

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра технологии и технического обеспечения
процессов переработки сельскохозяйственной продукции

**ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА
И ПЕРЕРАБОТКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

Учебно-методическое пособие

В двух частях

Часть 1

**Технологии и техническое обеспечение
переработки продукции растительного
происхождения**

Минск
БГАТУ
2010

УДК 631.155.7:664 (07)
ББК 41 я 7
Т38

*Рекомендовано научно-методическим советом
агроэнергетического факультета БГАТУ.
Протокол № 2 от 19 октября 2009 г.*

Составитель – доцент *М. А. Челомбитько*

Рецензенты:

старший научный сотрудник отдела биохимии и биотехнологии
растений ГНУ «Центральный ботанический сад» НАН Беларуси,
кандидат технических наук *Е. Н. Скачков*;
доцент кафедры технологии и механизации животноводства
БГАТУ, кандидат технических наук, доцент *Ф. Д. Сапожников*

Т38

**Технологии и техническое обеспечение производст-
ва и переработки сельскохозяйственной продукции:**
учеб.-метод. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Технологии и техниче-
ское обеспечение переработки продукции растительного
происхождения / сост. М. А. Челомбитько. – Минск:
БГАТУ, 2010. – 144 с.

ISBN 978-985-519-276-4.

Предназначено для выполнения управляемой самостоятельной ра-
боты студентами специальностей: 1-74 06 05 Энергетическое обеспече-
ние сельскохозяйственного производства, 1-53 01 01 Автоматизация
производственных процессов (сельское хозяйство).

УДК 631.155.7:664 (07)
ББК 41 я 7

ISBN 978-985-519-276-4 (ч. 1)
ISBN 978-985-519-275-7

© БГАТУ, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Задание 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ	5
1.1. Характеристика сырья и готовой продукции	5
1.2. Технологические операции производства	6
1.3. Устройство и принцип действия технологической линии	14
1.4. Расчетная часть	17
Задание 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА-РЕКТИФИКАТА	26
2.1. Характеристика сырья и готовой продукции	26
2.2. Технологические этапы производства	27
2.3. Устройство и принцип действия технологической линии	31
2.4. Расчетная часть	35
Задание 3. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ	48
3.1. Характеристика сырья и готовой продукции	48
3.2. Технологические операции производства	49
3.3. Устройство и принцип действия технологической линии	57
3.4. Расчетная часть	58
Задание 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ШОКОЛАДА	69
4.1. Характеристика сырья и готовой продукции	69
4.2. Технологические операции производств	69
4.3. Устройство и принцип действия технологической линии	74
4.4. Расчетная часть	82
Задание 5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРЯНИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	89
5.1. Характеристика сырья и готовой продукции	89
5.2. Технологические операции производства	90
5.3. Устройство и принцип действия технологической линии	94
5.4. Расчетная часть	95
Задание 6. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРАМЕЛИ	105
6.1. Характеристика сырья и готовой продукции	105
6.2. Технологические операции производства	106
6.3. Устройство и принцип действия технологической линии	111
6.4. Расчетная часть	114
Задание 7. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ ..	120
7.1. Характеристика сырья и готовой продукции	120
7.2. Технологические операции производства	121
7.3. Устройство и принцип действия технологической линии	128
7.4. Расчетная часть	129
ПРИЛОЖЕНИЕ	136
ЛИТЕРАТУРА	139

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное учебно-методическое пособие предназначено для выполнения самостоятельной работы студентами по курсу «Технологии и техническое обеспечение производства и переработки сельскохозяйственной продукции». Оно используется и является дополнением к учебно-методическому комплексу «Технология и техническое обеспечение процессов производства и переработки сельскохозяйственной продукции», а также к материалам, изложенным в учебной литературе по данной дисциплине, указанной в списке рекомендуемой литературы.

В данном методическом пособии приведены технологии некоторых видов продуктов растительного происхождения, описаны устройство и работа технологических линий, даны расчеты определенного вида технологического оборудования с указанием различных вариантов задания.

На основании самостоятельного изучения технологии производства определенного продукта, работы технологической линии по его выпуску, проведения расчетов технологического оборудования студент составляет отчет по выполнению управляемой самостоятельной работы, который состоит из 3-частей.

Первая часть работы – теоретическая, где студент обязан заполнить таблицу, в которой (на основании изучения технологии производства определенного продукта, устройства и работы технологической линии) он в краткой форме перечисляет последовательно все технологические операции, их цели и режимы, проводит классификацию применяемого технологического оборудования, называет вид технологической линии.

Вторая часть – приводятся классификация и характеристика заданного технологического оборудования, его чертеж, описывается устройство и принцип работы с указанием технической характеристики.

Третья часть – расчетная, в которой приводится расчет заданного технологического оборудования по предлагаемому варианту.

В учебно-методическом пособии рассматриваются следующие типы расчетов: расчеты производительности, расчеты тепловых затрат и расчеты требуемой мощности привода.

Задание 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Цель работы: изучение теоретических основ производства растительных масел, устройства и принципа действия технологической линии, классификации сушилок, их устройства и принципа действия; приобретение практических навыков по расчету прямоточной барабанной сушилки.

1.1. Характеристика сырья и готовой продукции

Масложировая промышленность производит несколько видов растительных масел: подсолнечное, соевое, рапсовое, льняное, касторовое, горчичное, кукурузное, тунговое, томатное, конопляное, маковое, рыжиковое и др. По объему производства на первом месте стоит подсолнечное масло.

Растительные масла являются основным продуктом питания и служат для человека важнейшим источником энергии.

В зависимости от органолептических и физико-химических показателей растительное масло делят на товарные сорта и марки. По степени очистки масла делят на нерафинированные, гидратированные и рафинированные. Масло подсолнечное (ГОСТ 1129–93) нерафинированное и гидратированное выпускается высшего, первого и второго сортов. Рафинированное масло выпускают недезодорированным и дезодорированным. В свою очередь, дезодорированное масло делят на две марки: масло марки Д, предназначенное для производства продуктов детского и диетического питания, и масло марки П (пищевое). В торговую сеть и на предприятия общественного питания поставляют масло подсолнечное рафинированное дезодорированное марок П и Д, а также пресловое подсолнечное масло: рафинированное недезодорированное, гидратированное высшего и первого сортов и нерафинированное высшего и первого сортов.

Классификация растительных масел. Единой классификации масел, охватывающей все их многообразие, нет. Чаще всего используют следующие классификационные признаки: способ извлечения масла из семян (масла пресловые и экстракционные), методы очистки (масла рафинированные и нерафинированные), консистенция при 20 °С (твердые и жидкие) и по способности высыхать в присутствии кислорода (высыхающие, полувсыхающие, невысыхающие). Приведенная ниже классификация дает характеристику масел

по способности высыхания. Способность масел к высыханию определяют по йодному числу.

Йодное число – условная величина, характеризующая содержание в 100 г растительного масла непредельных соединений, выраженная в граммах йода, эквивалентного состоящему из галогенов реагенту, присоединившемуся к маслу. В зависимости от этого показателя растительные масла делят на три группы:

первая – высыхающие масла (йодное число более 130 г $J_2/100$ г): льняное, перилловое, рыжиковое и др., их чаще всего используют на технические цели;

вторая – полувсыхающие масла (йодное число от 80 J_2 до 130 г $J_2/100$ г). В эту группу входят подсолнечное, рапсовое, горчичное и другие масла, которые используют на пищевые цели;

третья – невысыхающие (йодное число менее 80 г $J_2/100$ г). К маслам этой группы относится касторовое, его применяют для медицинских и технических целей.

1.2. Технологические операции производства

Очистка семян от примесей. Семенная масса, поступающая на хранение и переработку, представляет собой неоднородную смесь, которая состоит из семян и некоторого количества посторонних примесей, попадающих при сборе, временном хранении в поле и транспортировке семян. Сорные примеси делятся на органические (стебли растений, листья, оболочки семян), минеральные (земля, камни, песок), масличные (частично поврежденные или проросшие семена основной масличной культуры). В семенной массе часто присутствуют металлопримеси, прежде всего ферромагнитные (железо, сталь, чугун). Для очистки семян применяются воздушные сепараторы разнообразных типов и электромагнитные сепараторы.

При переработке подсолнечника высокомасличных сортов очистку семян от посторонних примесей рекомендуется проводить одновременно с разделением семян на две фракции по размеру, что улучшает их хранение, ибо мелкие семена (как менее зрелые) хранятся хуже и содержат масло более низкого качества, нежели крупные. Перерабатывая их отдельно, можно получить большее количество масла высшего сорта. Кроме того, разделение семян на фракции позволяет точнее и надежнее отрегулировать режимы работы машин для обрушивания оболочек семян и, в дальнейшем, полнее отделить оболочку от ядра.

Сушка и хранение семян. Семена большинства масличных растений после уборки поступают на хранение и переработку с влажностью, которая часто превышает оптимальные значения. Для эффективного обрушивания влажность оболочки должна быть меньше, чем влажность ядра, поэтому семена, имеющие влажность выше критической, необходимо сушить до влажности 10...11 %.

Наиболее распространенным способом снижения влажности семян является термическая сушка, при которой семена нагреваются смесью воздуха и дымовых газов. Для сушки масличных семян широко применяются *сушилки шахтного типа (ВТИ, СЗШ и ДСП)*, работающие в двухступенчатом режиме, а также рециркуляционные, в которых часть высушенных горячих семян возвращают (рециркулируют) и смешивают с холодными влажными семенами.

При сушке семян подсолнечника в сушилке ДСП-32 температура сушильного агрегата на первом этапе равна 120 °С, на втором – 160 °С. Температура семян после сушки составляет 45...55 °С, а после охлаждения – выше температуры окружающей среды не более чем на 5 °С. Длительность сушки 40 мин, съём влаги 5...6 % при производительности сушилки 540 т/сут.

Для увеличения производительности и ускорения съёма влаги применяют модернизированные барабанные сушилки.

Активное **вентилирование** семян атмосферным воздухом или смесью воздуха и дымовых газов при температуре 40...45 °С проводят с помощью стационарных устройств, являющихся конструктивной частью хранилища, или при помощи напольно-переносных устройств, которые устанавливаются временно до загрузки семян в хранилище и остаются там до полного освобождения его от семян. Возможно использование переносных устройств, которые устанавливают в заполненном семенами хранилище, размещая воздухоподводящие или воздухоотводящие устройства в слое семян.

Семена масличных культур хранят на предприятиях (до срока их переработки) в следующих микроклиматических условиях:

- влажность на 2...3 % ниже критической (для инактивации жизнедеятельности микроорганизмов и торможения дыхания семян, что способствует снижению потерь масла);
- температура около 0 °С (от –2 °С до +3 °С);
- в регулируемой газовой среде с содержанием кислорода 1...2 % и азота 98...99 %, или без доступа воздуха.

Получение мятки. Получение мятки состоит из обрушивания семян, сепарирования рушанки и измельчения ядра.

Обрушивание семян. В тканях масличных семян запасы масла распределены неравномерно; главная часть масла сосредоточена в ядре семян (в зародыше и эндосперме), в то время как в плодовой и семенной оболочках содержится относительно небольшое количество масла, которое имеет другой липидный и жирно-кислотный состав. В связи с этим при переработке масличных семян целесообразно предварительно отделять от ядра (основной маслосодержащей ткани) низкомасличные внешние (плодовые или семенные) оболочки.

Масличные плоды и семена в зависимости от физико-механических свойств оболочки и ядра обрушиваются различными способами. Важнейшее требование к машинам для обрушивания семян – разрушение оболочки не должно сопровождаться разрушением ядра.

Физико-механические свойства тканей масличных семян существенно меняются при изменении их влажности. В связи с этим при обрушивании большое внимание нужно уделять созданию рационального соотношения между влажностью оболочки и влажностью ядра. Сопrotивление ядра разрушению должно быть выше, чем сопротивление оболочки. Поэтому перед обрушиванием стремятся получить у плодов и семян сухую хрупкую оболочку и влажное прочное ядро.

Во всех случаях обрушивания целесообразно проводить разрушение оболочек семян однократным ударом (способ удара) рабочих органов машины, но из-за различного качества семян техническое решение этого способа осложнено. Приходится, например, повышать однородность семян перед обрушиванием предварительной калибровкой их по размеру (разделение на фракции).

Плодовую оболочку семян подсолнечника разрушают обычно на **бичевых семенорушальных машинах**. Качество обрушивания семян оценивается по содержанию в **рушанке нежелательных фракций**: целых семян, частично необрушенных семян (недоруш), разрушенного ядра (сечка), масличной пыли.

Сечка, представляющая собой раздробленное ядро семян, легко отдает лузге масло, которое находится на разрушенной поверхности ядра. Мелкие частички масличной пыли практически не удается полностью отделить от лузги. Действующие технические нормы устанавливают определенные границы содержания недоруша и целяка, сечки и масличной пыли в рушанке (как правило, недоруша и целяка должно быть не больше 25 %, сечки – не больше 15 %, масличной пыли – не больше 15 %).

Сепарирование рушанки. Рушанка, которая получается после обрушивания семян, представляет собой смесь разнообразных по размеру частичек: крупная, средняя и мелкая лузга, целые

и не полностью обрушенные семена (недоруш), целое ядро, половинки ядра, масляная пыль. В промышленности для разделения рушанки применяют **аспирационные семеновейки** (типа Р1-МСТ). Выводы о работе веялки и всего рушально-очистительного цеха делают по оценке величины **лузжистости ядра** (процентному содержанию лузги в ядре) и по реальным потерям масла в лузге.

Измельчение ядра (дробление). При переработке семян измельчаются не только семена или их ядра, но и другие продукты, которые образуются в процессе переработки семян. Необходимая степень дробления достигается путем воздействия на материал механических усилий (удар, раздавливание, истирание, сжатие со сдвигом). Измельченное ядро называется мяткой, которую подвергают влаготепловой обработке.

Влажность мятки после увлажнения должна составлять 8...9 % (для семян подсолнечника). Давление пара в шнековых инактиваторах поддерживается на уровне 0,2...0,25 Па. Температура пара 180...120 °С. Производительность инактиваторов 100, 200, 400 и 600 т/сут (в пересчете на семена).

Сушка и нагрев увлажненной мятки осуществляются в **жаровнях разнообразных конструкций**. Особенностью этого процесса является то, что сушка проходит в толстом слое (более 300 мм). При этом возникает явление самопропаривания – водяной пар, который удаляется с нижних слоев, проходит сквозь слой мятки, способствуя частичному распаду (деагрегированию) комков, образованных при увлажнении в первом периоде влаготепловой обработки.

Влажность готовой к отжиму мезги должна находиться в пределах 5...6 %, температура – 100...105 °С. Второй период влаготепловой обработки ведут нагретым водяным паром в **жаровнях** чанных, барабанных и шнековых. Современные чанные жаровни являются наиболее совершенными. Рабочее давление пара 0,6 МПа, производительность жаровни 140 т/сут (в пересчете на семена). Шнековые жаровни в промышленности применяются только для первого периода влаготепловой обработки в качестве пропарочно-увлажняющего аппарата.

Качество мезги, приготовленной в шнековых и барабанных жаровнях, ниже, чем у обработанной в чанных. Этим объясняется их ограниченное использование в промышленности.

Извлечение масла. Для извлечения масла применяют, как известно, два основных способа – **механический**, или **прессовый** (для переработки сырья с высоким содержанием масла) и **экстрак-**

ционный, так называемая «прямая экстракция» органическими растворителями. Существует также **комбинированный** способ, который включает прессование сырья с последующей экстракцией.

Прессовый способ. Прессование – это механический отжим масла с помощью прессовых **шнеков** (при всестороннем сжатии мезги отделяется масло и сплавляются твердые частицы исходного сыпучего материала с образованием жмыха). В начале извлечения масла прессуемый материал уплотняется, частички мезги сближаются и сжимаются поверхностные слои масла, расположенные на частях материала. Толщина слоев масла увеличивается и оно начинает выделяться в свободном состоянии. При дополнительном уплотнении частички мезги деформируются и масло начинает вытекать не только с поверхности, но и из внутренних капилляров частичек, которые испытывают значительные деформации. При дальнейшем увеличении давления на материал пластичность мезги возрастает, мезга перестает воспринимать давление, и выделение масла практически прекращается, хотя в недрах материала еще остается некоторое его количество.

Экстракционный способ. Наиболее сложная задача при переработке семян прямой экстракцией – придание обезжириваемому материалу крепкой легкоэкстрагируемой структуры (исключением является соя, для которой это несложно). Большинство масляных семян и плодов при измельчении превращаются в порошок, структура которого является очень тяжелой для проникновения растворителя. Поэтому при подготовке семян к прямой экстракции на измельчение должен поступать материал с более высокой влажностью, чем при измельчении перед прессованием. Но на эффективность экстракции негативно влияет повышенная влажность экстрагируемого материала. Повышенная влажность материала не только ухудшает смачивание влажного материала гидрофобным растворителем, но и снижает степень проникновения растворителя в материал, который легко слеживается в экстракторе. Поэтому полученный влажный измельченный материал (лепестки) подлежит деликатному быстрому высушиванию для того, чтобы придать ему механическую прочность и сохранить структуру в процессе последующего обезжиривания растворителем.

Экстракция по своей физической сущности является диффузионным процессом, поэтому управляющим фактором в этом процессе является разность концентраций **мицеллы – растворов масла в растворителе внутри и вне частичек экстрагируемого материала.**

До начала экстракции в недрах экстрагируемого материала растворитель не содержится, концентрация мисцеллы равна 100 % (чистое масло), а вне частичек концентрация равна 0 % (чистый растворитель)

Растворитель растворяет масло при проникновении вовнутрь экстрагируемых частиц с образованием мисцеллы, концентрация которой выше, чем вне частички. Под влиянием разницы концентраций происходит перемещение (перенос) масла изнутри частички во внешний раствор. Процесс длится до тех пор, пока не будет выравнена концентрация масла в частичке и в растворителе вне частички.

Чем больше поверхность контакта растворителя и масла и чем выше температура материала и меньше радиус молекул экстрагируемого вещества (масла), тем быстрее проходит процесс экстракции.

Температура поступающего на экстракцию материала должна быть на 5 °С ниже температуры кипения растворителя и не должна превышать 50 °С.

Применяют два способа экстракции:

- 1) погружением материала в растворитель;
- 2) поэтапным орошением экстрагируемого материала.

При экстракции погружением масло извлекается из масличного сырья в процессе непрерывного прохождения через поток растворителя в условиях противотока, при котором растворитель и экстрагируемый материал непрерывно перемещаются один относительно другого.

При экстракции поэтапным орошением непрерывно перемещается только растворитель, а экстрагируемый материал остается в состоянии покоя в одной и той же емкости (ковше, камере и т. п.), которая перемещается вместе с движущейся лентой.

Твердые примеси в мисцелле оказывают негативное влияние на технологию ее обработки. Стабильная работа оборудования экстракционного цеха возможна только при содержании твердых веществ в мисцелле не более 0,2 % от массы.

Мисцелла состоит из двух жидкостей – *летучей (растворителя)* и *нелетучей (масла)*. Чем выше концентрация мисцеллы, тем ближе ее свойства к свойствам масла. Пока концентрация мисцеллы небольшая, отгонка растворителя проходит как обычное выпаривание. По мере возрастания концентрации мисцеллы ее температура кипения быстро увеличивается и одним нагреванием полностью удалить растворитель невозможно. Для ускорения этого процесса и уменьшения температуры кипения применяют отгонку растворителя под вакуумом, но эффективность действия вакуума по мере увеличения концентрации мисцеллы также снижается. По этому отгонку растворителя проводят в присутствии нагретого водяного пара (тогда она возможна без сильного перегрева масла).

