабатывающих отраслях АПК являются операции III класса. Теоретически многие технологические процессы возможно реализовать в операциях этого класса.

Вместе с тем технологии, предусматривающие операции III класса, все еще занимают скромное место даже в производствах, имеющих все предпосылки для этого. Поэтому важнейшей задачей комплексной автоматизации является ускорение создания широкого ряда машин для операции III класса и распространение их хотя бы на отдельные части линий.

Машины для операций III класса могут быть выполнены по двум конструктивным схемам – роторной и роторно-конвейерной. По роторной схеме рабочие органы закрепляют на жестких роторах, которые сообщают им необходимые транспортные перемещения, по роторно-конвейерной схеме рабочие органы монтируют на гибких замкнутых транспортных системах – конвейерах.

Необходимо подчеркнуть, что современные технологии разрабатывают без учета того, операции каких классов будут в ней реализованы. В результате этого технологический поток представляет собой набор операций разных классов. С этой точки зрения развитие такой технологии носит тупиковый характер. По-видимому, целесообразно еще на первых этапах разработки технологий предусматривать возможность ее реализации в операциях III и IV классов. Таким образом, речь идет о разработке роторных технологий или частей технологий, которые могут быть названы роторными. Признаками таких роторных технологий и роторных потоков должны быть: несложность структуры; малооперационность; стабильность свойств сырья и промежуточных продуктов, а также параметров окружающей среды; относительная простота рецептуры и формы изделия.

Можно утверждать, что роторная технология и роторный поток не содержат в своей природе противоречие, присущее всем остальным технологиям и потокам: производительность – качество. Это техническое противоречие раскрывается следующим образом: рост производительности ведет к снижению качества продукта, и наоборот. Именно в этом заключается препятствие к повышению производительности современных линий, как правило, базирующихся на операциях I и II классов.

Таковы особенности морфологии технологической операции.

**Морфология технологического потока.** Рассмотрим существующие и принципиально возможные технологические потоки с точки зрения наличия в них операций определенных классов (табл. 6.4).

В таблице помещена классификация технологических потоков, выполненная В.А. Панфиловым. Классификация создана на основе описанных выше классов операций.

Класс потока определяется наименьшим классом операции в нем. Достаточно даже одной такой операции, чтобы отнести поток к соответствующему классу. Например, в потоке (II) класса наименьшим является II класс операции. Тип потока определяется числом классов операций, его составляющих. Так, поток второго типа состоит только из операций двух каких-либо классов, а поток третьего типа состоит из операций любых трех классов.

Таблица 6.4. Классификация технологических потоков

Количество классов операций в потоке	Наименьший класс операции в потоке			
	I	II	III	IV
Один	(I)	(II)	(III)	(IV)
Два	(I — II)	(II — III)	(III — IV)	—
	(I — III)	(II — IV)		
Три	(I — IV)	(II — III — IV)	—	—
	(I — II — III)			
	(I — II — IV)			
Четыре	(I — III — IV)	—	—	—
	(I — II — III — IV)			

Поток, содержащий операции более высокого класса, несомненно, прогрессивнее потока, который составляют операции более низкого класса.

Что же дает эта классификация технологических потоков? С ее помощью можно не только определить место конкретного потока среди всех возможных сочетаний классов операций, но и установить пути совершенствования потока при переходе из класса в класс и из типа в тип, имея в виду гипотетическую цель — поток (IV) класса первого типа, когда все операции в потоке только IV класса.

Благодаря такой классификации можно также четко различать поколения линий внутри классов и между классами, исходя из того, что всего возможно создать 15 поколений потока. И здесь важно не проходить поочередно все эти 15 поколений, а сознательно перешагивать через поколения. Таким образом, классификация позволяет принципиально выявить наиболее целесообразный путь достижения (IV) потока. Как видно, наиболее эффективные решения лежат в верхнем правом углу таблицы, а самый примитивный поток (I) в левом верхнем углу содержит все операции I класса. Преобразование потока (I) в поток (IV) практически идет через потоки второго, третьего и четвертого типов.

Современные технологии перерабатывающих производств — это преимущественно потоки, в которых наименьший I класс и частично II класс операций.

Известно, что подавляющее большинство линий работает десятки лет без существенной модернизации операций, поскольку цель развития линий не только не определена, но даже не просматривается.