Комбинированный способ. При комбинированном способе масло вначале извлекают прессовым методом, а затем экстракционным.

Мисцеллу после экстрагирования фильтруют на специальных фильтрах и сливают в мисцеллосборники. Мисцелла содержит 25...35 % масла. Для удаления масла мисцеллу направляют в дистилляторы непрерывного действия. Вначале мисцеллу подогревают паром в дистилляторе предыдущего подогрева до температуры 100...105 °С; при этом часть растворителя испаряется, концентрация масла повышается до 75...86 %. Затем мисцеллу направляют в другой дистиллятор и снова обрабатывают паром при температуре 210...220 °С, в результате чего из нее полностью удаляется растворитель. Полученное масло выводят из дистиллятора и охлаждают водой в теплообменнике, после чего взвешивают и направляют в хранилище. Растворитель конденсируется и, в дальнейшем, его используют снова.

При производстве растительного масла образуются отходы – **жмых и шрот** – ценные продукты (с большим содержанием белков и жира), используемые для питания животных. Химический состав жмыха зависит от вида семян и содержания масла в сырье, а также от способа его извлечения; шрот отличается более низкой масличностью. Жмых, полученный после переработки семян арахиса, мака, кунжута, используют в кондитерском производстве; шрот после переработки идет на изготовление белка. Масло после прессования или экстрагирования содержит коллоидные примеси (белковые и слизистые вещества), поэтому оно нуждается в дальнейшей очистке.

Очистка масла. Влияние повышенных температур и давления, а обработка органическими растворителями приводят к тому, с маслом из клеток семян извлекаются другие вещества, способные растворяться в масле. В масле всегда находятся глицерины, фосфолипиды, окрашивающие вещества, а также продукты гидролиза этих веществ – свободные жирные кислоты.

При первичной очистке масла на маслодобывающих предприятиях проводится обязательное удаление механических примесей и воды. Рафинация – процесс очистки масел от нежелательных групп липидов и примесей. Существуют различные способы очистки и рафинирования масла: физические (отстаивание, центрифугирование, фильтрование), химические (гидратация, щелочная рафинация и р.) и физико-химические (отбеливание, дезодорация и др.).

Первичная очистка масла. Очистка растительного масла должна проводиться в три этапа:

— грубая очистка растительного масла с целью удаления мелких частичек;

— горячее фильтрование растительного масла с целью удаления мелких частичек из неохлажденного масла;

— отстой в емкостях продолжительностью 6...9 сут. (емкость для отстоя растительного масла необходимо постоянно очищать от осадка). Осадок используют для последующей переработки с мезгой.

При **отстаивании** масла в емкостях твердые взвешенные примеси выпадают в осадок на дно *отстойника*. От механических примесей и воды масло очищается на различных *центрифугах* при **центрифугировании**. Если механические примеси по плотности не отличаются от плотности масла, то они удаляются *фильтрованием*. Масло фильтруют через специальную ткань на **фильтр-прессах**.

При извлечении масла на шнековых прессах вместе с маслом через зерновые щели цилиндра проходит до 5 % и более (от массы перерабатываемого материала) мелких частичек мезги. Твердые частички мезги удаляют из масла на **механизированных гущеловушках**, с помощью горизонтальных центрифуг непрерывного действия, а также фильтрованием на рамных фильтр-прессах. Содержание отстоя в масле после гущеловушки составляет 0,3...0,5 %. Производительность гущеловушки – 10 т/ч масла. На гущеловушках происходит отделение масла от наиболее крупных частичек. Для удаления мелких частичек необходимо проводить обработку масла в центробежном поле. Производительность центрифуги НОГШ-325 – 2 т/ч. После очистки масла отстоя должно быть не более 0,2 %. Дальнейшая очистка масла от механических примесей проводится на **сепараторах АЧ-МСП** (или аналогичного типа), на **дисковых фильтрах ФГДС** или **фильтр-прессах**.

Рафинация масла. В зависимости от назначения некоторые группы структурных липидов, содержащихся в масле, нежелательны. Некоторые чужеродные вещества попадают в масло после прессования или из окружающей среды (полициклические ароматические углеводороды).

Для очистки масла от свободных жирных кислот его обрабатывают водными растворами NaOH (**щелочная нейтрализация**). Кислоты при взаимодействии со щелочами образуют нерастворимые в нейтральном масле соли, которые выпадают в осадок.

Полное удаление окрашивающих веществ (**отбеливание**) может быть достигнуто воздействием адсорбентов – активированного угля или специальной глины (операция **отбеливания** масла). Для улуч-

шения вкуса и удаления несвойственного запаха проводят **дезодорацию масла**. Сквозь масло пропускают перегретый водяной пар, который выносит ароматические вещества.

Коллоидно-растворимые фосфатиды, белковые и другие вещества очищаются с помощью **гидратации**. На гидратацию растительное масло подают в смеси с водой (конденсатом); начальная температура смеси должна быть 45...50 °С. При этом белковые вещества и фосфатиды интенсивно впитывают воду, набухают и образуют хлопья, которые выпадают в осадок. Количество воды, необходимое для удаления фосфолипидов из масла, определяется в лабораторных условиях пробной гидратацией (оно составляет около 0,5 % воды на 1 % фосфолипидов, которые содержатся в масле).

После удаления гидратационного осадка масло направляют на **вымораживание**. Удаление воска и воскоподобных веществ из масла – самостоятельная технологическая операция (**вымораживание**), создающая условия, которые приводят к увеличению кристаллов воска в масле и их удалению при фильтрации.

Упаковка и хранение. В хранилище готовой продукции растительное масло упаковывают в металлическую или пластиковую тару пищевых марок емкостью до 40 дм³ или в стеклянную тару емкостью 0,5 дм³, в пластиковую тару пищевых марок емкостью 0,5 и 1,0 дм³. Растительное масло и жмых необходимо хранить в сухом и затемненном помещении. Свет и повышенная температура приводят к прогорканию масла.

1.3. Устройство и принцип действия технологической линии

Поступающие на кратковременное хранение в силос 2 семена подсолнечника предварительно взвешивают на весах 1 (рисунок 1). Семена могут содержать большое количество примесей, поэтому перед переработкой их дважды очищают на двух- и трехситовых сепараторах 3 и 4, а также на магнитном уловителе 5. Примеси растительного происхождения, отделяемые на сепараторах, собирают и используют в комбикормовом производстве.

Очищенные от примесей семена взвешивают на весах 6 и подают в расходный бункер 7, откуда они транспортируются в шахтную сушилку 8, состоящую из нескольких зон. Сначала семена сушат, а затем охлаждают. В процессе тепловой обработки их влажность уменьшается с 9...15 до 2...7 %. Температура семян во время сушки составляет около 50 °С, после охлаждения – 35 °С. Высушенные семена проходят контроль на весах 9, а затем направляются в силосы 2

на длительное хранение или в промежуточный бункер 10 для дальнейшей переработки.

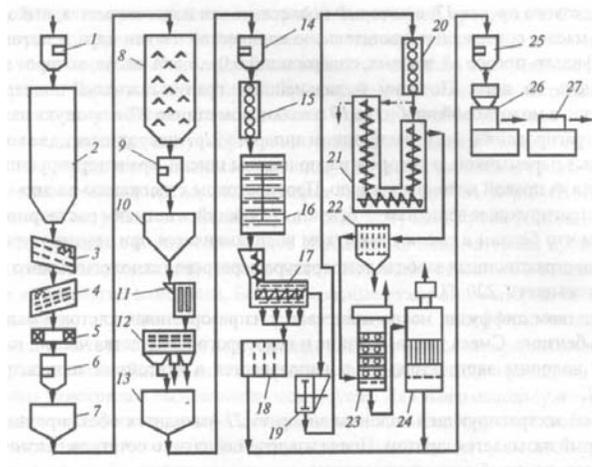


Рисунок 1. Машинно-аппаратурная схема линии производства подсолнечного масла:

- 1, 25, 6, 9, 14 – весы; 2 – силос; 3, 4 – сепараторы; 5 – магнитный уловитель; 7 – бункер; 8 – шахтная сушилка; 10, 13 – промежуточные бункеры; 11 – дисковая мельница; 12 – аспирационная веялка; 15 – пятивальцовый станок; 16 – жаровня; 17 – шнековый пресс; 18 – фильтр-пресс; 19 – молотковая дробилка; 20 – вальцовый станок; 21 – экстракционный аппарат; 21 – экстрактор; 22 – патронный фильтр; 23 – предварительный дистиллятор; 24 – окончательный дистиллятор; 26 – упаковочная машина; 27 – машина для укладки фасованного масла в пачки

Дальнейшая переработка семян заключается в максимальном отделении оболочки от ядра. Этот процесс предусматривает две самостоятельные операции: шелушение (обрушивание) семян и собственно отделение оболочки от ядра (отвеивание, сепарирование). Семена шелушат на дисковой мельнице 11, куда они поступают из промежуточного бункера 10. Рушанка, получаемая из семян после мельницы, представляет собой смесь, состоящую из частиц, различных по массе, форме, парусности и размерам. В рушанке присутствуют целые ядра, их осколки, ряд разнообразных по величине и форме частиц оболочки и, наконец, целые семенедоружки. Поэтому для отделения оболочки от ядра в основном применяют аспирационные веялки – воздушно-ситовые сортирующие машины. Из такой машины 12 ядро подается в промежуточный

бункер 13, а все остальные части смеси обрабатываются для выделения целых ядер и обломков семян подсолнечника, которые вместе с целыми ядрами поступают на дальнейшую переработку.

После взвешивания на весах 14 ядра подсолнечника измельчаются на пятивальцовом станке 15. Процесс измельчения может осуществляться за один раз либо за два раза – предварительно и окончательно. При измельчении происходит разрушение клеточной структуры ядер подсолнечника, что необходимо для создания оптимальных условий для наиболее полного и быстрого извлечения масла при дальнейшем прессовании или экстрагировании.

Продукт измельчения – мезга – со станка 15 поступает в жаровню 16, в которой за счет влаготепловой обработки достигается оптимальная пластичность продукта и создаются условия для облегчения отжима масла на прессах. При жарении влажность мезги понижается до 5...7%, а температура повышается до 105...115 °С.

Из шнекового пресса 17, в который после жаровни подается мезга, выходят два продукта: масло, содержащее значительное количество частиц ядра и потому очищаемое в фильтр-прессе 18, и жмых, содержащий 6,0...6,5% масла, которое необходимо извлечь из него. Поэтому в дальнейшем гранулы жмыха подвергаются измельчению в молотковой дробилке 19 и вальцовом станке 20, а продукт измельчения – экстрагированию в экстракционном аппарате 21. Аппарат имеет две колонны, соединенные перемышкой, в которых расположены шнеки, транспортирующие частицы жмыха из правой колонны в левую. Противотоком к движению жмыха перемещается экстрагирующее вещество – бензин, являющийся летучим растворителем. В связи с тем, что бензин в смеси с воздухом воспламеняется при температуре около 250 °С, на экстракционных заводах температура перегрева технологического пара не должна превышать 220 °С.

Посредством диффузии масло извлекается из разорванных клеток жмыха, растворяясь в бензине. Смесь масла, бензина и некоторого количества частиц вытекает из правой колонны экстрактора 21 и направляется в отстойник или патронный фильтр 22.

Из левой экстрагирующей колонны аппарата 21 выводится обезжиренный продукт, который называется шротом. После извлечения из него остатков бензина шрот направляется на комбикормовые заводы.

Очищенный от твердых частиц раствор масла в бензине – мисцелла – подается на дистилляцию. В предварительном дистилляторе 23 мисцелла нагревается до 105...115 °С, из нее при атмосферном

давлении частично отгоняются пары бензина. В окончательном дистилляторе 24, работающем под разрежением, из мисцеллы удаляются остатки бензина, очищенное масло подается на весы 25. После весового контроля масло подается в упаковочную машину 26, а в машине 27 пачки фасованного масла укладываются в ящики.

1.3. Расчетная часть

Барабанная зерносушилка СЗСБ-8 (рисунок 2) предназначена для сушки различных зерновых культур любой степени влажности и засоренности без предварительной очистки. Сушильный барабан 2 шестисекционный, с подъемно-лопастной системой внутренних устройств. В передней (конусной) части барабана шесть винтовых дорожек, подводящих материал к секторам. Сушильный барабан заканчивается конусным патрубком, к наружному фланцу которого присоединено съемное подпорное кольцо с шестью люками, и имеет два банджа, которыми опирается на металлические ролики, приводящие барабан в движение за счет приводного механизма 9. Зерно выгружается непрерывно при помощи шлюзового затвора разгрузочной камеры 3 и разгрузочного элеватора 5.

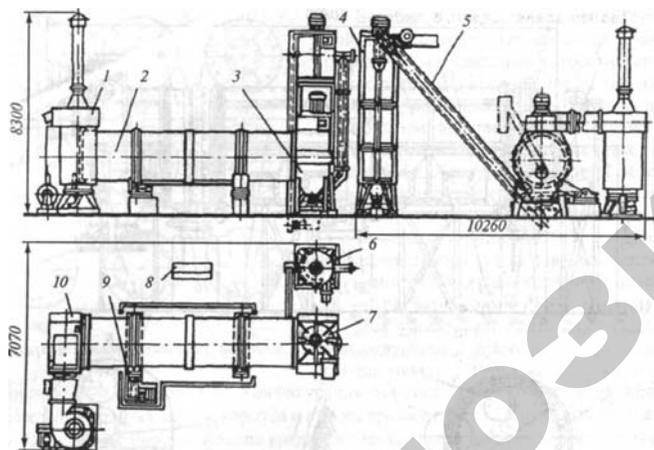


Рисунок 2. Зерносушилка СЗСБ-8:

- 1 – топка; 2 – сушильный барабан; 3 – разгрузочная камера;
4 – вертикальная охлаждающая колонка; 5 – разгрузочный элеватор;
6, 7 – вентилятор; 8 – пульт управления; 9 – приводной механизм;
10 – загрузочная камера

Охлаждающая колонка 4 вертикальная, образована из двух концентрических цилиндров, нижняя часть которых перфорирована, верхняя – сплошная. Кольцевое пространство между цилиндрами служит емкостью для зерна, в которой происходит его охлаждение. К верхней части внутреннего цилиндра присоединен всасывающий патрубок вентилятора 6, который отводит отработавший воздух.

Зерно через загрузочную камеру 10 поступает в сушильный барабан 2, где лопатки барабана и крестовины его подхватывают и поднимают вверх, откуда оно сыпается вниз. При каждом таком сыпании под действием воздушного напора и подпора загрузки зерно перемещается вдоль барабана.

Агент сушки, выходя из топки 1 и проходя через барабан 2, омывает сыпавшийся с пола материал, высушивает его, отводится вентилятором 7. Зерносушилка работает под разрежением во избежание утечки агента сушки через неплотности. Сочленение вращающегося барабана с загрузочной и разгрузочной камерами осуществляется через скользящие лабиринтовые уплотнения. Регулирование пропускной способности зерносушилки осуществляется с пульта управления 8.

Задание. Выполнить расчет прямоточной барабанной сушилки, если заданы: производительность по готовому продукту $G_{м,к}$, кг/ч; температура продукта, °С: начальная θ_0 , конечная θ_k ; температура теплоносителя, °С: начальная t_0 , конечная t_k ; температура наружного воздуха $t_{вх} = 18...23$ °С; вид высушиваемого продукта; вид насадки.

Методика расчета

Для удобства расчетов переведем относительную влажность W , %, материала в абсолютное влагосодержание U , кг/кг,

$$U_0 = W_0 / (100 - W_0),$$

где W_0 – начальная влажность продукта, %;

$$U_k = W_k / (100 - W_k),$$

где W_k – конечная влажность продукта, %.

Рассчитаем производительность сушилки, кг/ч:

по абсолютно сухому продукту

$$G_m = G_{м,к} / (1 + U_k);$$

по испаряемой влаге

$$W = G_m (U_0 - U_k);$$

по исходному продукту

$$G_{m.o} = G_{m.k} + W.$$

Унос материала из сушилки с обработанным воздухом, кг/ч,

$$G_{ун} = K_{ун} G_{m.k},$$

где $K_{ун}$ – коэффициент уноса высушенного материала из барабана, % (таблица 1).

Рабочий объем барабана V_{an} , м³,

$$V_{an} = W/A_v,$$

где A_v – напряжение рабочего объема барабана по испарившейся влаге, кг/(м³·ч) (таблица 2).

Поперечное сечение барабана S_{an} , м²,

$$S_{an} = V_{an}(1 - \beta_m)v,$$

где v – максимально допустимая скорость газов в аппарате, зависящая от насыпной плотности материала, м/с (таблица 3);

β – коэффициент заполнения барабана материалом ($\beta = 0,15 \dots 0,35$).

Длина барабана l_{an} , м,

$$l_{an} = V_{an}/S_{an}.$$

Диаметр барабана D_{an} , м,

$$D_{an} = \sqrt{4S_{an}/\pi}.$$

Таблица 1

Некоторые характеристики высушиваемых продуктов

Наименование продукта	Средняя плотность продукта ρ_m , кг/м ³ ;	Насыпная плотность продукта $\rho_{нс}$, кг/м ³ ;	Удельная теплоемкость продукта c_m , кДж/(кг·К)	Начальная влажность продукта W_o , %	Конечная влажность продукта W_k , %	Коэффициент уноса продукта из барабана, $K_{вн}$, %
1	2	3	4	5	6	7
Сахар	1580	800...900	0,712	0,50...0,55	0,06...0,07	3...8
Соль	2160	1025...1260	0,921	3	0,1	2...9
Пшеница	1430...1530	700...830	1,500...1,600	16...18	10...12	2...3

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Ячмень	1400...1500	550...750	1,490...1,510	16...19	10...12	2...3
Подсолнечник	940	420	2,260...3,850	14...19	7	1...2
Зерна кофе	1420	500...620	3,240...3,680	11	4	1
Рожь	1440...1550	650...690	1,500	15...18	11...12	2...3

Таблица 2

Значения напряжения рабочего объема барабана по испарившейся влаге A_v , кг/(м³·ч)

Температура сушильного агента на входе в барабан t_o , °C	Влажность материала W_o , %		
	<10	10...40	>40
80...150	1...8	6...15	10...20
150...250	10...20	15...40	30...50
150...400	15...30	25...60	50...75
400...650	20...40	30...90	80...120
650...1000	30...60	50...100	80...180

Таблица 3

Максимально допустимая скорость газов v , м/с

Размер частиц, мм	Насыпная плотность материала, кг/м ³				
	350	1000	1400	1800	2200
Менее 0,3	0,5	2,0	3,0	4,0	5,0
От 0,3 до 2	0,5...1,0	2,0...5,0	3,0...7,5	4,0... 10,0	5,0... 12,0
Более 2	1,3	5,3	8,0	10,5	13,0

Влагосодержание воздуха, поступающего в калорифер $X_{вх}$, кг/кг,

$$X_{вх} = 0,622\phi_{вх}p_H/(p - \phi_{вх}p_H),$$

где $\phi_{вх}$ – относительная влажность наружного воздуха ($\phi_{вх} = 0,60 \dots 0,85$);
 p – барометрическое давление воздуха ($p = 99,5$ кПа), Па;
 p_H – давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре наружного воздуха $t_{вх} = 18 \dots 23$ °C (приложение, таблица П. 1).

Энтальпия наружного воздуха $l_{\text{вх}}$, кДж/кг,

$$l_{\text{вх}} = c_r t_{\text{вх}} + (r_0 + c_n t_{\text{вх}}) X_{\text{вх}},$$

где c_r – удельная теплоемкость наружного воздуха, кДж/(кг·К), $c_r = 1,006$ кДж/(кг·К);

$t_{\text{вх}} = 18...23$ °С – температура наружного воздуха;

r_0 – удельная теплота парообразования при 0 °С, кДж/кг ($r_0 = 2495$ кДж/кг);

$c_n = 1,965$ кДж/(кг·К) – удельная теплоемкость пара, кДж/(кг·К).

Учитывая, что $X_0 = X_{\text{вх}}$, найдем энтальпию нагретого воздуха на входе в сушилку, кДж/кг,

$$l_0 = c_r t_0 + (r_0 + c_n t_0) X_0.$$

Удельный расход теплоты на нагрев высушиваемого материала, кДж/кг,

$$q_m = (c_m + c_{\text{ж}} U_k)(\theta_k - \theta_0)/(U_0 - U_k),$$

где c_m – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К);

$c_{\text{ж}} = 4,187$ кДж/(кг·К) – удельная теплоемкость воды.

Удельный расход теплоты на компенсацию энергии связи влаги с материалом, кДж/кг,

$$\bar{q}_c = (a/2)(U_0 - U_k),$$

где $a = 4200$ кДж/кг – постоянная величина.

Удельные тепловые потери $q_{\text{нм}}$ примем равными 10 % от q_m :

$$q_{\text{нм}} = 0,1 \cdot q_m.$$

Тогда изменение потенциала воздуха относительно испарившейся влаги, кДж/кг,

$$\Delta = c_{\text{ж}} \theta_0 - (q_m + \bar{q}_c + q_{\text{нм}}).$$

Энтальпия пара при конечной температуре t_k , кДж/кг,

$$l_{\text{н.к}} = r_0 + c_n t_k.$$

Конечная энтальпия влажного воздуха, кДж/кг,

$$l_k = [c_r t_k \Delta + l_{\text{н.к}}(X_0 \Delta - l_0)] / (\Delta - l_{\text{н.к}}).$$

Конечное влагосодержание воздуха, кг/кг,

$$X_k = (l_k - l_0) / \Delta + X_0.$$

Тогда

$$\Delta X = X_k - X_0.$$

Расход теплоты в калорифере, кДж/кг,

$$Q_{\text{кп}} = q_m W = [(l_0 - l_{\text{вх}})/(X_k - X_0)] W.$$

Расход воздуха, кг/ч,

$$L = W / \Delta X.$$

Время сушки $\tau_{\text{суш}}$, мин,

$$\tau_{\text{суш}} = \frac{120 \beta_m \rho_{\text{нс}} (W_0 - W_k)}{A_v [200 - (W_0 - W_k)]},$$

где β_m – коэффициент заполнения барабана материалом ($\beta_m = 0,15...0,35$).

Объем материала, находящегося в барабане, м³,

$$V_m^* = \frac{\tau_{\text{суш}} (G_{\text{мо}} + G_{\text{мк}} - G_{\text{ун}})}{120 \rho_{\text{нс}}}.$$

Время пребывания материала в аппарате (проверка), мин,

$$\tau = \frac{V_m^*}{V_m} = \frac{2V_m^* \rho_{\text{нс}}}{G_{\text{мо}} + G_{\text{мк}} - G_{\text{ун}}}.$$

Уточним коэффициент заполнения барабана материалом:

$$\beta_m = V_m^* / V_{\text{ан}},$$

что близко к принятому в исходных данных.

Число оборотов барабана для сушилок с подъемно-лопастной и комбинированной насадкой n , об/мин,

$$n = m k l_{\text{ан}} / \tau D_{\text{ан}} \text{tg} \alpha,$$

где m, k – коэффициенты, зависящие от типа насадки и направления движения теплоносителя (при насадке типов б-2, и (рисунки 3), $m =$

= 0,6, $k \geq 0,2$ (прямоток), $k = 0,5$ (противоток); при насадке типа δ – жс $m = 0,75 \dots 1,0$, $k \geq 0,7$ (прямоток), $k \leq 2,0$ (противоток);

τ – время пребывания материала в барабане, мин;

α – угол наклона барабана ($\alpha = 3,5^\circ$).

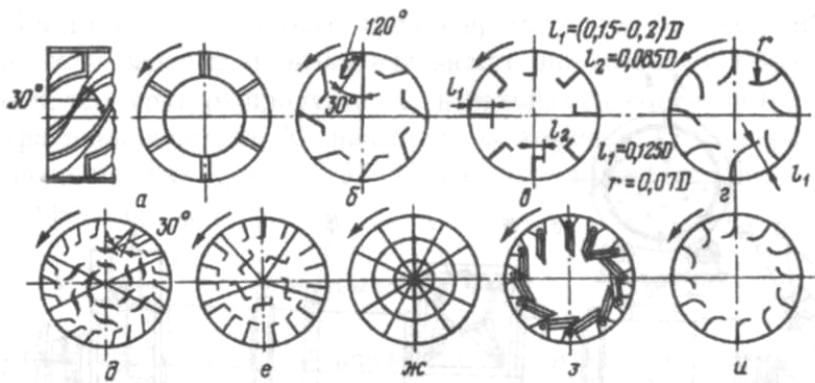


Рисунок 3. Схемы некоторых внутренних насадок барабанных сушилок: а – винтовая распределительная (приемно-винтовая); б, в, з, и – подъемно-лопастная; д, е – лопастная секторная; жс – секторная (перевалочная); з – самоочищающиеся лопатки

Скорость воздуха в свободном сечении барабана, м/с,

$$\omega = V/S_{an}(1 - \beta_m - \beta_n),$$

где β_n – коэффициент заполнения барабана насадкой ($\beta_n = 0,05 \dots 0,10$).

Таблица 4

Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	Вид продукта	Производительность $G_{м.к.}$, кг/ч	Температура продукта, °С		Температура теплоносителя, °С		Вид насадки
			начальная θ_o	конечная θ_k	начальная t_o	конечная t_k	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сахар	16000	47	34	120	60	Подъемно-лопастная
2	Соль	3500	21	80	350	80	
3	Пшеница	5000	20	55	150	70	
4	Ячмень	4800	20	54	135	62	

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	
5	Подсолнечник	3600	19	75	150	90	Лопастная секторная	
6	Зерна кофе	1500	18	120	135	120		
7	Рожь	4300	21	53	250	68		
8	Сахар	15800	46	33	280	58		
9	Соль	7800	19	85	148	75		
10	Пшеница	4600	17	50	118	66		
11	Ячмень	3800	21	52	320	63		
12	Подсолнечник	3200	20	73	150	85		
13	Зерна кофе	700	19	110	144	150		
14	Рожь	4100	20	51	220	58		Подъемно-лопастная
15	Сахар	15500	45	34	290	59		
16	Соль	2900	20	90	140	110		
17	Подсолнечник	3400	21	65	119	70		
18	Сахар	15700	46	36	121	61		
19	Соль	3100	18	120	280	60		
20	Пшеница	6100	17	50	128	54		
21	Ячмень	3800	17	50	134	55		
22	Подсолнечник	4800	22	68	210	75		
23	Зерна кофе	650	20	140	250	130		
24	Рожь	4700	19	50	138	58		
25	Зерна кофе	850	21	155	270	145		

Содержание отчета:

- 1) цель работы;
- 2) теоретическая часть, в которой излагаются теоретические основы технологии производства растительных масел (заполнить таблицу 5);
- 3) классификация сушилок; чертеж, описание конструкции и принципа действия одной из следующих сушилок: **барабанные сушилки** – СБУ-1, А1-ИФИ; **конвейерные сушилки** – Г4-КСК-90,

СКО-90, ЧСП-1М, ЛС-2А; *агрегаты с кипящими и виброкипящими слоями* – РЗ-ОСС, А1-ОГК, А1-ФМУ; *распылительные сушилки* – ЦТР-500, СРЦ-8/300-НК; *вакуум-сублимационные сушилки* – УСС-5, В2-ФСБ, ВСГ; *микроволновые сушильные установки* – микроволновая вакуумная сушилка (барабанного типа), микроволновая сушилка (шнекового типа), микроволновая сушилка (шахтного типа); техническая характеристика;

4) расчетная часть, в которой дается расчет барабанной сушилки по предлагаемому варианту (таблица 4).

Таблица 5

Название технологической операции	Цель технологической операции	Технологические режимы	Применяемое оборудование	Классификация оборудования	
				по выполняемым общим функциям	по характеру воздействия на обрабатываемый продукт
Вид технологической линии					

Задание 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА-РЕКТИФИКАТА

Цель работы: изучение теоретических основ производства спирта-ректификата, устройства и принципа действия технологической линии, классификации этикетировочных автоматов, их устройства и принципа действия; приобретение практических навыков по расчету этикетировочного аппарата.

2.1. Характеристика сырья и готового продукта

Этиловый или винный спирт – это прозрачная бесцветная жидкость со жгучим вкусом и характерным запахом. Он летуч, смешивается с водой в любых соотношениях, является хорошим растворителем для многих веществ.

Этиловый спирт получают двумя способами – **микробиологическим и химическим**. Этиловый ректификационный спирт получают из крахмалистого (злаковые культуры, картофель) и сахаросодержащего сырья (свекла, меласса – отход свеклосахарного производства). Существуют еще **гидролизный и сульфитный спирты**. Их получают из непищевого сырья – древесины, соломы, хлопковой шелухи. Для производства алкогольных напитков разрешен только спирт, полученный микробиологическим путем.

К вспомогательным материалам относятся:

вещества для дополнительного питания дрожжей – ортофосфорная кислота, сульфат аммония, карбамид;

биостимуляторы (для ускорения проращивания зерна и повышения ферментативной активности солода) – *гиббереллин*;

кислоты для подкисления суслу – серная или соляная;

моющие и антимикробные средства для мойки оборудования и подавления микрофлоры – *каустическая или кальцинированная сода, хлорная известь, формалин*;

пеногасители – жиры, масла и продукты их гидролитического распада – *высокомолекулярные жирные кислоты*.

К побочному сырью относятся:

барда, которую используют на корм животным в натуральном или высушенном состоянии. Зерновая барда содержит 7...8 % сухих веществ, картофельная – 5 %;

эфироальдегидный концентрат, который используется при производстве кормовых дрожжей. Из него получают уксусный альдегид, этилоацетатный растворитель;

сивушное масло используется, в основном, как сырье для получения высших спиртов (амилового, бутилового, пропилового), использующихся в органическом синтезе, при изготовлении медицинских препаратов, душистых веществ;

сивушный спирт – может использоваться для технических целей;

лютерная вода имеет кислую реакцию среды. При сбрасывании ее в канализацию необходима очистка. Может использоваться при приготовлении зерновых замесов.

Так как в мелассе отсутствуют клетчатка и неосахаренный крахмал, из технологической схемы исключаются такие операции, как разваривание сырья и осахаривание крахмала.

2.2. Технологические операции производства

Подготовка сырья к переработке. Подготовка картофеля заключается в доставке сырья на завод, отделении примесей, измельчении и приготовлении замеса.

Подготовка зерна к переработке – это очистка от пыли, земли, камней, металломагнитных и других примесей, измельчение.

Цель помола – создать условия для максимального извлечения крахмала, белков и других соединений из продукта для дальнейшей их переработки. Используют тонкий или сверхтонкий помолы. Специальных машин для тонкого измельчения нет, поэтому зерно последовательно пропускают через две машины – молотковые и вальцовые дробилки. Между машинами устанавливают рассев для отбора фракций с размером частиц более 1 мм. Эти фракции направляют на повторное измельчение.

Получило распространение сверхтонкое измельчение сырья, позволяющее получать высокодисперсные помолы, содержащие 80...95 % частиц размером менее 250 мкм. Сырье измельчают с помощью специальных установок, оборудованных измельчающей машиной – дезинтегратором и сепарирующим устройством. Это сложный процесс, сопровождающийся механическим деформированием сырья и механической деструкцией макромолекул. При этом возникают физико-химические изменения высокополимеров (клетчатки, крахмала, белков). В результате значительно возрастает по сравнению с тонким помолом содержание растворимых

сахаров, аминокислот и легко усвояемых дрожжами питательных веществ. Разваривание сырья при сверхтонких помолах проводят в условиях пониженных температур (95–110 °С), что обуславливает уменьшение потерь крахмала.

Разваривание крахмалсодержащего сырья. После измельчения сырья его подвергают **водно-тепловой обработке**. **Основная цель разваривания** – разрушение клеточной структуры и растворение крахмала сырья, т. е. подготовка сырья к осахариванию.

Температура подваривания **картофеля** составляет 80...85 °С, а разваривания – 136...140 °С. На приготовление замеса из картофеля расход воды составляет 0...0,2:1 в зависимости от крахмалистости картофеля. Продолжительность разваривания 2...3 мин. Разваривание последовательно происходит в подогревателе, контактор-подогревателе и далее в прямоточном трубчатом разварнике. После этого разваренная масса охлаждается в конденсаторе до температуры 58...62 °С и подается в осахариватель.

Зерно разваривается в зависимости от тонкости помола несколькими способами.

В качестве типовых приняты две схемы непрерывного разваривания сырья. Первая схема предусматривает разваривание сырья при пониженной температуре 130...140 °С и продолжительности выдержки 50...60 мин, вторая – при повышенной температуре – 165...172 °С и продолжительности разваривания – 2...4 мин.

Третья схема предусматривает сверхтонкое измельчение сырья, механическое активирование солода, разваривание сырья при пониженных температурах – 80...130 °С, использование вакуума для охлаждения суслу.

Осахаривание крахмалсодержащего сырья. **Осахаривание** – процесс распада крахмала до моносахаров, т. е. до глюкозы под воздействием ферментов солода или микробных препаратов.

Из полученного солода готовят **солодовое молоко**. Для этого измельченный солод смешивают с водой в соотношении 1:2...2,5, добавляют для дезинфекции формалин, выдерживают в течение 25...30 мин. и разбавляют чистой водой из расчета 4...5 на 1 г солода. Запрещается применять солод, полученный из зерна той же культуры, которая используется для переработки на спирт.

Одновременно происходит гидролиз белков под действием протеолитических ферментов до аминокислот, которые легко усваиваются дрожжами.

Осахаренную массу называют суслom. Процесс осахаривания включает следующие операции:

- 1) охлаждение осахариваемой массы;
- 2) смешивание массы с осахаривающим материалом;
- 3) осахаривание;
- 4) охлаждение сусла.

При осахаривании разваренная масса поступает в осахариватель, в котором масса охлаждается до 57...58 °С в течение 10 мин. Одновременно с охлаждением в аппарат задают 16...18 % солодового молока от объема разваренной массы. Осахаренная масса непрерывно отводится из осахаривателя через теплообменник, в котором охлаждается до 20...24 °С, в бродильное отделение.

При осахаривании поверхностными культурами плесневых грибов разваренную массу охлаждают до 57...58 °С. Продолжительность осахаривания разваренной массы сокращается до 5 мин.

Готовое сусло содержит сухих веществ 16...8 мас. %, его кислотность 0,25...0,3°, а pH 5...5,3. При пробе на йод окраска сусла не изменяется.

Для брожения используют культурные дрожжи из семейства сахаромикетов. В начале производственного сезона дрожжи получают из чистой культуры.

Сбраживание осахаренной массы. Сахара, полученные в результате гидролиза крахмала, проникают в дрожжевую клетку и используются ею для своей жизнедеятельности, в результате которой образуются спирт и диоксид углерода или углекислый газ. Эти продукты выбрасываются в окружающую среду, т. е. сусло. **Бродящее сусло называют бражкой.** С момента введения производственных дрожжей в охлажденное сусло начинается брожение. **Процесс брожения можно разделить на 3 периода:**

- 1) **взбраживание** – продолжается размножение дрожжей;
- 2) **главное брожение** – происходит сбраживание основного количества сахаров;
- 3) **дображивание** – оканчивается доосахаривание декстринов и крахмала ферментами с последующим их дображиванием дрожжами.

В настоящее время на заводах применяют непрерывно-поточный, поточно-циркулярный и циклический способы брожения. При этих способах брожения используются отдельные емкости – дрожжевой аппарат, взбраживатель, батареи бродильных аппаратов. Продолжительность брожения сусла составляет 60...62 часа. Оборудование требует периодического освобождения от бражки и профилактической стерилизации всей системы.

При периодическом брожении все его стадии протекают в одном аппарате. Продолжительность брожения составляет 72 часа. Периодическое сбраживание проводят только на малых заводах.

Извлечение спирта из бражки и его очистка. Зрелая бражка – полупродукт спиртового производства. Бражка – сложная многокомпонентная система, состоящая из трех фаз: жидкой, газообразной и твердой. Жидкая фаза составляет основную долю из суммы трех фаз. Она представлена водой (82...90 мас. %) и этиловым спиртом 4,8...8,8 мас. % (или 6...11 об. %) с сопутствующими легколетучими примесями, число которых превышает 70 наименований. Среди летучих примесей – кислоты, сложные эфиры, альдегиды и высшие спирты, серо- и азотсодержащие примеси. Летучие вещества бражки составляют 0,5 % по отношению к этиловому спирту, содержащемуся в ней.

Твердая фаза бражки представлена нерастворимыми частицами исходного сырья – шелухой и дробинкой. К ней относятся также все вещества, которые остаются в остатке после выпаривания спирта, воды и летучих примесей. Это растворимые экстрактивные вещества органического и неорганического происхождения. К первым относят несброженные сахара, декстрины, белки, а ко вторым – минеральные вещества. В мелассной бражке содержится СВ 8...10 мас. %, в зерновой – 5...7, а в картофельной – 3... мас. %.

Газообразная фаза бражки представлена главным образом диоксидом углерода – продуктом жизнедеятельности дрожжей, который образуется при сбраживании сахаров.

Извлечение этилового спирта из бражки и его очистка осуществляются ректификацией. Ректификацией принято называть процесс разделения бинарной или многокомпонентной жидкой смеси на компоненты или группы компонентов (фракции), различающиеся между собой летучестью. Разделение бинарной смеси «спирт–вода» часто называют простой перегонкой или дистилляцией. Разделение однородных летучих смесей осуществляют путем многократного двустороннего массо- и теплообмена между противоточно движущимися паровым и жидкостным потоками.

При взаимодействии фаз в процессе ректификации происходит диффузия (перенос) легколетучего компонента из жидкой фазы в паровую и труднолетучего компонента, наоборот, из паровой фазы в жидкую.

По техническому назначению ректификационные установки бывают трех типов:

- сырцовые – предназначены для получения спирта-сырца, содержащего этанол и летучие примеси;
- ректификационные – спирт-сырец очищают и получают ректификационный спирт;
- брагоректификационные – спирт получают непосредственно из бражки.

2.3. Устройство и принцип действия технологической линии

Измельченное зерно после молотковой дробилки 3 поступает в смеситель 5 через лоток 2, где смешивается с теплой водой температурой 60...65 °С и α -амилазой ферментативного препарата, поступающего из расходного сборника 1 (рисунок 3). 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 α -амилазы.

При переработке картофеля измельченная на молотковой дробилке 4 картофельная кашка также подается в смеситель 5, где смешивается в нем 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 α -амилазы. При переработке измельченный картофель, смешанный с α -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 дозирующих 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 распределителя 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, подающее 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.