Технологии пищевых и перерабатывающих производств — это комплекс операций механического, теплофизического, биохимического и химического воздейст-

вия на сельскохозяйственное сырье. Поэтому (III) и (IV) потоки не реальны. По-видимому, наиболее перспективным является поток (III...IV). Такой поток должен включать в себя все операции двух высших классов от дозирования исходного сырья до упаковки готовой продукции. Конечно, это линии далекого будущего, но их нужно себе представлять в виде идеальных целей и работать над их созданием.

Необходимо особо подчеркнуть, что развитие технологических потоков связано прежде всего со стабилизацией входов и выходов отдельных операций.

Задача эта не простая, в частности, потому, что сырье пищевых производств не обладает достаточно стабильными технологическими свойствами по самым разным причинам. И применение операций I класса в начале технологического потока позволяет в какой-то степени нивелировать свойства промежуточных продуктов путем варьирования как продолжительностью обработки, так и другими факторами, воздействующими на сырье (температура, давление и т.п.).

Часто, для того чтобы обеспечить непрерывность технологического потока в условиях нестабильности входов, операции I класса одного назначения функционируют параллельно и поочередно. Такое «запараллеливание» операций I класса применяется и в начале потока, и в середине, и в его конце. Это, конечно, усложняет как структуру потока, так и его компоненты. Таким образом, обеспечение стабильных технологических свойств исходного сырья — обязательное условие перехода к технологическим потокам высших классов.

Необходимость интенсивной работы над тем, чтобы перевести все потоки (I) класса во (II) класс, обусловлена еще и тем, что совершенствование потоков внутри (I) класса неизбежно ведет к созданию и применению робототехники, которая не может быть эффективна, поскольку, по существу, лишь модернизирует примитивные операции I класса. Применение робототехники в определенной мере задерживает создание технологических потоков (II) класса, в которых полностью отсутствуют операции I класса. Конечно, могут и должны быть исключения, но на них надо идти сознательно, рассматривая совершенствование технологии и техники внутри потоков (I) класса лишь как тактическую неизбежность, уступку обстоятельствам. Исследователь, конструктор и проектировщик должны ясно себе представить и предвидеть технологию и технику потоков (II) и (III) классов, где робот останется без работы.

Организация технологического потока определяется не только качеством составляющих его операций, но и видом связей между его отдельными операциями и видом связи ветвей потока.

По виду связи между операциями любой технологический поток можно отнести к одному из трех типов (рис. 6.6).

Рассмотрим поток с жесткой связью. В этом потоке предусмотрена жесткая связь между выходом каждой предыдущей и входом каждой последующей операции. Естественно, что длительность цикла каждой операции должна быть одинаковой или кратной циклу ведущей операции или группы ведущих операций.

Поток с полужесткой связью содержит группы операций, имеющие жесткие связи лишь внутри группы. Между собой эти группы имеют гибкие связи в виде операции хранения. Конструктивно операция хранения реализуется в накопителях, бункерах, емкостях, ветвях контейнеров и т.д.

Поток с нежесткой (гибкой) связью характеризуется тем, что операция хранения предполагается между каждыми двумя технологическими операциями.

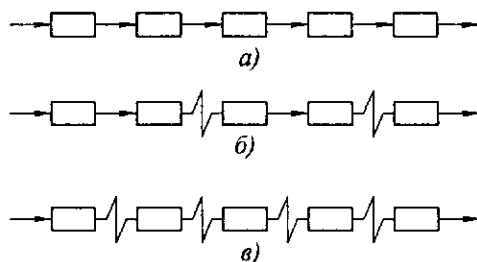


Рис. 6.6 Схема строения технологических потоков с различными связями:  
а – жесткой; б – полужесткой; в – нежесткой

По виду связи ветвей технологические потоки могут быть неразветвленные и разветвленные, причем последние содержат сходящиеся, расходящиеся и параллельные ветви (рис. 6.7).

В простейшем случае операции составляют одну цепочку – неразветвленный поток. Такой поток предназначен для преобразования преимущественно одного вида сырья в один вид продукции (выработка цельного молока, патоки из крахмала, овсяной крупы и т.д.).

Разветвленный сходящийся технологический поток формируется в процессе получения из нескольких видов сырья одного вида продукции (производство хлеба, сыра, пирожных и тортов, карамели с начинкой и т.д.).