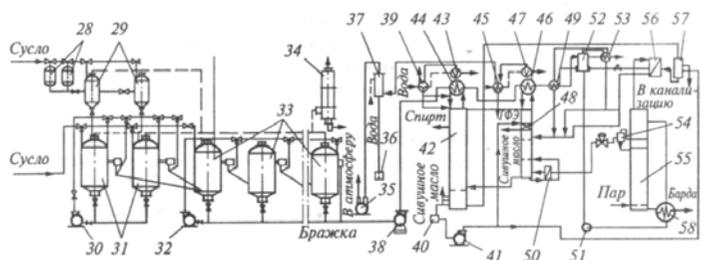
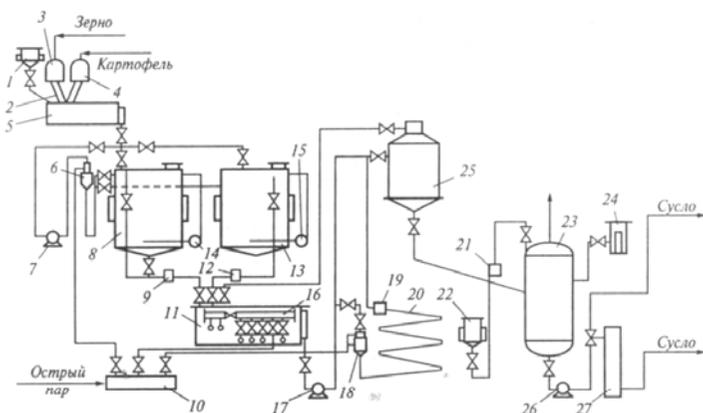


Рисунок 3. Машинно-аппаратурная схема линии производства этилового ректификационного пищевого спирта:

- 1 – расходный сборник; 2 – лоток; 3, 4 – молотковая дробилка; 5 – смеситель;
- 6 – контактная головка; 7, 17 – насосы; 8, 13 – аппараты I степени;
- 9, 12 – дозировочные устройства; 10 – распределитель;
- 11 – аппарат гидродинамической и ферментативной обработки II степени;
- 14, 15 – центробежные насосы; 16 – мешалка; 18 – контактная головка;
- 19 – регулирующий клапан; 20 – трубчатый стерилизатор; 21 – дозатор;
- 22 – расходный сборник; 23 – испаритель-осахариватель; 24 – сборник;
- 25 – паросепаратор; 26 – плунжерный насос; 27 – теплообменный аппарат;
- 28 – дрожжанка; 29 – взбрызгиватель; 30, 32, 38, 41 – насосы; 31 – головной бродильный аппарат; 33 – бродильный аппарат; 34 – спиртоловушка; 35 – вакуум-насос;
- 36 – сборник барометрической воды; 37 – барометрический конденсатор;
- 39 – спиртоловушка; 40 – сборник лютерной воды;
- 42 – ректификационная колонна; 43 – дефлегматор; 44, 47, 53 – конденсатор;
- 45 – спиртоловушка; 46 – дефлегматор элюционной колонны; 48 – элюционная колонна; 49 – дополнительный подогреватель бражки; 50 – подогреватель бражки; 51 – дополнительный насос; 52 – сепаратор; 54 – пеноловушка; 55 – браго-элюционная колонна; 56 – коллектор бражного дистиллята; 58 – теплообменник

В дефлегматоре 43 бражка нагревается теплом конденсации спиртовых паров ректификационной колонны 42 до 40...50 °С. Из теплообменника бражка поступает в дефлегматор элюционной колонны 46, догревается в нем водно-спиртовыми парами элюционной 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 брагоэлюционной 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 брагоэлюционной колонны 55. Колонна 55 состоит из 34 тарелок, 18 из которых расположены в отгонной части колонны, 11 – в элюрирующей и 5 (пеноулавливающие) – над элюрирующей частью колонны. Элюрирующая и отгонная части брагоэлюционной колонны 55 разграничены между собой цилиндрической обечайкой с патрубком для отбора элюрированных водно-спиртовых паров.

В элюрирующей части колонны 55 из бражки отгоняется часть спирта с сопутствующими спирту головными и промежуточными примесями, который в виде парового потока поступает в межтрубное пространство испарителя, испаряет лютерную воду, конденсируется и поступает в коллектор бражного дистиллята 56.

Элюрированная бражка переходит в отгонную часть брагоэлюционной колонны 55, где из нее полностью отгоняется спирт. Барда отводится в теплообменник 58, где отдает тепло бражке и охлаждается до 70...75 °С. Колонна 55 работает при давлении 150...170 кПа.

Элюрированные водно-спиртовые пары из брагоэлюционной колонны 55 через пеноловушку 54 поступают в кипятильник 50, обогревая при этом элюционную колонну. Конденсат элюрированных паров из кипятильника 50 направляется на 10-ю или 15-ю тарелки элюционной колонны 48. Бражной дистиллят из коллектора 56 поступает на 20-ю и 25-ю тарелки элюционной колонны 48.

Элюционная 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. Примеси, не выделенные в эпюрационной колонне 48, конденсируются в нижней части ректификационной колонны 42 и отводятся с 1...10-й тарелок 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-тарельчатая царга с многоколпачковыми тарелками. Вода, поступающая на орошение в барометрический конденсатор 37, отводится в сборник барометрической воды 36.

2.4. Расчетная часть

Этикетировочный автомат ВЭМ (рисунок 3) предназначен для наклеивания этикеток на цилиндрическую поверхность бутылок и стеклянных банок с одновременной простановкой штампея на этикетках с указанием даты и смены выпуска продукта. Он состоит из пластинчатого транспортера 1, вакуум-барабана 2, механизма магазина этикеток 7, клеевой ванны 5, станины 3 с приводом штампельного 6 и блокировочного устройств, комплекта ограждений и вакуум-насоса.

Пластинчатый транспортер предназначен для перемещения бутылок (или банок) по автомату в процессе этикетирования. Он представляет собой дистанционное устройство, выполненное в виде шнека, и накатного транспортера, состоящего из приводного, натяжного и шести опорных роликов, соединенных пятью резиновыми ремнями.

Шнек распределяет поступающие на оклейку бутылки и своевременно выдает их к этикетопереносчикам вакуум-барабана. Накатный транспортер приводит бутылку во вращение, обеспечивая тем самым разглаживание этикетки на ее цилиндрической части. Для поджатия бутылок к этикетопереносчику и накатному транспортеру в процессе накатки этикетки и ее разглаживания служат подушки из мягкой губчатой резины.

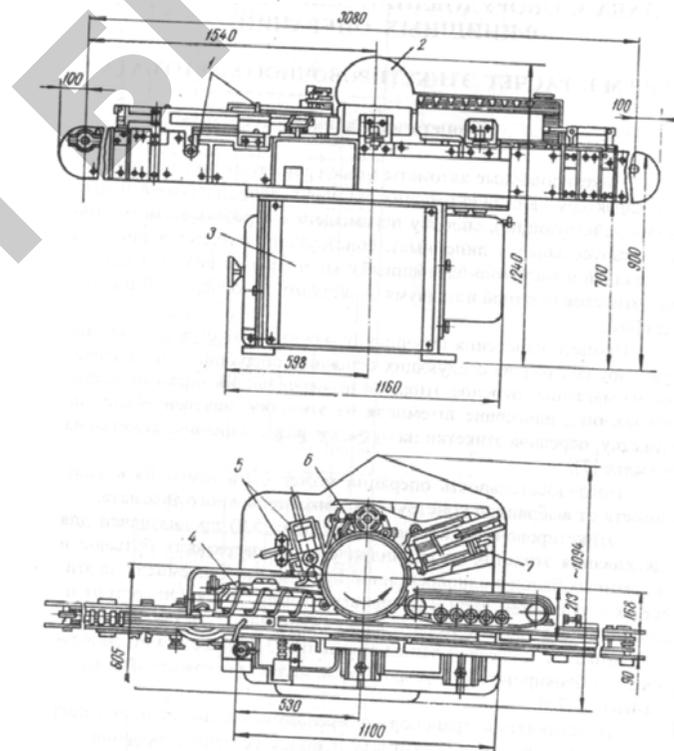


Рисунок 3. Этикетировочный автомат:

1 – пластинчатый транспортер; 2 – вакуум-барабан; 3 – станина; 4 – шнек; 5 – клеевая ванна; 6 – штампельное устройство; 7 – механизм магазина этикеток

Вакуум-барабан является основным рабочим органом автомата и предназначен для переноса этикетки от этикетного магазина к бутылке и накатки ее на бутылку, для чего он оснащен шестью этикетопереносчиками. Вакуум-барабан вращается на вертикальной

оси и снабжен золотниковым устройством, распределяющим вакуум по этикетопереносчикам. Рабочая поверхность этикетопереносчика оклеена слоем резины и представляет собой часть цилиндра, на которой удерживается взятая из магазина этикетка. На рабочей поверхности этикетопереносчика имеются отверстия. Они в определенный момент соединяются с вакуум-системой, обеспечивая присасывание этикетки к рабочей поверхности.

Этикетный механизм предназначен для помещения в нем запаса этикеток и передачи их на вакуум-барабан. Привод этикетного механизма состоит из механизмов качания и поступательного движения этикетного магазина. Сложное движение этикетного магазина обеспечивает правильную передачу этикеток из магазина на вакуум-барабан и блокировку «Нет бутылки – нет этикеток».

Находящиеся на транспортере автомата бутылки расставляются шнеком с определенным шагом и поступают далее по касательной к вакуум-барабану. Одновременно этикетный магазин при движении вперед и по направлению вращения вакуум-барабана нажимает роликом на клапан, соединяя отверстия присосов этикетопереносчиков с вакуумом. Вследствие равенства скоростей вакуум-барабана и этикетного механизма на определенном участке пути их движения этикетка присасывается к этикетопереносчику передним краем и при замедлении движения этикетного магазина в конце его рабочего хода извлекается.

Клеевая ванна предназначена для нанесения клея полосами на внутреннюю сторону этикетки в момент прохождения ее в зоне клеевой ванны. Привод клеевой ванны обеспечивает вращение клеевого и намазного роликов и качательное движение ванны. Качательное движение создает предпосылки для создания блокировки «Нет этикетки – нет клея». В момент нанесения клея этикетка придерживается на вакуум-барабане гребенкой.

Штемпелирующий механизм совершает качательное движение, позволяющее осуществить блокировку «Нет этикеток – нет штемпеля». Механизм блокировки «Нет этикетки – нет клея» и «Нет этикетки – нет штемпеля» предназначен для предупреждения замазывания клеем и штемпельной краской поверхности этикетопереносчика при отсутствии на нем этикетки.

Частота вращения шнека, скорость движения транспортера и частота вращения вакуум-барабана обеспечивают синхронность движения этикетки и бутылки, а исходное относительное положение пера шнека и этикетопереносчика вакуум-барабана – точную

встречу бутылок и этикетки. При встрече бутылка входит в клин между подушкой из губчатой резины и вакуум-барабаном и захватывается им, поскольку угол клина меньше угла трения резины о стекло. Этикетка накатывается на бутылку, т. к. в момент встречи этикетки и бутылки вакуум перекрывается и присосы этикетопереносчика сообщаются с атмосферой.

Бутылки, попадая между накатным транспортером и второй подушкой из губчатой резины, движутся, вращаясь вокруг своей оси, со скоростью, равной скорости движения транспортера. При этом происходит разглаживание этикетки на бутылках.

Внутри станины размещен привод механизмов автомата, состоящий из электродвигателя и системы передач, а также вакуум-насос с электродвигателем.

Задание. Выполнить расчет этикетировочного автомата, если заданы: Q – производительность, бут/ч; $\omega_{ш}$ – угловая скорость вращения шнека, рад/с; D_3 – диаметр ведущего ролика, м; $D_{бут}$ – диаметр бутылки, м; D_6 – диаметр вакуумного барабана, м.

Методика расчета

Угловая скорость вращения вакуумного барабана ω_6 , рад/с,

$$\omega_6 = \frac{\pi \cdot Q}{1800u},$$

где Q – производительность, бут/ч;

u – количество сегментов этикетопереносчиков, шт. ($u = 6$ шт.).

Скорость перемещения бутылок шнеком $v_{ш}$, м/с,

$$v_{ш} = \tau \cdot \omega_{ш},$$

где τ – шаг шнека, м (принимается равным диаметру бутылок);

$\omega_{ш}$ – угловая скорость вращения шнека, рад/с.

Скорость движения пластинчатого транспортера $v_{тр}$, м/с,

$$v_{тр} = k \cdot v_{ш}$$

где k – коэффициент, учитывающий проскальзывание бутылок на транспортере ($k = 1, 2 \dots 1, 3$).

Угловая скорость вращения ведущего ролика накатного транспортера определяется из условия равенства линейных скоростей накатного транспортера и качения бутылки по резиновой подушке ω_1 , рад/с,

$$\omega_1 = D_6 \cdot \omega_6 / D_3,$$

где D_6 и D_3 – диаметр барабана и ведущего ролика, м.

Угловая скорость намазного ролика должна соответствовать угловой скорости вакуумного барабана для обеспечения оптимальных условий нанесения клея на этикетку.

Угловая скорость вращения ролика ω_p , рад/с,

$$\omega_p = D_6 \cdot \omega_6 / D_{н.р.},$$

где $D_{н.р.}$ – диаметр намазного ролика, м ($D_{н.р.} = 0,040$ м).

Определение расхода мощности. Расчет энергии, потребляемой линейным этикетировочным автоматом типа ВЭМ, сводится к определению всех затрат мощности, необходимых для привода каждого механизма:

$$N = N_m + N_n + N_h + N_k + N_6 + N_{тр.}$$

где N_m , N_n , N_h , N_k , N_6 , $N_{тр.}$ – соответственно мощность, необходимая для привода механизмов качания магазинов, механизмов перемещения магазинов, накатного транспортера, клеевого механизма, вакуумного барабана, эластичного транспортера.

Мощность, необходимая для привода механизмов качания этикетных магазинов N_m , кВт,

$$N_m = N_{m1} + N_{m2},$$

где N_{m1} – мощность, необходимая для привода кулачковых механизмов, кВт,

$$N_{m1} = 10^{-3} F_1 \cdot r_1 \cdot \omega_k.$$

здесь F_1 – усилие на ролике, Н ($F_1 = 45$ Н);

r_1 – расстояние от точки приложения силы до оси рычага, м ($r_1 = 0,018$ м);

ω_k – угловая скорость вращения кулачка, рад/с;

N_{m2} – мощность, необходимая на преодоление трения ролика, кВт,

$$N_{m2} = 10^{-3} F_1 \cdot f \cdot r_n \cdot \omega_k \cdot r_k / r_p,$$

здесь f – коэффициент трения скольжения стали по бронзе ($f = 0,8$); r_n , r_k и r_p – соответственно радиусы пальца, кулачка и ролика, м ($r_n = 0,004$ м, $r_k = 0,030$ м и $r_p = 0,006$ м).

Мощность, расходуемая на перемещение магазинов, включает мощности, необходимые для привода механизмов качания рычага, перемещения плиты и кассеты (в расчете примите $N_n = 0,2$ кВт).

Мощность, необходимая для привода накатного транспортера N_h , кВт,

$$N_h = N_{h1} + N_{h2} + N_{h3},$$

где N_{h1} – мощность, расходуемая на трение скольжения бутылки по резиновой подушке, кВт;

N_{h2} – мощность, расходуемая на скольжение бутылки по накатным ремням, кВт;

N_{h3} – мощность, расходуемая на преодоление различных сопротивлений, кВт.

На накатной транспортер бутылки поступают с шагом t .

При длине транспортера L на нем одновременно находится количество бутылок, шт.,

$$K = L/t.$$

Скольжение бутылки по резиновой подушке происходит при увеличении длины опорной плоскости подушки на $l = l_{acb} - l_{ab}$ (рисунок 4, а). С усилием q , Н, бутылка вдавливаются в подушку на половину своего диаметра (в зависимости от вместимости бутылки обычно $q = 600 \dots 800$ Н).

Увеличение длины l , м, опорной поверхности подушки при погружении в нее бутылки

$$l = \frac{\pi \cdot D_{бут}}{2} - D_{бут} = D_{бут} \cdot \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right).$$

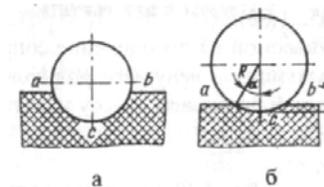


Рисунок 4. Схема для расчета мощности, затрачиваемой на преодоление сопротивления движению бутылки по резиновой подушке (а), движению бутылки по накатным ремням (б)

Скорость скольжения бутылки по транспортеру, м/с,

$$v = v_{\text{тр}} \cdot l / D_{\text{бут}},$$

где $v_{\text{тр}}$ – скорость движения пластинчатого транспортера, м/с.

Мощность на преодоление сопротивления сил упругости подушки одной бутылкой, кВт,

$$N = P \cdot v_{\text{тр}},$$

где P – усилие перемещения бутылки вдоль транспортера, Н.

$$P = q \cdot f_c,$$

здесь $f_c = 0,4$ – коэффициент трения скольжения стекла по резине;

q – усилие, с которым бутылка вдавливаясь в подушку на половину своего диаметра (обычно $q = 600 \dots 800$ Н, зависит от вместимости бутылки), Н.

Окончательный расход мощности, кВт, на преодоление сопротивления сил упругости подушки бутылками

$$N_{\text{н1}} = 10^{-3} P \cdot v_{\text{тр}} \cdot K.$$

Резина накатных ремней деформируется под давлением бутылки на глубину $h = 0,003$ м (рисунок 4, б).

Увеличение длины опорной плоскости ремня, м,

$$l_p = R_{\text{бут}} \cdot \alpha / 3,$$

где $R_{\text{бут}}$ – радиус цилиндрической части бутылки ($R_{\text{бут}} = D_{\text{бут}} / 2$), м;
 α – половина угла контакта, рад.

$$\alpha = \arccos \left[(R_{\text{бут}} - h) / R_{\text{бут}} \right].$$

Скорость скольжения бутылки по ремням, м/с,

$$v_p = v_{\text{тр}} \cdot l_p / D_{\text{бут}}.$$

Мощность на преодоление сопротивления бутылок движению ремней, кВт,

$$N_{\text{н2}} = 10^{-3} \cdot k_1 \cdot P \cdot v_p,$$

41

где k_1 – коэффициент запаса ($k_1 = 1,05 \dots 1,08$).

Для расчета мощности, затрачиваемой на преодоление сопротивлений поддерживающих, направляющих и ведущего роликов, а также потерь мощности на изгиб ремней, разбиваем трассу накатного транспортера на участки (рисунок 5).