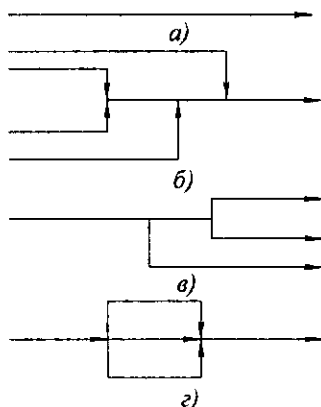


Рис. 6.7 Схема форм технологических потоков:  
а – неразветвленный; б – разветвленный сходящийся; в – разветвленный расходящийся;  
г – разветвленный с параллельными ветвями

Разветвленный расходящийся технологический поток возникает при изготовлении из одного вида сырья нескольких видов конечного продукта (получение белых столовых виноматериалов из винограда, муки первого и второго сорта при помоле пшеницы, шоколада, какао-масла и какао-порошка при переработке какао-бобов и т.д.).

Технологический поток с параллельными ветвями образуется в случае одновременного параллельного функционирования ряда идентичных операций из-за не-

достаточной их производительности против предшествующих, последующих или тех и других одновременно.

В разветвленном потоке можно выделить главные и вспомогательные ветви: на главной выполняются ведущие операции, а на вспомогательной – операции по изготовлению и мойке тары, дополнительных полуфабрикатов.

Таковы особенности морфологии технологического потока.

**Проблемы развития технологического потока.** Современные технологические потоки далеки от идеального потока по всем показателям.

Скорость потока при функционировании оборудования непостоянна на различных участках, а само функционирование периодически прерывается из-за вмешательства человека.

Плотность потока также неодинакова на всех участках и весьма мала вследствие больших расстояний между объектами обработки, а их положение не является оптимальным.

На отдельных участках производства имеются неподвижные запасы незавершенной продукции, находящиеся в неориентированном состоянии. Поэтому в состав линии входят накопители самых разных конструкций и устройства для ориентации объектов обработки.

Требования к идеальному потоку и реальное состояние оборудования технологических линий позволяют сформулировать проблемы развития пищевой технологии и пищевого машиностроения. Подчеркнем, что это – проблемы создания идеальных потоков. Но даже частичное решение этих проблем может иметь очень большое значение для совершенствования производства того или иного пищевого продукта.

*Первая проблема* – это осуществление одинаковой производительности на всех операциях, объединенных в технологический поток. При неодинаковой производительности каждой операции межоперационная передача объектов обработки превращается из простого перемещения их по одной и той же траектории в распределение на несколько ручьев при переходе от более производительных машин к менее производительным или, наоборот, в слияние нескольких ручьев в общий поток. Это приводит к значительному удорожанию машинно-аппаратурного оформления технологического потока. Поскольку длительность цикла каждой операции в потоке, как правило, различна, то и одинаковая производительность машин и аппаратов в линии не обеспечивается.

Не решает проблемы и выравнивание производительностей технологических машин по наименьшей производительности, так как в этом случае более производительное оборудование оказывается недогруженным и часть рабочего времени простаивает или работает с пониженной производительностью.

Решение проблемы неодинаковой производительности заключается в устранении зависимости качества продукции от скорости технологического потока. Только это позволит иметь на всех операциях одинаковую свободно выбираемую производительность. Речь идет о полном разрешении основного технического противоречия непрерывного производства: производительность – качество продукции.

*Вторая проблема* – сохранение коэффициента использования машин при увеличении числа объединяемых в технологический поток операций. Эта проблема состоит в том, что при объединении существующих машин и аппаратов в линию остановка каждой из них приводит к остановке всей линии и, следовательно, к сниже-

нию коэффициента ее использования. Очевидно, что начиная с некоторого числа операций нецелесообразен переход от отдельных машин к линиям.

Не является решением вопроса и создание запасов объектов обработки, позволяющим каждой машине работать независимо от остановок других машин и сохранять, таким образом, свой коэффициент использования. Применение накопителей резко удорожает стоимость передающих устройств. Кроме того, создание накопителей, не выполняющих необходимые технологические функции, не только бесполезно, но и вредно, ибо в результате этого увеличиваются производственный цикл, объем незавершенного производства и размеры площадей. Применение накопителей уже делает поток не непрерывным, что противоречит условию идеального технологического потока – постоянная скорость на всем его протяжении.

Решение проблемы состоит, с одной стороны, в сжатии технологии во времени и пространстве, а с другой – в повышении надежности оборудования.