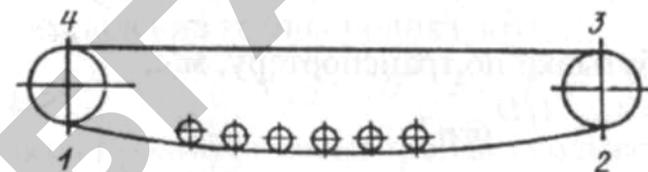


Рисунок 5. Схема для расчета мощности, затрачиваемой на преодоление сопротивления движению накатного транспортера

Принимаем натяжение в точке 1 равным $S_1 = 180$ Н. Тогда натяжение ремней в точке 2

$$S_2 = S_1 + W_{1-2},$$

где W_{1-2} – сопротивление на участке 1–2;

$$W_{1-2} = \frac{m \cdot f_3 \cdot (f_1 + f_2) \cdot d_{\text{ц}}}{D_{\text{тр.р}}}.$$

Здесь m – количество поддерживающих роликов ($m = 6$);

$f_3 = 0,05$ м – коэффициент трения качения ролика;

f_1 – коэффициент трения качения (для шарикоподшипников $f_1 = 0,05 \dots 0,01$ м);

f_2 – коэффициент трения скольжения для ленты ($f_2 = 0,05$);

$d_{\text{ц}}$ – диаметр цапфы, м ($d_{\text{ц}} = 0,05$ м);

$D_{\text{тр.р}}$ – диаметр ролика транспортера, м ($D_{\text{тр.р}} = 0,022$ м).

Сопротивление на участке 2–3 складывается из потерь на изгиб ремней

$$W_{2-3} = \frac{\frac{c\delta}{R^z} + 2f_4 \frac{d_{\text{о.р}}}{D_2} \sin(\alpha/2)}{1 - \frac{c\delta}{R^z} - f_4 \frac{d_{\text{о.р}}}{D_2} \sin(\alpha/2)} S_2 + \frac{\frac{cB\delta^{2\tau_0}}{R^z}}{1 - \frac{c\delta}{R^z} - f_4 \frac{d_{\text{о.р}}}{D_2} \sin(\alpha/2)},$$

42

где c – безразмерный коэффициент (для резиновых ремней $c = 0,5$);

δ – толщина ремней, м ($\delta = 0,014$ м);

R – радиус направляющего ролика, м ($R = 0,02$ м);

z – показатель степени (для резиновых лент $z = 1,3$);

f_4 – коэффициент трения качения (для роликов с шарикоподшипниками $f_4 = 0,025$ м);

$d_{o,p}$ – диаметр оси ролика, м ($d_{o,p} = 0,005$ м);

D_2 – диаметр направляющего ролика, м ($D_2 = 0,06$ м);

τ_o – допустимое напряжение, МПа (для резиновых ремней $\tau_o = 0,8$ МПа);

B – общая ширина ремней ($B = 0,075$ м); $\alpha = 160...170^\circ$ – угол охвата.

Натяжение в точке 3

$$S_3 = S_2 + W_{2-3}.$$

Соппротивление на участке 3–4 равно нулю, следовательно,

$$S_4 = S_3.$$

Окружное усилие на ведущем ролике

$$P = S_4 = S_1 + W_{4-1},$$

где S_4 – натяжение в точке 4;

W_{4-1} – сопротивление на участке 4–1.

$$W_{4-1} = \frac{cB\delta^{2\tau_o}}{R^z} \cdot \frac{1}{1 - \frac{c\delta}{R^z} - f_4 \frac{d_{o,p}}{D_2} \sin(\pi/2)}.$$

Мощность, необходимая для преодоления сопротивлений при движении накатного транспортера, кВт,

$$N_{нз} = 10^{-3} \cdot P \cdot v_{в,р},$$

где $v_{в,р}$ – окружная скорость ведущего ролика, м/с.

$$v_{в,р} = 0,5 \cdot D_3 \cdot \omega_p,$$

где D_3 – диаметр ведущего ролика, м.

Определение мощности, необходимой для привода клеевой ванны. Мощность, затрачиваемая клеевым механизмом, кВт,

$$N_k = N_{k1} + N_{k2} + N_{k3},$$

где N_{k1} – мощность, необходимая для привода кулачка, кВт.

$$N_{k1} = 10^{-3} F_p \cdot r_{кул} \cdot \omega_k,$$

где F_p – усилие на ролике, Н ($F_p = 200$ Н);

$r_{кул}$ – плечо силы F_p относительно оси кулачка, м ($r_{кул} = 0,026$ м);

ω_k – угловая скорость вращения кулачка, рад/с.

Потери мощности на трение в ролике, кВт,

$$N_{k2} = 10^{-3} F_p \cdot f_5 \cdot r_n \cdot \omega_k \cdot r_k / r_p,$$

где f_5 – коэффициент трения скольжения ($f_5 = 0,08$ при трении бронзы по стали);

r_n – радиус пальца ролика, м ($r_n = 0,004$ м);

r_k – минимальный радиус кулачка, м ($r_k = 0,034$ м);

r_p – радиус ролика, м ($r_p = 0,006$ м).

Мощность, кВт, затрачиваемая на вращение клеевого и намазочного роликов, зависит от консистенции клея:

$$N_{k3} = 10^{-3} \cdot F_{кл} \cdot r_{к,р} \cdot \omega_p,$$

где $F_{кл}$ – сопротивление клея, Н ($F_{кл} = 25$ Н);

$r_{к,р}$ – радиус клеевого ролика, м ($r_{к,р} = 0,034$ м);

ω_p – угловая скорость вращения ролика, рад/с.

Определение расхода мощности на вращение вакуумного барабана. Мощность, необходимая для привода вакуумного барабана N_6 , кВт,

$$N_6 = (N_{61} + N_{62} + N_{63}) / \eta_{п.с},$$

где $\eta_{п.с} = 0,95$ – КПД подшипника скольжения;

N_{61} – мощность, расходуемая на преодоление трения в упорном шарикоподшипнике, воспринимающем нагрузку всех вращающихся частей, кВт.

$$N_{61} = 10^{-3} F_{подш} \cdot f_6 \cdot r_{д.з} \cdot \omega_6,$$

здесь $F_{подш}$ – нагрузка на подшипники, Н ($F_{подш} = 150$ Н);

$f_6 = 0,01$ – приведенный коэффициент трения скольжения;
 $r_{д.з}$ – радиус диска золотникового устройства, м ($r_{д.з} = 0,014$ м);
 ω_6 – угловая скорость вращения вакуумного барабана, рад/с;
 N_{62} – мощность, затрачиваемая на преодоление трения трубы о подвижный диск золотникового устройства, кВт.

$$N_{62} = 10^{-3} \cdot F_{\text{подш}} \cdot f_7 \frac{d_{\text{п.н.}}^3 - d_{\text{п.в.}}^3}{d_{\text{п.н.}}^2 - d_{\text{п.в.}}^2} \omega_6,$$

здесь f_7 – коэффициент трения скольжения ($f_7 = 0,097$ при трении чугуна по бронзе);

$d_{\text{п.н.}}$ – наружный диаметр опорного кольца подшипника, м ($d_{\text{п.н.}} = 0,10$ м);

$d_{\text{п.в.}}$ – внутренний диаметр опорного кольца подшипника, м ($d_{\text{п.в.}} = 0,04$ м);

N_{63} – мощность, расходуемая на преодоление трения подвижного диска о неподвижный, кВт.

$$N_{63} = 10^{-3} \cdot F_{\text{подш}} \cdot f_7 \frac{d_{\text{з.н.}}^3 - d_{\text{з.в.}}^3}{d_{\text{з.н.}}^2 - d_{\text{з.в.}}^2} \omega_6,$$

здесь $d_{\text{з.н.}}$ – наружный диаметр золотника, м ($d_{\text{з.н.}} = 0,05$ м);

$d_{\text{з.в.}}$ – внутренний диаметр золотника, м ($d_{\text{з.в.}} = 0,03$ м).

Мощность, необходимая для привода пластинчатого транспортера, кВт,

$$N_{\text{тр}} = P_{\text{тр}} \cdot v_{\text{тр}} / \eta_{\text{тр}},$$

где $P_{\text{тр}}$ – окружное усилие на ведущей звездочке транспортера, Н ($P_{\text{тр}} = 250$ Н);

$\eta_{\text{тр}} = 0,78 \dots 0,84$ – КПД привода транспортера.

Таблица 6

Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	Производительность Q, бут/ч	Угловая скорость вращения $\omega_{\text{ш}}$, рад/с	Диаметр ведущего ролика D_3 , м	Диаметр бутылки $D_{\text{бут}}$, м	Диаметр вакуумного барабана D_6 , м	Марка автомата
1	2	3	4	5	6	7
1	3000	0,5	0,065	0,064	0,36	ВЭМ
2	3200	0,6	0,067	0,089	0,37	
3	3400	0,7	0,068	0,093	0,38	

1	2	3	4	5	6	7
4	3600	0,8	0,070	0,095	0,39	Б4-КЭТ-1
5	3800	0,9	0,071	0,110	0,40	
6	4000	1,0	0,072	0,064	0,41	
7	4200	0,5	0,073	0,089	0,42	
8	4400	0,6	0,074	0,093	0,41	
9	4600	0,7	0,075	0,095	0,40	
10	4800	0,8	0,076	0,110	0,39	КЭ-4
11	5000	0,9	0,077	0,064	0,38	
12	5200	1,0	0,078	0,089	0,37	
13	5400	0,5	0,065	0,093	0,36	
14	5600	0,6	0,067	0,095	0,35	
15	5800	0,7	0,068	0,110	0,41	ВЭМ
16	6000	0,8	0,070	0,089	0,42	
17	5900	0,9	0,071	0,095	0,41	
18	5700	0,5	0,065	0,064	0,39	
19	5500	0,6	0,067	0,089	0,40	
20	5300	0,7	0,068	0,093	0,41	
21	5100	0,8	0,070	0,095	0,42	Б4-КЭТ-1
22	4900	0,9	0,071	0,110	0,41	
23	4700	1,0	0,066	0,093	0,40	
24	4500	0,7	0,064	0,095	0,39	
25	4300	0,8	0,065	0,089	0,38	

Содержание отчета:

- 1) цель работы;
- 2) теоретическая часть, в которой излагаются теоретические основы технологии производства спирта-ректификата (заполнить таблицу 7);
- 3) классификация этикетировочных автоматов; чертеж, описание конструкции и принципа действия одного из этикетировочных автоматов – КЭ-4, Б4-КЭТ; техническая характеристика;
- 4) расчетная часть, в которой дается расчет этикетировочного автомата по предлагаемому варианту (таблица 6).

Таблица 7

Название технологической операции	Цель технологической операции	Технологические режимы	Применяемое оборудование	Классификация оборудования	
				по выполняемым общим функциям	по характеру воздействия на обрабатываемый продукт
Вид технологической линии					

Задание 3. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Цель работы: изучение теоретических основ процесса производства макаронных изделий; устройства и принципа действия технологической линии, классификации прессов, их устройства и принципа действия; приобретение практических навыков по расчету макаронного пресса.

3.1. Характеристика сырья и готовой продукции

Макаронные изделия вырабатывают из пшеничной муки высшего качества специального помола. Готовые изделия могут храниться более 1 года без заметных изменений свойств, так как имеют низкое содержание влаги (13 %) и в них полностью отсутствуют скоропортящиеся добавки, за исключением вкусовых и обогатительных. Макаронные изделия обладают высокой питательной ценностью из-за значительного содержания углеводов и белков.

Макаронные изделия классифицируют по нескольким признакам.

Сорт. В зависимости от качества и сорта муки, из которой изготовлены макаронные изделия, согласно ГОСТ Р 51865–2002 их разделяют на группы А, Б, В и сорта высший, первый и второй.

Группа А – изделия из макаронной муки высшего и первого сортов твердой пшеницы по ГОСТ 12307 и муки второго сорта твердой пшеницы по ГОСТ 16439.

Группа Б – изделия из макаронной муки высшего или первого сорта мягкой стекловидной пшеницы по ГОСТ 12306.

Группа В – изделия из хлебопекарной пшеничной муки высшего и первого сортов по ГОСТ 26574.

Сорта макаронных изделий – высший, первый и второй – соответствуют сорту муки, из которой они изготовлены.

При изготовлении макаронных изделий с применением вкусовых добавок или обогатителей группу и сорт изделия дополняют названием вкусовой добавки или обогатителя: группа А высший сорт яичные, группа А второй сорт томатные и т. д.

Способ формования. В зависимости от способа формования макаронные изделия подразделяются на *резаные, прессовые и штампованные*.

Форма. В зависимости от формы существуют следующие виды изделий: *трубчатые* (например, макароны, рожки и перья), *ните-*

образные (например, вермишель), *лентообразные* (например, лапша) и *фигурные изделия*.

Длина. По длине изделия могут быть *длинными* (от 15 до 50 см) и *короткими* или *короткорезанными* (от 1,5 до 15 см). Различают еще так называемые *суповые засыпки*, выпускаемые в виде срезов толщиной 1...3 мм.

3.2. Технологические операции производства

Хранение и подготовка сырья к производству. Подготовка муки заключается в ее смешивании, просеивании, магнитной очистке и взвешивании. Яичные и молочные добавки хранят в холодильных камерах. Яйца перед использованием дезинфицируют, т. к. яичная скорлупа часто бывает заражена бактериями, и промывают водой. Для дезинфекции их погружают в 2 % раствор хлорной извести, затем в раствор питьевой соды, затем промывают холодной водой. Чаще всего используют меланж и яичный порошок.

Томатную пасту хранят в герметичных емкостях из некорродирующего металла при температуре от 0 °С до 20 °С, не допуская замораживания.

Витамины хранят в сухом помещении в упакованном виде. Упаковку вскрывают перед составлением витаминной смеси.

Для равномерного распределения добавок в тесте их смешивают в чанах с мешалками. Во избежание свертывания белков температуры воды для размешивания яичных добавок должна быть не выше 45 °С, для сухого молока – не выше 55°, для остальных добавок – 55...65 °С.

Приготовление теста. Макаaronное тесто отличается существенно от всех других тестовых масс. Оно не подвергается брожению или искусственному разрыхлению. Так как количество воды, добавляемое в муку при замесе, составляет около 1/2 того количества, которое способны поглотить основные компоненты муки – крахмал и белок, тесто требует длительного замеса в течение 20...30 мин.

Тесто представляет собой рыхлую массу из крошек различного размера, которая лишь в процессе дальнейшей обработки превращается в плотную пластичную массу, пригодную для формования.

Рецептура макаaronного теста зависит от качества муки, вида изделий, способа сушки и некоторых других факторов. В рецептуре указываются количество муки, температура воды, содержание влаги в тесте и его температура. Количество воды дается на 100 кг муки.

При расчете рецептур обязательно учитывают влажность теста, от которой зависит тип замеса: твердый (содержание влаги теста 28...29 %); средний (содержание влаги теста 29,1...31 %) и мягкий (содержание влаги теста 31,1...32,5 %). Чем выше содержание влаги в тесте, тем быстрее и равномернее увлажняются частицы муки, тесто легче поддается формованию и из него получают изделия лучшего качества. Однако при очень высоком содержании влаги сырые изделия плохо сохраняют свою форму (слипаются, вытягиваются), процесс их сушки удлиняется. По исходному содержанию влаги теста рассчитывают необходимое количество воды для замеса.

В зависимости от температуры воды, используемой на замес теста, различают три типа замеса: горячий (температура 75...85 °С), теплый (температура 55...65 °С) и холодный (температура ниже 30 °С). На практике чаще применяется теплый замес, который позволяет получать среднекомковатое, сыпучее тесто, которое хорошо заполняет витки шнека. Процесс замеса теста с использованием теплой воды происходит быстрее, чем с использованием холодной, тесто получается более пластичным, хорошо формуется, а поверхность изделий – более гладкой, цвет – более желтым, чем при других замесах.

Горячий замес используется относительно редко, так как при соприкосновении горячей воды с мукой часть белков денатурирует, в результате тесто частично теряет эластичность. Горячий замес применим только для муки с повышенным содержанием клейковины, чрезмерно упругой по качеству, когда необходимо получить менее вязкое и достаточно пластичное тесто.

Холодный замес используется для изготовления изделий, предназначенных для длительного хранения, а также для муки с низким содержанием клейковины и слабой по качеству.

При приготовлении теста с добавками учитывают содержание влаги в них. Если содержание влаги добавок выше, чем у муки, то следует соответственно снизить расход воды на замес теста.

С целью вторичной переработки в рецептуру могут входить также доброкачественные отходы. Для этого используют полуфабрикаты (сырые обрезки, деформированные изделия и пр.), не имеющие посторонних привкуса и запаха, и сухие отходы. Сырые обрезки сразу же после разделки измельчают и добавляют в тестомеситель в количестве до 15 % к массе муки. Сухие отходы измельчают в крупку размером до 1 мм и добавляют в количестве до 10 % к массе муки. Отходы желателно добавлять для выработки короткорезанных изделий (вермишели и лапши).

Прессование изделий. Применяют два способа формирования макаронного теста: прессование и штампование, причем в основе последнего лежит получение путем прессования ленты теста, из которой затем штампуют изделия сложной формы.

Замес теста, уплотнение полученной крошковатой массы и формование изделий осуществляют в шнековом прессе непрерывного действия (рисунок 6). Тесто готовят в тестомесителе, в первое корыто которого соответствующими дозаторами 1 и 2 подают муку и воду. При выработке макаронных изделий с добавками последние после растворения в воде или после приготовления водной эмульсии поступают в тестомеситель 3 через дозатор воды. Тестомесители могут быть 1, 2, 3 и 4-х корытными, каждое из которых представляет собой полуцилиндр, внутри которого вращается вал 4. Лопастни вала расположены под углом к его оси, что обеспечивает продвижение теста вперед и отбрасывание его назад. Это создает благоприятные условия для набухания муки за счет длительного перемешивания. Для получения однородной структуры теста в последнее время замес удлиняют. В результате

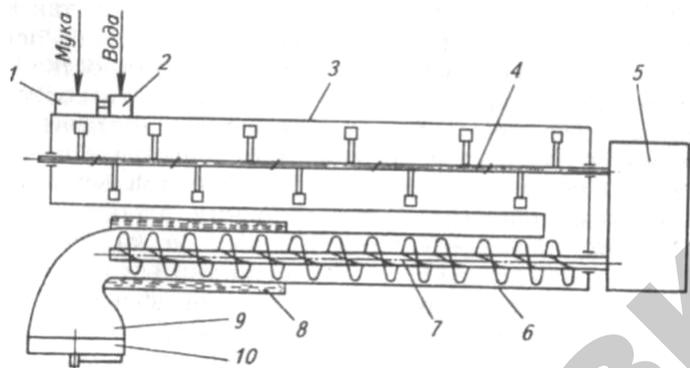


Рисунок 6. Схема шнекового макаронного пресса:

1, 2 – дозаторы; 3 – тестомеситель; 4 – вал; 5 – редуктор; 6 – шнековая камера; 7 – шнек; 8 – водяная рубашка; 9 – предматричное пространство; 10 – матрица

получается комковатая масса, размер комков которой зависит от содержания влаги в тесте: чем оно выше, тем крупнее крошки и комок. В последнем корыте смесителя создается вакуум для удаления мельчайших пузырьков воздуха, наличие которых приводит к растрескиванию изделий.

В противном случае (если изделие не подвергнуто вакуумизации) при сушке полуфабриката, предварительно уплотненного при большом давлении на стадии прессования, происходит уменьшение линейных размеров теста. Пузырьки воздуха, находящиеся в нем в сжатом состоянии, при нагревании расширяются и разрушают микроструктуру изделия. Это может привести к резкому увеличению количества растрескавшихся изделий, одновременно снизить их транспортабельность. Кроме того, наличие воздуха приводит к появлению белесого оттенка, что ухудшает цвет изделий и снижает потери сухих веществ при варке. Оптимальный режим вакуумирования: остаточное давление 10...40 кПа, длительность 5...7 мин.