*Третья проблема* – универсальность машин и аппаратов, позволяющая обрабатывать сырье с различными физико-механическими свойствами и выпускать изделия разной формы. Сущность этой проблемы состоит в том, что машины, аппараты и тем более линии обеспечивают обычно производство лишь одного конкретного изделия данной геометрической формы из одного набора сырья. Снятие с производства данного пищевого продукта и переход к выпуску нового приводят к прекращению использования линии и к необходимости создания новой или усовершенствования ранее известной. При отсутствии универсальности линий потребовалось бы бесчисленное множество специальных линий для каждого пищевого продукта. Учитывая постоянную смену самих объектов производства и тенденцию к ее ускорению, можно сделать вывод о невозможности производства пищевых продуктов на основе специальных линий.

Решение проблемы универсальности машин и аппаратов состоит в создании линий, осуществляющих одновременное изготовление различных номенклатур изделий, что обеспечивает равномерный выпуск каждой номенклатуры и полностью устраняет частые переналадки линий. Примером такой линии является линия производства конфет «Ассорти», когда одновременно вырабатываются изделия разной формы и с разной начинкой.

*Четвертая проблема* – непродолжительность времени выпуска конкретного продукта, обусловленная малой потребностью или необходимостью большого ассортимента. Ее решение предполагает обеспечение универсальности линий относительно исходного сырья и формы изделия. Однако только универсальность линий не может быть достаточным условием для решения этой проблемы. Ведь смена объектов производства может стать настолько частой, а периоды производства настолько короткими, что потери времени на переоснастку машин будут приводить к недопустимым снижениям коэффициента использования и фактической производительности линии.

Решение этой проблемы с учетом того, что рост частоты смены объектов производства представляет собой одну из общих тенденций развития технологии и техники, должно состоять в полном устранении потерь рабочего времени при переходе к выпуску на линии нового продукта. Реализация этого требования предполагает не только автоматическую смену рабочих органов машин без прекращения нормального движения потока, но и непрерывную адаптацию межоперационных транспортных устройств к сменяющимся объектам обработки.

*Пятая проблема* состоит в том, чтобы созданный идеальный технологический поток был рентабельным. Дело в том, что переход к идеальной системе машин часто технически возможен, но экономически нецелесообразен, так как затраты могут быть больше экономического эффекта от эксплуатации. Исключение необходимо делать для опасных и вредных производств, где основным критерием является не экономический эффект, а безопасность человека и его здоровье.

Как известно, для объединения технологических машин в высокоэффективную линию нужны межоперационные транспортные, управляющие, контролирующие и другие вспомогательные устройства. Все эти устройства не повышают производительности, а стоимость их примерно такая же, как самих технологических машин, что приводит к удорожанию линии и удлинению срока ее окупаемости настолько, что она изнашивается физически, а чаще морально раньше, чем окупается.

Таким образом, для обеспечения эффективности разрабатываемой системы машин и аппаратов необходимо использовать такие технологические машины, производительность которых может быть любой и определяться экономической окупаемостью.

Рассмотренные выше пять проблем развития технологического потока, в сущности, показывают направления создания новых линий. При этом методически важно сформулировать идеальные цели, а затем, исходя из реальных обстоятельств и возможностей, решать соответствующие задачи.

Этот подход значительно целесообразнее традиционного усовершенствования технологии и техники.

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Технологические свойства сельскохозяйственной продукции (растительное и животное сырье) и других пищевых сред являются тем решающим фактором, который определяет не только конструкции машин и аппаратов в линии, но и режимы ее функционирования.*

*2. Классификация машин и аппаратов по функционально-технологическому принципу, которая положена в основу архитектоники учебника, позволяет не только легче выбрать прототип при создании новой техники, но и эффективно компоновать новые линии.*

*3. Деятельность инженера как творческой личности всегда связана с разработкой машинных технологий будущего и с прогнозированием конструкций машин и аппаратов завтрашнего дня.*