Для придания тесту однородной структуры его направляют в шнековую камеру 6 пресса на формование. Тесто подхватывается витками шнека 7, выполняющего вначале роль транспортирующего механизма, перемещающего сыпучий продукт, уплотняется, становясь вязкой, упругопластичной массой. Вал 4 и шнек 7 приводятся в движение от приводного редуктора 5.

Тесто, сформировавшееся в шнековой камере 6, нагнетается в небольшое предматричное пространство 9, заканчивающееся матрицей 10, через отверстия которой оно выпрессовывается под давлением 10...12 МПа. Такое давление возникает вследствие сопротивления формирующих отверстий матрицы истечению крутого теста. Только 18...20% подаваемого в матрицу теста выпрессовывается через ее отверстия, основная же масса за счет противодействия закручивается в межвинтовом пространстве шнека и перемещается в противоположном направлении. Перед матрицей происходит полойное перемещение теста вперед и назад. Это ведет к переходу механической энергии движения отдельных слоев в тепловую, в результате чего тесто приобретает большую пластичность, его температура повышается на 10...12 °С. Для поддержания оптимальной температуры (55 °С) теста перед матрицей шнековая камера снабжена водяной рубашкой 8. При более высокой температуре происходит заваривание теста: оно становится более крутым и скорость прессования резко падает.

Разделка сырых макаронных изделий. Разделка сырых макаронных изделий состоит из следующих операций: *обдувка, резка, раскладка* (для подготовки полуфабриката к наиболее продолжительной и трудоемкой стадии производства – сушке). От правильности разделки зависят продолжительность сушки и качество готовой продукции.

Сырые изделия для быстрой подсушки обдуваются воздухом, который забирается из помещения цеха. При этом содержание влаги изделий снижается на 2...3 %, в результате уменьшается пластичность полуфабриката, увеличивается его упругость, на поверхности образуется корочка, которая препятствует слипанию и искривлению изделий.

Назначение резки – получить продукт определенной длины. Короткорезанные изделия режут двумя способами:

- 1) в первом случае нож скользит по поверхности матрицы или режет свисающую прядь на некотором расстоянии от матрицы;
- 2) во втором случае резка ведется после того, как изделия немного подсохнут.

Сырые изделия подают к сушилкам по наклонным спускам или пневмотранспортом. Использование последнего позволяет несколько подсушить продукт, сокращая длительность сушки.

Для раскладки сырых короткорезанных изделий применяют механические раскладчики (раструсчики), труба или транспортер которых совершает колебательное движение над движущейся лентой сушилки, распределяя на ней продукт равномерным слоем толщиной 2...5 см в зависимости от вида изделий.

Резка и раскладка макарон зависят от способа сушки: **кассетный** (в кассетах), **подвесной** (на бастунах).

При кассетном способе используются кассеты, изготовленные из фанеры, деревянных планок и дюралюминия. Кассета – это ящик, имеющий только две боковые стенки, между которыми укладывают макароны таким образом, чтобы через них вдоль трубок проходил сушильный воздух.

Бастун – полая алюминиевая трубка длиной 2 м с цапфами на концах, с помощью которых она опирается на цепи транспортера. На бастун развешивается макаронная прядь.

Сушка макаронных изделий. Макаронное тесто является хорошей средой для протекания микробиологических и биохимических процессов. Для их предотвращения тесто высушивают до содержания влаги 13,5...14 %, чтобы после охлаждения содержание влаги в них было не более 13 %. Сушка – длительная стадия технологического процесса производства макаронных изделий. От правильности ее проведения зависят такие показатели качества готового продукта, как прочность, кислотность, стекловидность. Очень интенсивная сушка может привести к растрескиванию изделий, чрезмерно длительная, а также недосушивание – к их закисанию.

Сушку макаронных изделий проводят конвективным способом, который основан на тепло- и влагообмене между высушиваемым материалом и нагретым воздухом.

Макаронное тесто при сушке проявляет некоторые особенности, обусловленные характером поглощения влаги тестом при его замесе. Поскольку тесто готовят с низким содержанием влаги, свободной влаги в нем нет, она полностью связана белками и крахмалом, причем белки удерживают ее прочнее, чем крахмал. Поэтому процесс сушки протекает в 2 этапа: на первом – при постоянной скорости сушки – происходит более быстрое удаление влаги, связанной крахмалом, на втором – при убывающей скорости сушки – медленное обезвоживание белков. Процесс сушки разделен на два этапа: предварительный и окончательный.

В зависимости от сушильной способности воздуха применяют следующие режимы: трехстадийный, сушку воздухом с постоянной сушильной способностью, сушку воздухом с изменяющейся сушильной способностью, сушку с предварительной термообработкой сырых изделий.

Трехстадийный режим состоит из следующих этапов: предварительная сушка, отволаживание, окончательная сушка.

Предварительная сушка длится от 30 мин до 2 ч. При этом испаряется от 1/3 до 1/2 влаги, которую необходимо удалить из изделий. Процесс ведут при жестких режимах, так как тесто пластично и нет опасности растрескивания. Цель этой стадии – ускорить сушку, стабилизировать форму сырых изделий, предотвратить их вытягивание, плесневение, закисание.

При выходе из камеры предварительной сушки влажность теста должна быть не ниже 20 %. Образовавшаяся на поверхности корочка может вызвать растрескивание продукта при дальнейшей сушке. Для размягчения корочки изделия направляются на отволаживание – обдувку горячим воздухом с относительной влажностью 90...100 %. При этом испарения влаги с поверхности практически не происходит, а подведенная теплота расходуется на прогрев изделий, выравнивание влажности во внутренних и наружных слоях макаронной трубки.

Окончательную сушку ведут при мягких режимах, так как изделия приобретают упругие свойства и скорость испарения влаги с их поверхности должна быть соизмерима со скоростью ее подвода из внутренних слоев к наружным. При этом процессы сушки и отволаживания чередуются. Отношение продолжительности сушки ко времени отволаживания составляет примерно 1:2,5.

Способ сушки воздухом с постоянной сушильной способностью предусматривает примерное постоянство параметров воздуха от начала до конца сушки. Сушка ведется путем продувки через макаронные трубки воздуха, забираемого из помещения цеха. Параметры воздуха поддерживаются на постоянном уровне при помощи приточно-вытяжной вентиляции. Продолжительность сушки 20...24 часа. Для равномерного высушивания направление воздуха меняют каждый час на противоположное.

Сушка с изменяющейся сушильной способностью воздуха применяется для сушки коротких изделий. Такие сушилки представляют собой тоннель, внутри которого один над другим располагаются 4 или 5 транспортеров с находящимися на них изделиями. Транспортеры движутся в противоположных направлениях, при этом продукт последовательно пересыпается с верхних лент на нижние и обдувается воздухом, нагретым в калориферах. Калориферы располагаются между верхней и нижней лентами каждого транспортера. Свежий воздух подогревается нижним калорифером до 50...60 °С и имеет относительную влажность 15...20 %. Проходя через слой изделий на нижней ленте, воздух отдает часть теплоты и увлажняется. Поднимаясь вверх, он подогревается вторым калорифером до той же температуры, проходит через слой изделий на следующей ленте и т. д. Температура нагрева воздуха 50...60 °С, относительная влажность воздуха 15...20 %.

Сушка с предварительной термообработкой сырых изделий заключается в обдувке трубчатых изделий паровоздушной смесью температурой 95...98 °С и относительной влажностью 95 % в течение 2 мин, и коротких изделий сухим паром температурой 120...180 °С в течение 30 с последующей сушкой при постоянной сушильной способности воздуха. Такая тепловая обработка ведет к денатурации белков и клейстеризации крахмала, что ускоряет процесс удаления влаги, сокращает время сушки и дает возможность на последующих этапах применять жесткие режимы обезвоживания без опасения появления трещин.

Охлаждение, упаковывание и хранение макаронных изделий. Макароны изделия на выходе из сушилки имеют температуру, примерно равную температуре сушильного воздуха. Перед упаковыванием изделие необходимо медленно охладить до температуры упаковочного отделения в течение не менее 4 час за счет омы-

вания воздухом с относительной влажностью 60...65 % и температурой 25...30 °С. При этом происходит стабилизация изделий: окончательно выравнивается влажность по всей толщине продукта, рассасываются внутренние напряжения сдвига, которые могли остаться после интенсивной сушки изделий, происходит некоторое снижение массы за счет испарения 0,5...1 % влаги.

В поточных линиях стабилизацию и охлаждение изделий проводят в стабилизаторах-накопителях, где одновременно создается запас 12-часовой выработки высушенных изделий. В остальных случаях используются виброохлаждатели.

Процесс упаковывания состоит из подачи изделий на упаковочные столы или в бункеры; сортировки, проверки их на магнитных сепараторах; укладки в тару, включая уплотнение на вибраторе; взвешивания; забивания крышки и маркировки.

Макаронные изделия выпускают в упакованном виде. Фасование, т. е. упаковывание в потребительскую тару проводят на автоматах или вручную. К потребительской таре относятся коробочки из картона или плотной бумаги, пакеты из полиэтиленовой пленки или из термосклеивающегося целлофана; к наружной таре – коробка из гофрированного картона, ящики фанерные, дощатые, бумажные крафт-пакеты.

Макаронные изделия должны храниться в складских помещениях на стеллажах или поддонах при температуре 16...18 °С и относительной влажности воздуха не более 70 %. Помещения должны быть чистыми, сухими, защищенными от воздействия атмосферных осадков, не зараженными амбарными вредителями. Изделия нельзя хранить с товарами, имеющими специфический запах, так как они могут впитывать этот запах.

Качество макаронных изделий должно удовлетворять следующим требованиям: они должны иметь правильную форму, гладкую поверхность, быть стекловидными в изломе, однотонными по цвету с кремовым или желтоватым оттенком, содержание влаги – не более 13 %, кислотность – не более 3°, с добавками томатопродуктов – не более 10°.

Кроме этого, для характеристики качества макаронных изделий необходимо определять следующие показатели: прочность, содержание лома, крошки и деформированных изделий, наличие металлопримесей и мучных вредителей, состояние изделий после варки.

3.2. Устройство и принцип действия технологической линии

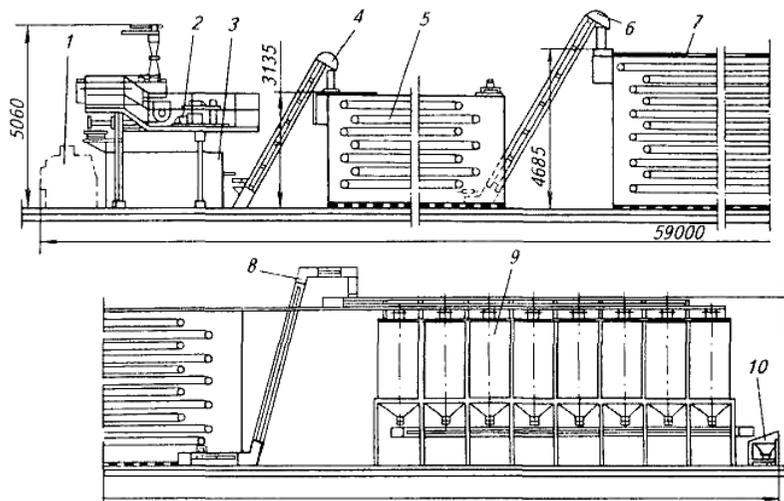


Рисунок 7. Автоматизированная поточная линия по производству коротких макаронных изделий:

- 1 – штампмашина; 2 – шнековый пресс; 3 – виброподсушитель; 5 – предварительная сушилка; 4, 6, 8 – наклонный элеватор; 7 – окончательная сушилка; 9 – стабилизатор-накопитель; 10 – вибробункер

Замес и прессование теста проводятся в шнековом прессе 2 (рисунок 7). Ножи, вращающиеся по поверхности матрицы, обрезают изделия, которые двумя потоками направляются в виброподсушитель 3. Затем изделия наклонным элеватором 4 подаются на верхнюю ленту предварительной сушилки 5, где находятся девять нейлоновых транспортеров. Пересыпаясь с верхней ленты на нижние, изделия обдуваются воздухом, нагреваемым в нижней зоне сушилки калориферами и проходящим над слоями изделий. Затем с помощью наклонного элеватора 6 изделия поступают на верхнюю ленту окончательной сушилки 7, где высушиваются на одиннадцати транспортерах. Далее изделия наклонным элеватором 8 направляются в стабилизатор-накопитель 9, состоящий из восьми бункеров, откуда через вибробункер 10 они идут на фасование. На этой линии можно вырабатывать штампованные изделия путем предварительного выпрессовывания двух тестовых лент, которые поступают в две штампмашины 1, оборудованные штампами разных видов.

3.3. Расчетная часть

Шнековый макаронный пресс (рисунок 8) состоит из привода 1, дозирующего устройства 2, тестомесителя 3, прессующей головки 4, обдувочного устройства 5, системы трубопроводов и прессующего корпуса 8, установленных на общей станине 7.

Пресс комплектуется механизмом резки 6, набором круглых матриц и вакуумной системой.

Матрица является основным рабочим органом пресса и представляет собой металлический диск (круглая матрица) или прямоугольную пластину (тубусная матрица) со сквозными отверстиями, профиль которых определяет форму изделий.

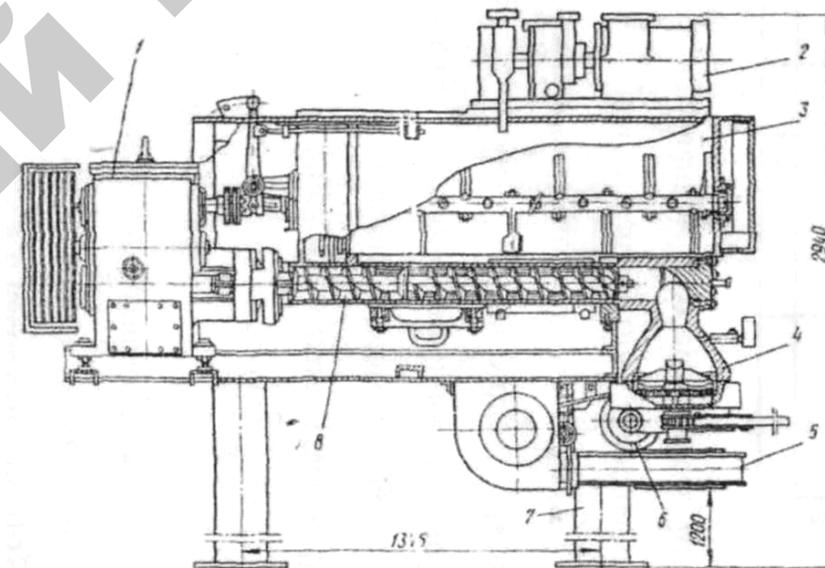


Рисунок 8. Шнековый макаронный пресс ЛПЛ-2М:

- 1 – редуктор привода; 2 – дозировочное устройство; 3 – тестомеситель; 4 – прессующая головка; 5 – обдувочное устройство; 6 – механизм резки; 7 – станина; 8 – прессующий корпус

Шнековый макаронный пресс работает следующим образом. Мука самотеком непрерывно из бункера поступает в дозатор, из которого вращающимся шнеком подается в тестомеситель. Одновременно подогретая вода с температурой 40...60 °С из дозатора

по трубе поступает в тестомеситель. В зависимости от влажности муки расход воды составляет 80...90 кг/ч. Расход воды на охлаждение прессующего корпуса 110 кг/ч. При нормальной работе пресса тесто должно заполнять 2/3 объема корыта и иметь небольшой уклон по направлению к выходному отверстию.

Необходимый уровень заполнения корыта тестом достигается регулированием плоскости концов лопаток к оси вала, которые отбрасывают определенную часть комочков теста в направлении от выходного отверстия к дозаторам. Отбрасывание теста в обратном направлении в оптимальных размерах необходимо для обеспечения нормальной циркуляции теста, что удлиняет время его нахождения в корыте до 10 мин и способствует набуханию клейковины и лучшей проработке теста лопатками и пальцами.

Замешенная в виде комочков и крапинок тестообразная масса из корыта смесителя через отверстие в нижней части направляется в прессующий корпус. При этом, регулируя заслонкой размер выходного отверстия, можно изменять количество теста, подаваемого в прессующий корпус, тем самым изменяя производительность пресса.

Продвигаясь в прессующем корпусе, тесто обтекает шайбу на шнеке и поступает в перепускной канал, где из него через вакуум-канал удаляются воздух и пары воды. Остаточное давление воздуха в прессующем корпусе составляет 10 кПа. Из перепускного канала тесто проходит сквозь решетку в прессующий корпус, захватывается витками шнека, нагнетается в головку и затем продавливается через формующие отверстия матрицы при давлении 6,5...7,0 МПа.

Выходящие из матрицы макаронные изделия проходят обдувочное устройство, при этом они имеют температуру, равную температуре прессованного теста, которая составляет 45...50 °С.

В прессовом отделении значительно меньшая температура окружающего воздуха, в результате для изделий, выходящих из матрицы, создается температурный перепад, величина которого зависит от разности температур прессования и окружающей среды. Чем больше эта разность, тем выше температурный перепад и, следовательно, более интенсивное испарение влаги с поверхности изделия. Этот процесс происходит до тех пор, пока температура изделия и окружающей среды не выровняются, после чего на поверхности изделия возникает защитная корочка, которая препятствует слипанию изделий в процессе дальнейшей раскладки и сушки.

Задание. Выполнить расчет макаронного пресса, если заданы: S – шаг шнека, м; l – длина шнека дозатора муки, м; τ – продолжительность замеса теста, ч; $Q'_п$ – производительность макаронного пресса по готовым изделиям, кг/ч; n_m – частота вращения месильного органа, мин⁻¹; n_t – максимальная частота вращения шнека, мин⁻¹; P – давление прессования, МПа; W_m – начальная влажность макаронного теста, %; n_0 – число формующих отверстий в матрице, шт.; вид макаронного изделия.

Методика расчета

Расчет дозирующего устройства

Производительность шнекового дозатора муки Q_m , кг/ч,

$$Q_m = \frac{60\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot S \cdot n \cdot \rho_m \cdot \varphi,$$

где D – наружный диаметр спирали шнека, м ($D = 0,18...0,20$ м);

d – диаметр вала шнека, м ($d = D/2$);

S – шаг шнека, м;

n – частота вращения шнека, мин⁻¹ ($n = 20...24$ мин⁻¹);

ρ_m – насыпная плотность муки, кг/м³ ($\rho_m = 600$ кг/м³);

φ – коэффициент заполнения ($\varphi = 0,8$).

Производительность дозатора воды Q_v , м³/ч,

$$Q_v = v \cdot n_g \cdot k,$$

где v – вместимость одного кармана, м³ ($v = (0,2...0,3) \cdot 10^{-3}$ м³);

n_g – количество отмериваемых доз в час ($n_g = 1000...1100$ доз/ч);

k – коэффициент заполнения кармана водой ($k = 0,4...0,5$).

Потребляемая дозаторами мощность N , кВт,

$$N = Q \cdot l \cdot k_1 \cdot k_2 / 1000\eta,$$

где l – длина пути перемещения муки, м;

k_1 – коэффициент сопротивления перемещению муки в корпусе дозатора ($k_1 = 1,2$);

k_2 – коэффициент, учитывающий потери на трение в подшипниках ($k_2 = 1,1...1,2$);

η – КПД привода ($\eta = 0,8...0,9$).

Расчет тестомесителя

Таблица 8

Суммарная вместимость месильных корыт для заданной производительности прессы V , м³,

$$V = Q_{\text{п}} \cdot \tau / \rho_{\text{т}} \cdot k,$$

где $Q_{\text{п}}$ – производительность прессы по сырым изделиям, кг/ч;
 τ – продолжительность замеса, ч;
 $\rho_{\text{т}}$ – плотность теста, кг/м³ (таблица 8);
 k – коэффициент заполнения корыта тестом ($k = 0,5 \dots 0,75$).

$$Q_{\text{п}} = Q'_{\text{п}} (100 - W_{\text{изд}}) / (100 - W_{\text{т}}),$$

где $Q'_{\text{п}}$ – производительность прессы по сухим изделиям, кг/ч;
 $W_{\text{изд}}$ – влажность сухих изделий, % ($W_{\text{изд}} = 13$ %);
 $W_{\text{т}}$ – влажность теста, %.

Общая длина месильных корыт L , м,

$$L = V / S_m,$$

где S_m – площадь поперечного сечения корыта, м².

$$S_m = \pi \epsilon^2 / 2 + (h - \epsilon / 2),$$

здесь ϵ – ширина корыта, м ($\epsilon = 0,38 \dots 0,42$ м);
 h – высота корыта, м ($h = 0,40 \dots 0,54$ м).

Производительность тестомесителя $Q_{\text{т}}$, кг/ч,

$$Q_{\text{т}} = [(100 - W_m) / (100 - W_{\text{изд}})] \cdot V \cdot \rho_{\text{н}} \cdot k / \tau,$$

где $\rho_{\text{н}} = 719$ кг/м³ – насыпная плотность теста (таблица 8).

Потребная мощность на замес теста N_m , кВт,

$$N_m = 0,45 \cdot V \cdot K_3 \cdot \rho_{\text{т}} \cdot R \cdot \omega \cdot g / 1000,$$

где V – вместимость месильных корыт, м³;

K_3 – коэффициент заполнения корыт тестом ($K_3 = 0,8$);

$\rho_{\text{т}}$ – плотность теста, кг/м³ (таблица 8);

R – максимальный радиус месильного органа, м;

ω – угловая скорость вращения месильного органа, рад/с;

$g = 9,81$ м/с² – ускорение свободного падения.

Расчет прессующего устройства

Фактическая производительность макаронного прессы по сырым изделиям должна быть равна производительности тестомесителя.

Плотность и насыпная плотность муки, полуфабрикатов и макаронных изделий

Продукт	Влажность продукта W , %	Плотность ρ , кг/м ³	Насыпная плотность $\rho_{\text{н}}$, кг/м ³	
			без утряски	с утряской
Мука из пшеницы:				
высшего сорта	12,6...14,4	1460	677	770...900
I сорта	12,2...13,7	1460	600	725...900
Тесто (в тестомесителе)				
Тесто спрессованное	29,0...31,0	1250	719	789
Тесто спрессованное				
	28,0...33,0	1392...1447	-	-
Полуфабрикаты:				
макароны особые	27,0...30,8	1320	637	727
макароны соломка	28,8...29,5	1280	612	771
вермишель	28,8...29,2	1280	516	616
рожки		1250	581	671
Готовые изделия:				
макароны особые	12,8...13,6	1330	411	452
Макароны соломка	12,0...13,7	1320	305	368
вермишель	10,4...13,3	1300	346	408
лапша	12,8...13,7	1300	352	433
ракушки	10,8	1250	389	422

Производительность нагнетающего шнека $Q_{\text{ф}}$, кг/ч,

$$Q_{\text{ф}} = 0,25 m' \rho_{\text{т}} m (R_2^2 - R_1^2) \left\{ S_{\text{ш}} - \frac{\hat{a}_2 + \hat{a}_1}{2 \cos \alpha} \right\} n_{\text{ш}} \cdot k_{\text{н}} \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{с}},$$

где m' – число заходов шнека ($m' = 1$ для вермишели; $m' = 3$ – для лапши и макарон);

$\rho_{\text{т}}$ – плотность спрессованного теста, кг/м³ ($\rho_{\text{т}} = 1430$ кг/м³);

m – количество прессующих шнеков ($m = 1$ или 2);

R_2 и R_1 – соответственно наружный и внутренний радиусы шнека, м ($R_2 = 0,060$ м; $R_1 = 0,027$ м);

$S_{\text{ш}}$ – шаг витков винтовой линии шнека, м;

$S_{\text{ш}} = m S_0$, S_0 – расстояние между смежными витками ($S_0 = 0,1$ м);

ϵ_2 – ширина винтовой лопасти шнека в нормальном сечении по наружному радиусу, м ($\epsilon_2 = 25 \cdot 10^{-3}$ м);

ϵ_1 – ширина винтовой лопасти шнека в нормальном сечении по внутреннему радиусу, м ($\epsilon_1 = 5 \cdot 10^{-3}$ м);

α – угол подъема винтовой лопасти по среднему диаметру шнека, град.

$$\operatorname{tg} \alpha = S/2nR_{\text{ср}},$$

здесь $R_{\text{ср}}$ – средний радиус шнека, м. $R_{\text{ср}} = (R_1 + R_2)/2$;

$n_{\text{ш}}$ – максимальная частота вращения шнека, мин^{-1} ;

$k_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения полости шнека тестом (рисунок 9);

$k_{\text{п}}$ – коэффициент прессования теста, учитывает степень уменьшения его объема в шнековом канале при переходе его из крошкообразного состояния в спрессованное;

k – коэффициент, характеризующий подачу теста шнеком, т. е. качество прессования ($k_{\text{с}} = 0,9 \dots 0,95$).

Коэффициент прессования теста

$$k_{\text{п}} = \frac{\rho_{\text{н}}}{\rho_{\text{м}}} = \frac{\rho_{\text{н}}}{\left[12,9 - \frac{176,7}{W_{\text{м}}} \right] \cdot 10^{-3} \cdot P + 1,373},$$

где $\rho_{\text{н}}$ – плотность теста, $\text{кг}/\text{м}^3$ ($\rho_{\text{н}} = 719 \text{ кг}/\text{м}^3$);

$\rho_{\text{м}}$ – плотность спрессованного теста, $\text{кг}/\text{м}^3$ ($\rho_{\text{м}} = 1430 \text{ кг}/\text{м}^3$);

$W_{\text{м}}$ – начальная влажность теста, %;

P – давление прессования, МПа.

Мощность привода прессующего шнека $N_{\text{ш}}$, кВт,

$$N_{\text{ш}} = 215Pn_{\text{ш}}, \operatorname{tg} \alpha (R_2^3 - R_1^3),$$

где P – давление прессования, МПа;

$n_{\text{ш}}$ – частота вращения шнека, мин^{-1} ,

R_1 и R_2 – внутренний и наружный радиусы шнеков, м.

Расчет матриц

Для матрицы выполняют технологический расчет, который заключается в определении ее производительности и соответствующего диаметра.

Производительность матрицы по сухим изделиям Π , $\text{кг}/\text{ч}$,

$$\Pi = 3600 \cdot v_{\text{н}} \rho_{\text{т}} f \frac{100 - W_{\text{м}}}{100 - W_{\text{изд}}},$$

где $v_{\text{н}}$ – скорость течения теста по формирующим каналам, $\text{м}/\text{с}$;

$\rho_{\text{т}}$ – плотность спрессованного теста, $\text{кг}/\text{м}^3$;

f – площадь живого сечения матрицы, м^2 ;

$W_{\text{м}}$ – влажность теста, %;

$W_{\text{изд}}$ – влажность готовых изделий, % ($W_{\text{изд}} = 13 \%$).

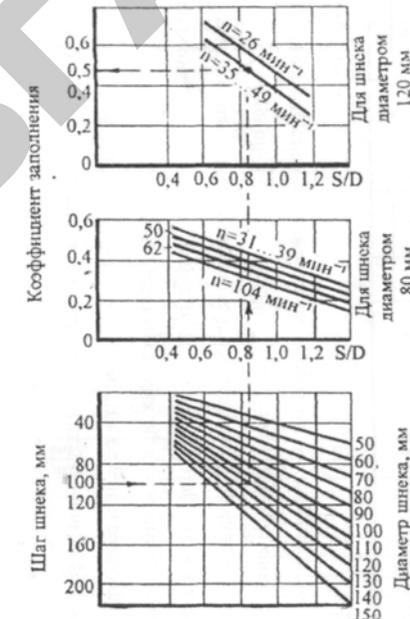


Рисунок 9. Номограмма для определения коэффициента наполнения полости шнека тестом

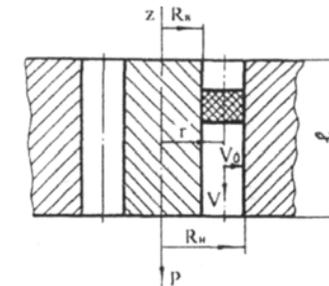


Рисунок 10. Схема течения теста в кольцевом канале

Площадь живого сечения матриц, m^2 , в зависимости от вида изделий:

а) для трубчатых изделий (макарон):

$$f_m = \frac{\pi}{4} \cdot n_0 (d_n^2 - d_b^2),$$

где n_0 – число формирующих отверстий в матрице, шт. ($n_0 = 600$ шт.);

d_n – наружный диаметр формирующего отверстия, м ($d_n = 5,5 \cdot 10^{-3}$ м);

d_b – диаметр вкладыша, м ($d_b = 2,5 \cdot 10^{-3}$ м);

б) для вермишели:

$$f_b = \frac{\pi}{4} \cdot n_0 d_s^2,$$

где n_0 – число формирующих отверстий в матрице ($n_0 = 1938$);

d_s – диаметр формирующего отверстия, м ($d_s = 1,5 \cdot 10^{-3}$ м);

в) для лапши:

$$f_l = n_0 l_n a,$$

где n_0 – число формирующих отверстий в матрице, шт. ($n_0 = 1140$ шт.);

l_n – длина формирующей щели, м ($l_n = 4,0 \cdot 10^{-3}$ м);

a – ширина формирующей щели, м ($a = 1 \cdot 10^{-3}$ м).

Площадь матрицы F , m^2 ,

$$F = f/k_f,$$

где k_f – коэффициент живого сечения матрицы (таблица 9).

Таблица 9

Коэффициенты живого сечения макаронных матриц
некоторых типов

Ассортимент	Число отверстий в матрице, n_0	k_f
1	2	3
Макароны диаметром, мм:		
7,0	520	0,203
7,0	520	0,216
5,5	464	0,187
5,5	600	0,137
Рожки диаметром, мм		

Окончание таблицы 9

1	2	3
5,0	462	0,156
5,0	454	0,149
Вермишель диаметром 1,5 мм	1938	0,150
Вермишель диаметром 2,5 мм	1122	0,062
Лапша размером, мм		
5,0x1,0	436	0,020
4,0x1,0	1140	0,079

Диаметр матрицы D , м:

а) для круглых матриц

$$D = \sqrt{4F/\pi};$$

б) длина прямоугольных матриц L , м,

$$L = F/B,$$

где B – ширина прямоугольной матрицы, м ($B = 0,1$ м).

Скорость течения (выпрессовывания) теста по формирующим каналам в зависимости от формы сечения канала v_n , м/с:

а) для трубчатых изделий (макарон)

$$v_n = v_0 + \frac{1}{4\mu} (\Delta p + \rho_T g) \left\{ l_n \frac{R_n}{R_b} \right\}^{-1} \left[(R_n^2 - R_b^2) \right] l_n \frac{r}{R_b} - (r^2 - R_b^2) l_n \frac{R_n}{R_b},$$

где v_0 – скорость скольжения (принимается $v_0 = 0$);

μ – динамическая вязкость, зависит от влажности макаронного теста, Па·с; ($\mu = 0,4 \cdot 10^4 \dots 0,3 \cdot 10^6$ Па·с);

Δp – перепад давления по длине формирующего канала, Па; $\Delta p = 2 \dots 6 \cdot 10^6$ Па;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

l – длина канала, м; $l = 0,003 \dots 0,007$ м;

R_n и R_b – соответственно наружный и внутренний радиусы отверстия трубки макарон (рисунок 10), м;

r – радиус от оси кольцевого канала, м.

$$r = \frac{R_n - R_b}{2} + R_b;$$

б) для вермишели

$$v_n = v_0 + \frac{R^2}{4\mu} \cdot (\Delta p + \rho_t g) \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right],$$

где R – радиус сечения формирующего отверстия, м;

$$r = R/2, \text{ м};$$

в) для лапши

$$v_n = v_0 + \frac{l}{4\mu} \cdot (\Delta p + \rho_t g) \cdot \left(\frac{l^2 - a^2}{2} \right),$$

где l и a – соответственно длина и ширина формирующего отверстия, м.

Расчет на прочность проводят с целью определения допустимой нагрузки (давление прессования) на матрицу. Для прямоугольных матриц толщина матрицы δ , м,

$$\delta = B \sqrt{A \cdot \rho / \sigma},$$

где B – ширина матрицы, м;

A – коэффициент, который в зависимости от диаметра отверстий и числа продольных рядов в матрице составляет 1,40...13,7;

ρ – расчетное давление прессования, Па;

σ – допустимое напряжение материала матрицы, Па ($\sigma = 140...160$ МПа).

Таблица 10

Варианты индивидуальных заданий

Номер вар.	$S, \text{ м}$	$l, \text{ м}$	$\tau, \text{ м}$	$Q'_m, \text{ кг/ч}$	$n_r, \text{ мин}^{-1}$	$n_{ш}, \text{ мин}^{-1}$	$P, \text{ МПа}$	$W_m, \%$	$n_o, \text{ шт.}$	Вид изделия
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,13	0,40	0,16	375	80	41	6,0	29,0	464	Макаронны обыкновенные
2	0,14	0,42	0,18	380	81	40	7,0	29,5	480	
3	0,15	0,45	0,20	385	82	43	6,0	30,0	520	
4	0,16	0,48	0,16	390	83	44	7,0	30,5	520	
5	0,17	0,50	0,20	395	85	45	6,0	31,0	600	
6	0,16	0,52	0,18	400	86	41	7,0	31,5	480	
7	0,15	0,55	0,16	375	88	42	6,0	32,0	520	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	0,16	0,60	0,20	380	90	43	7,0	32,5	520	Вермишель
9	0,17	0,60	0,28	490	60	20	9,0	29,0	1938	
10	0,16	0,55	0,30	495	62	21	10,0	29,5	1735	
11	0,15	0,52	0,32	500	64	22	9,0	30,0	1122	
12	0,14	0,50	0,28	505	66	23	10,0	30,5	1020	
13	0,13	0,48	0,30	510	68	24	9,0	31,0	1938	
14	0,15	0,45	0,32	515	70	24	10,0	30,5	1735	
15	0,16	0,42	0,28	520	72	23	9,0	30,0	1122	
16	0,17	0,40	0,30	525	75	26	10,0	29,5	1020	
17	0,14	0,60	0,28	980	60	22	11,0	29,0	1200	
18	0,15	0,58	0,30	985	62	23	12,0	29,5	1140	
19	0,16	0,55	0,32	990	64	24	11,0	30,0	425	
20	0,17	0,52	0,28	1000	66	25	12,0	30,5	436	
21	0,13	0,50	0,30	1005	68	26	11,0	31,0	400	
22	0,15	0,48	0,32	1010	70	24	12,0	31,0	436	
23	0,16	0,45	0,28	1015	72	23	11,0	30,5	1140	
24	0,17	0,42	0,30	1020	74	24	12,0	30,0	1200	
25	0,14	0,40	0,32	1025	76	25	12,0	29,5	436	

Содержание отчета:

- 1) цель работы;
- 2) теоретическая часть, в которой излагаются теоретические основы технологии производства макаронных изделий (заполнить таблицу 11);
- 3) классификация макаронных прессов; описание конструкции и принципа действия одного из шнеков – ЛПШ-500, ЛПШ-1000; техническая характеристика;
- 4) расчетная часть, в которой приводится расчет макаронного пресса по предлагаемому варианту (таблица 10).

Таблица 11

Название технологической операции	Цель технологической операции	Технологические режимы	Применяемое оборудование	Классификация оборудования	
				по выполняемым общим функциям	по характеру воздействия на обрабатываемый продукт
Вид технологической линии					

Задание 4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ШОКОЛАДА

Цель работы: изучение теоретических основ производства шоколада, работы технологической линии, знакомство с классификацией дробилок, их устройством и принципом действия, приобретение практических навыков по расчету молотковой дробилки.

4.1. Характеристика сырья и готовой продукции

Шоколадные изделия вырабатывают из сахара и какао-продуктов – какао тертого и какао масла. Какао продукты получают из какао-бобов на специализированных фабриках и цехах. В шоколад могут входить различные добавки: сухие молоко и сливки, дробленный и тертый обжаренный орех и др. В зависимости от рецептуры и способа обработки шоколад подразделяют на следующие виды: обыкновенный без добавок и с добавками, десертный без добавок и с добавками, пористый, с начинкой (ореховая, фруктовая, помадная), диабетический, с добавками витаминов, оказывающих тонизирующее действие на организм человека, шоколад-глазурь – полуфабрикат для производства конфет, какао-порошок, который получают из частично обезжиренной растертой массы ядер какао-бобов.

Основное сырье для производства шоколада – какао-бобы – семена плодов дерева какао, произрастающего в тропических областях Африки, Америки и на некоторых островах Индийского и Тихого океанов.

Товарные какао-бобы – это зерна массой 1...2 г, состоящие из оболочек (какаоеллы), ядра и зародыша. Какаоеллы состоят из клетчатки и не представляют пищевой ценности. Какао-бобы имеют сложный химический состав (%): влаги – 6, жира (какао-масло) – 48, белковых веществ – 12, кофеина – 1,8, крахмала – 5, глюкозы – 1, дубильных веществ – 6, пектина – 2, клетчатки – 11, кислот – 2, минеральных веществ – 3,2, красящих веществ – 2.

4.2. Технологические операции производства

Первичная обработка какао-бобов. Какао-бобы, поступающие на переработку, вследствие неоднородности по размерам, форме, качеству и содержанию различных примесей подвергаются сортированию и очистке от посторонних примесей на очистительно-

сортировочных машинах различной конструкции. На сепарационной машине какао-бобы очищают от камней, частиц металла, пыли, волокна, удаляют неполноценные какао-бобы. Сортирование и очистку какао-бобов проводят в отдельных, изолированных от основного производства помещениях. Отсортированные по размеру и очищенные какао-бобы хранят в отдельных бункерах.

После очистки и сортировки какао-бобы поступают на термическую обработку, целью которой являются:

- 1) удаление влаги;
- 2) улучшение вкусовых свойств;
- 3) уничтожение микрофлоры.

От правильного проведения обработки какао-бобов в значительной степени зависит качество шоколада и какао-порошков. При термической обработке происходят разные физико-химические изменения:

- 1) повышается содержание сухих веществ с 92 % до 98 %;
- 2) какаоелла приобретает хрупкость, легко отделяется от ядра, которое также становится более хрупким и легче дробится, происходит стерилизация какао-бобов;
- 3) значительно улучшаются вкусовые и ароматические свойства за счет уменьшения содержания растворимых дубильных веществ, удаления части летучих кислот, образования веществ со специфическим ароматом.

Режим термической обработки какао-бобов зависит от размера последних, поэтому большое значение имеет тщательность проведения сортирования какао-бобов. Термическую обработку проводят на аппаратах периодического или непрерывного действия. Какао-бобы обрабатываются в токе горячего воздуха, температура при этом не должна превышать 120 °С.