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что Вы понимаете под показателями технологических свойств пищевых сред?
2. Какими структурно-механическими свойствами обладают пищевые среды?
3. Какова природа структурно-механических свойств пищевых сред?
4. Какие типы структур пищевых сред в зависимости от вида контактов между частицами твердых фаз Вы можете назвать?
5. Что Вы понимаете под адгезией пищевых сред?
6. Какими теплофизическими свойствами обладают пищевые среды?
7. На какие три типа можно разделить влажные пищевые среды?
8. Что Вы вкладываете в понятие «биохимические свойства пищевых сред»?
9. Что Вы понимаете под адаптацией конструкций машин и аппаратов с одной стороны и технологических свойств пищевых сред с другой?
10. Какие классификационные признаки положены в основу систематизации процессов в машинах и аппаратах пищевых производств?
11. Что Вы вкладываете в понятие «идеальный технологический поток»?
12. На каком классификационном признаке основана систематизация технологических операций при рассмотрении их морфологии?
13. В чем состоит принципиальное различие между собой четырех классов технологических операций?
14. В чем заключается непреодолимое препятствие в росте производительности машин, реализующих технологические операции I и II класса?
15. Какова перспектива использования операций III и IV класса в создании автоматических линий?
16. Что Вы понимаете под морфологией технологического потока?
17. На каком классификационном признаке основана систематизация технологических потоков?
18. Какими знаниями необходимо обладать, чтобы сформулировать проблемы развития пищевых технологий и пищевого машиностроения?
19. В чем состоит сущность пяти основных проблем создания идеальных технологических потоков?
20. Каковы возможные пути решения пяти основных проблем при создании технологических потоков будущего?

### ПЕТУХ И ЖЕМЧУЖНОЕ ЗЕРНО (басня)

Навозну кучу разрывая,  
Петух нашел Жемчужное зерно  
И говорит: «Куда оно?  
Какая вещь пустая!  
Не глупо ль, что его высоко так ценят?  
А я бы, право, был гораздо более рад  
Зерну Ячменному: оно не столь хоть видно,  
Да сытно».

Невежи судят точно так:  
В чем толку не поймут, то всё у них пустяк.

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

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзор технологических линий, которым преимущественно посвящена Книга 1 учебника, показывает, что современные линии пищевых производств, как правило, создавались для механизации основных технологических операций путем объединения специализированных машин и аппаратов. Такое строение линий является первой, экстенсивной, стадией развития их пространственно-временной структуры, для которой характерны большая номенклатура составных частей линии, значительные габаритные размеры и энергопотребление оборудования, применение ручных операций при контроле и управлении технологическими процессами.

На второй, интенсивной, стадии развития технологических линий не следует ограничиваться только проектно-конструкторскими методами поиска новых технических решений, а широко использовать результаты глубоких научных исследований. Нужны новые инженерные решения технологических потоков на основе интенсификации процессов, новых методов преобразования сырья в продукт, новых способов подвода энергии к обрабатываемой среде, совмещения технологических и транспортных операций и др. Разработка таких технологий обеспечит создание блочно-модульных автоматизированных технологических комплексов и линий, обладающих интенсивной пространственно-временной структурой и высокими технико-экономическими показателями.

Авторы хотели бы особо подчеркнуть, что в развитии технологических линий важнейшее значение имеет инженерное творчество, алгоритм которого достаточно формализован.

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.

Авторы ждут Вас на страницах следующих книг учебника.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Бутковский В.А., Птушкина Г.Е.* Технологическое оборудование мукомольного производства.– М: ГП журнал «Хлебопродукты», 1999.– 208 с.
2. *Бредихин С.А., Космодемьянский Ю.В., Юрин В.И.* 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 винодельческих предприятий.– М.: ДеЛи, 2001. – 522 с.
6. *Ивашов В.И.* Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Часть I. Оборудование для убоя 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.П.* 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.Н., Кравченко В.М.* Технологическое оборудование предприятий пищекоцентрационной 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. Тужижкина.*–2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 1998.– 844 с.
13. *Остриков А.Н., Парфенотуло 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.И. Богатырев, В.А. Панфилов, В.И. Тужижкин и др.*– М.: Пищевая промышленность, 1995.– 528 с.
17. *Скрынников 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. Мурадова, 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.П. Липатов, Ю.П. 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. *Хроменков В.И.* 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 1

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

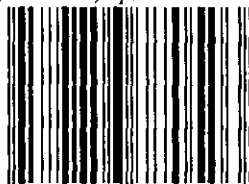
Под редакцией академика РАСХН В.А. Панфилова,  
профессора В.Я. Груданова

Ответственный за выпуск *А.А. Бренч*  
Электронный набор, верстка, дизайн *А.А. Бренч*

Подписано в печать 28.06.2007 г. Формат 70×100<sup>1/16</sup>  
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 34,13.  
Уч.-изд. л. 19,1. Тираж 300 экз. Заказ 1595.

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



9 789856 770503