Получение какао-тертого. Эта стадия включает: дробление какао-бобов, сортирование полученной какао-крупки, измельчение какао-крупки, темперирование, хранение какао-тертого.

Цель дробления – отделение какаоеллы и ростка от ядра, т. к. они ухудшают вкус и пищевую ценность шоколада. При дроблении какао-бобов ядро превращается в какао-крупку, из которой какаоеллу отделяют отвеиванием, а росток – на триерах. Эта операция проводится на дробильно-сортировочных машинах, где происходит также разделение какао-крупки на несколько фракций – от 8,0 до 0,75 мм. Крупные фракции крупки используют для получения плиточного шоколада и какао-порошка, а мелкие – для приготовления

ния начинок, конфетных масс и шоколадной глазури. Выход какао-крупки должен составлять 81...83 % от массы сырых какао-бобов.

После дробления и сортирования какао-крупку измельчают до частиц размером не более 30 мкм. При этом образуется продукт, который называется **какао-тертым**. При измельчении разрушаются клеточные стенки, происходит освобождение какао-масла и образуется суспензия, где жидкой фазой является какао-масло, а твердой – частицы клеточных стенок какао-бобов. При размоле температура массы увеличивается и значительно превышает температуру плавления какао-масла, поэтому какао-тертое представляет собой густую сметанообразную массу.

Какао-тертое получают на машинах различных конструкций: ударно-шлифтовых, валковых и шариковых мельницах. На ударных шлифтовых мельницах какао-тертое получают более высокой степени измельчения, т. к. процесс ведется с продувкой измельчаемой массы воздухом, который уносит часть летучих кислот и влаги. На валковых мельницах получают не только какао-тертое, но и проводят измельчение ядер орехов. Шариковые мельницы используют в целях получения какао-тертого более высокого качества. Здесь какао-тертое дополнительно измельчают и гомогенизируют. Полученное какао-тертое (для предотвращения расслаивания на жидкую и твердую фазы) подвергают темперированию температурой 85...90 °С. Содержание влаги должно быть не более 3 % и твердых частиц размером менее 30 мкм – не менее 90 %.

Затем какао-тертое используют для приготовления шоколадной массы и для получения какао-масла, которое является вторым основным компонентом производства шоколада.

Какао-масло получают прессованием какао-тертого на гидравлических прессах различной конструкции. Прессование проводят при температуре какао-тертого около 100 °С. При этом отжимается 44–47 % масла от массы какао-тертого. Образующаяся после отжатия твердая масса, содержащая 9...14 % какао-масла, называется **какао-жмыхом**, который служит полуфабрикатом для производства какао-порошка. Полученное при прессовании какао-масло перекачивается в большие емкости с обогревом и хранится в них при температуре 50...60 °С.

Получение шоколадной массы. Шоколадная масса – тонкодисперсная смесь сахарной пудры, какао-тертого, какао-масла и добавок.

Технология приготовления шоколадных масс включает следующие операции: смешивание компонентов, измельчение, разводка, гомогенизация.

Содержание жира в шоколадной массе должно быть неизменным – 32...36 %, независимо от соотношения компонентов рецептуры. Жир вводится в массу как составная часть какао-тертого и в виде какао-масла. Вкус шоколадной массы в значительной степени определяется соотношением между какао-тертым и сахаром. Для характеристики сладости шоколадных масс используется коэффициент сладости (Пс), который определяется отношением массы вводимого сахара к массе какао-тертого. Коэффициент шоколада подразделяется на пять групп: 1) Пс 2 – очень сладкий; 2) Пс = 1,6...2,0 – сладкий; 3) Пс = 1,4...1,6 – полусладкий; 4) Пс = 1,0...1,2 – полугорький; 5) Пс = 1,0 – горький.

При приготовлении шоколадных масс используется сахарная пудра.

Шоколадные массы получают периодическим и непрерывным способами. При периодическом способе смешивание осуществляется в месильных машинах (микс) или меланжерах. Исходные компоненты (какао-тертое, сахарная пудра, добавки, какао-масло) загружают в определенной последовательности. Какао-масло вводят до содержания 26...29 %, оставшуюся часть вводят на стадии разводки. Смешивание проводят при температуре 40...45 °С в течение 15...30 мин.

После смешивания масса имеет грубый вкус из-за большого числа крупных частиц введенных компонентов, поэтому массу подвергают измельчению путем растирания и раздавливания частиц твердой фазы до частиц необходимого размера. Для этой цели используют пятивалковые мельницы. Основными рабочими органами ее являются пять отшлифованных валков, внутри которых циркулирует вода для охлаждения. Измельченная масса перемещается с одной пары валков на другую снизу вверх за счет уменьшения зазора между валками и возрастания частоты вращения валков от нижнего к верхнему. В процессе вальцевания шоколадная масса из пластичной превращается в сыпучую, порошкообразную.

В провальцованную порошкообразную шоколадную массу вводят оставшееся какао-масло. При этом шоколадная масса приобретает жидкую консистенцию. Эта операция называется **разводкой**. Процесс ведут при T 60–70 °С – для шоколадных масс без добавок и при 45–55 °С – для шоколадных масс с добавками. Продолжительность операции – 3 ч. Затем в массу добавляют соевый фосфатидный концентрат (ПАВ) для снижения вязкости, подвергают гомогенизации для равномерного распределения твердых частиц в какао-масле и снижения вязкости.

Для десертных сортов шоколада шоколадную массу подвергают **коншированию** (ротационные конш-машины) – механическому и тепловому воздействию в течение 24–72 ч при температуре 55–60 °С, что приводит к улучшению вкусовых и ароматических качеств массы. Конширование приводит к снижению влажности шоколадной массы, снижению вязкости, снижению дисперсности массы, снижению летучих кислот, окислению дубильных веществ, что в целом способствует улучшению вкуса и аромата.

Формование шоколадных масс. Формование шоколада проводят путем отливки шоколадной массы в формы. При охлаждении происходит кристаллизация какао-масла, шоколад приобретает твердую структуру. Какао-масло может кристаллизоваться в четырех различных формах, что затрудняет извлечение шоколада из форм и приводит к образованию на поверхности шоколада серого налета (жировое «поседение»). Чтобы исключить это явление шоколадную массу перед формованием подвергают темперированию, в результате чего создаются центры кристаллизации устойчивой формы какао-масла. Шоколадную массу после перемешивания быстро охлаждают до 33 °С, а затем медленно охлаждают до 30,1 °С, при этом тщательно перемешивая.

Схема формования шоколада на автоматах различной конструкции включает следующие операции: дозирование оттемперированной и отфильтрованной шоколадной массы в металлические формы; обработка форм на вибротранспортере для обеспечения равномерного заполнения формы шоколадной массой и удаления воздуха; охлаждение в охлаждающем шкафу – 1 зона охлаждения – 8 °С, 2-ая зона охлаждения – 15–16 °С. Время охлаждения – 20–25 мин. Во время охлаждения происходит кристаллизация какао-масла и переход шоколада в твердое состояние, что сопровождается некоторым уменьшением объема шоколада.

Для изготовления пористого шоколада используют десертные шоколадные массы, обработанные в вакууме при небольшом охлаждении, в результате чего мельчайшие пузырьки воздуха, находящиеся в шоколадной массе, расширяются, образуется характерная пористая структура.

Упаковка и хранение. Для предохранения от влияния внешней среды, удлинения сроков хранения и придания привлекательного внешнего вида шоколад завертывают в алюминиевую фольгу, упаковывают в картонные футляры, затем в ящики из гофрированного картона, фанеры или дощатые. Хранят шоколад в хорошо вентили-

руемых помещениях при 18 °С и относительной влажности воздуха не выше 75 %. Срок хранения шоколада без добавок – 6 мес., с добавками и с начинками – 3 мес.

Технология изготовления какао-порошка

Какао-порошок получают из какао-жмыха путем его измельчения. Какао-жмых имеет вид дисков, которые предварительно дробят в специальных жмых-дробилках на куски размером около 25 мм и охлаждают до 35–40 °С. Далее их измельчают на какао-размольных агрегатах с механическим просеиванием и воздушным сепарированием.

Принцип работы какао-размольного агрегата: кусочки какао-жмыха измельчаются, с потоком воздуха поступают в охладитель, затем в сепаратор, где крупные частицы отделяются от мелких и направляются на повторное измельчение, а мелкие частицы выводятся из сепаратора и поступают к фасовочным агрегатам. Какао-порошок фасуют в пачки или банки по 50 и 100 г и хранят в сухих помещениях при температуре не выше 18 °С и относительной влажности воздуха 75 %. Срок хранения – 3–12 мес. (в зависимости от тары).

4.3. Устройство и принцип действия технологической 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 (рисунок 9). 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.

Какао-тертое, предназначенное для получения какао-масла, хранится в temperирующем 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 успевает 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 temperирующих 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 добавки, 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 пяти-валковые 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 порошкообразной продукт. При измельчении увеличивается поверхность твердых частиц массы, поэтому введенного в рецептурную смесь какао-масла ока-

зывается недостаточно для полного смачивания частиц, 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, поэтому 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 вязкостью. 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 формование, 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 мед-

ленно 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 формования 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 формовании 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. Temperированная 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 шоколад-

ная масса хорошо заполняет все углубления формы, а содержащиеся в массе мелкие пузырьки воздуха удаляются из ее объема. Благодаря вибрационной обработке форм в течение 3-5 мин шоколад приобретает 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 получаются 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°, 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 прогрева 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 и, 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 фанер-

ные или тесовые ящики, картонные коробки, которые закрываются, забиваются гвоздями или заклеиваются.

4.4. Расчетная часть

Молотковая дробилка (рисунок 10) для получения высокодисперсной смеси измельченных твердых частиц устроена следующим образом. В корпусе 1 смонтированы ротор 10 с молотками и на одном валу с ним вентиляторное колесо 4: сменное сито 11 и неподвижная дека 5. Вентиляторное колесо вращается в камере 3 корпуса дробилки. На корпусе расположен приемный бункер 8, а в бункере имеется задвижка для регулирования поступающего продукта.

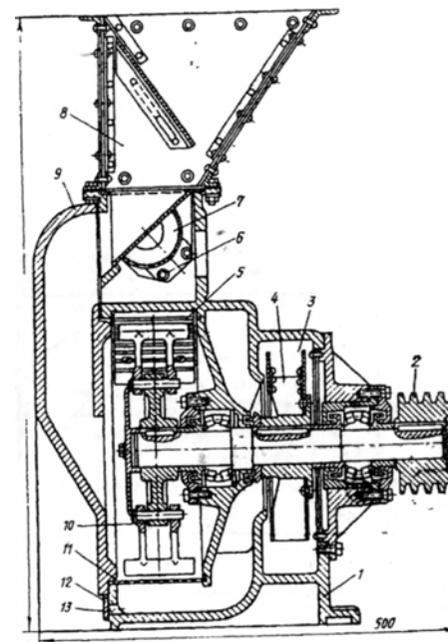


Рисунок 10. Молотковая дробилка:

- 1 – корпус; 2 – шкив; 3 – камера для вентиляторного колеса; 4 – вентиляторное колесо; 5 – неподвижная дека; 6 – коробка для магнитов; 7 – постоянные магниты; 8 – приемный бункер; 9 – крышка; 10 – ротор; 11 – сито; 12 – планка; 13 – щель подачи воздуха

Для очистки исходного продукта от металлопримесей в латунной коробке 6 установлены постоянные магниты 7. В передней стенке корпуса предусмотрены щели 13 для добавочной подачи воздуха в дробилку. Величина этих щелей регулируется специальной планкой 12. Ротор 10 дробилки приводится во вращение от электродвигателя через клиноременную передачу и шкив 2. Наличие крышки 9 в корпусе и консольное расположение ротора позволяют легко заменять молотки и сита при износе.

Задание. Выполнить расчет молотковой дробилки, если заданы: D – диаметр ротора дробилки, м; v – минимальная окружная скорость молотков, м/с; конструктивные размеры молотка прямоугольной формы с одним отверстием (рис. 2.9): a – длина, м; b – ширина, м; δ – высота, м; c – расстояние от центра тяжести молотка до оси подвеса, м; l – расстояние от оси подвеса до конца молотка, м; I–I, II–II, III–III – сечения молотка.

Методика расчета

Чтобы на вал и подшипники не передавались импульсы от молотков, квадрат радиуса инерции молотка r_c относительно точки его подвеса к диску должен быть равен расстоянию c от центра тяжести молотка до оси подвеса, умноженному на расстояние l от той же оси подвеса до конца молотка, т. е.

$$r_c^2 = c \cdot l,$$

где c – расстояние от центра тяжести молотка до оси подвеса, м;
 l – расстояние от оси подвеса до конца молотка, м.

Для соблюдения этого условия координаты точки подвеса пластинчатого молотка прямоугольной формы с одним отверстием определяем по уравнению

$$c = (a^2 + b^2)/6a,$$

где a и b – соответственно длина и ширина молотка, м (рисунок 11).

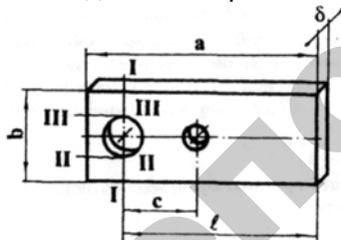


Рисунок 11. Молоток прямоугольной формы с одним отверстием

Квадрат радиуса инерции молотка относительно его центра тяжести, m^2 ,

$$r_{ц.т}^2 = (a^2 + b^2)/12.$$

Квадрат радиуса инерции молотка относительно его оси подвеса, m^2 ,

$$r_0^2 = r_{ц.т}^2 + c^2.$$

Расстояние от конца молотка до его оси подвеса, м,

$$l_1 = c + 0,5a.$$

Проверка обеспечения безударной работы молотка

$$r_c^2 = c \cdot l_1.$$

Конструктивное назначение расстояния от оси подвеса молотка до оси ротора (во избежание нарушения устойчивой работы молотковой дробилки это расстояние должно быть больше расстояния от конца молотка до его оси подвеса)

$$l_0 > l, \text{ или } l_0 = l_1 + (3...6)10^{-3}.$$

Радиус наиболее удаленной от оси ротора точки молотка R_1 , м,

$$R_1 = l_0 + l_1.$$

Частота вращения ротора, ω , c^{-1} ,

$$\omega \geq v/R_1.$$

Центробежная сила инерции молотков F , Н,

$$F = G_M \cdot \omega^2 \cdot R_c,$$

где $G_M = V_M \rho_M$ – масса молотка, кг;

V_M – объем молотка, m^3 ;

$\rho_M = 7800 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали;

$R_c = l_0 + c$ – радиус окружности расположения центров тяжести молотков, м.

Диаметр оси подвеса молотка d , м,

$$d = 1,36 \sqrt[3]{F \cdot \delta / [\sigma]_{и}},$$

где $[\sigma]_{и} = 10^8 \text{ Па}$ – допускаемое напряжение при изгибе.

Толщина ротора H , м,

$$H \geq \frac{F}{d[\sigma]_{\text{см}}}$$

где $[\sigma]_{\text{см}} = 8 \cdot 10^7$ Па – допускаемое напряжение при смятии.

Минимальный размер перемычки между отверстиями под оси подвеса и наружной кромкой диска $h_{\text{мин}}$, м,

$$h_{\text{мин}} \geq \frac{0.5F}{d[\sigma]_{\text{сд}}}$$

где $[\sigma]_{\text{сд}} = 175 \cdot 10^6$ Па – допускаемое напряжение на сдвиг.

Наружный радиус диска $R_{\text{д}}$, м,

$$R_{\text{д}} = l_0 + 0,5d + h_{\text{мин}}$$

Диаметр вала в опасном сечении у шкива d_0 , м,

$$d_0 = 0,052 \cdot \sqrt[3]{N/\omega}$$

Производительность молотковой дробилки Q , кг/с,

$$Q = K_1 \rho_n D^2 L \omega,$$

где K_1 – эмпирический коэффициент, который зависит от типа и размеров ячеек ситовой поверхности, физико-механических свойств сырья (вид, прочность, крупность и др.). $K_1 = (1,3 \dots 1,7) \cdot 10^{-4}$ для сит с размером отверстий до 3 мм; $K_1 = (2,2 \dots 5,2) \cdot 10^{-4}$ для чешуйчатых сит с размером отверстий от 3 до 10 мм (меньшие размеры K_1 принимают для сит с меньшими размерами отверстий);

ρ_n – плотность измельчаемого продукта, кг/м³;

L – длина ротора дробилки, м. $L = (0,32 \dots 0,64)D$.

Мощность электродвигателя молотковой дробилки N , кВт,

$$N = K_1 K_2 \rho_n D^2 L \omega,$$

где $K_2 = (6,4 \dots 10,5)$ – эмпирический коэффициент, учитывающий степень измельчения продукта (меньшее значение K_2 принимают при грубом измельчении, а большее – при тонком).

Определим напряжения, возникающие в молотке от центробежной силы. Напряжение при одноосном растяжении, возникающее в сечении I–I (рисунок 11), Па,

$$\sigma_{\text{I-I}} = \frac{F}{(b-d)\delta}$$

Допускаемое напряжение при этом определяется по формуле

$$\sigma = \frac{\sigma_{\text{T}}}{n}$$

где n – запас прочности ($n = 5$ – для молотка), $\sigma_{\text{T}} = 950 \cdot 10^6$ Па.

Напряжение сдвига τ , Па, в сечениях II–II и III–III (рисунок 11)

$$\tau = \frac{F}{\delta(a-c-d)}$$

Напряжение смятия $\sigma_{\text{см}}$, Па, возникающее в молотке,

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F}{\delta d}$$

Расчетные значения напряжений на растяжение, сдвиг и смятие сравниваем с предельно допустимыми значениями напряжений для стали 30ГХС.

Таблица 12

Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	D , м	b , м	a , м	v , м/с	δ , м	Марка дробилки
1	2	3	4	5	6	7
1	0,031	0,035	0,080	78	0,008	А1-КДО
2	0,032	0,035	0,080	78	0,008	
3	0,033	0,035	0,080	79	0,008	
4	0,034	0,035	0,080	79	0,008	
5	0,035	0,035	0,081	80	0,008	
6	0,035	0,036	0,081	80	0,008	
7	0,034	0,036	0,081	81	0,008	ВДР-5
8	0,034	0,036	0,081	81	0,009	
9	0,033	0,036	0,081	82	0,009	
10	0,033	0,036	0,082	82	0,009	
11	0,032	0,036	0,082	83	0,009	
12	0,032	0,037	0,082	83	0,009	

Окончание таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7
13	0,031	0,037	0,082	84	0,009	А1-КДП
14	0,031	0,037	0,082	84	0,009	
15	0,031	0,037	0,083	83	0,009	
16	0,032	0,037	0,083	83	0,009	
17	0,032	0,037	0,083	82	0,008	
18	0,032	0,038	0,083	82	0,008	
19	0,033	0,038	0,083	81	0,008	ВДР-5
20	0,033	0,038	0,084	81	0,008	
21	0,034	0,038	0,084	80	0,008	
22	0,034	0,038	0,084	80	0,008	
23	0,035	0,039	0,085	79	0,009	
24	0,035	0,039	0,085	79	0,009	
25	0,036	0,039	0,085	78	0,009	

Содержание отчета:

- 1) цель работы;
- 2) теоретическая часть, в которой излагаются теоретические основы технологии производства шоколада (заполнить таблицу 13);
- 3) классификация дробилок; чертеж, описание конструкции и принципа действия одной из дробилок: А1-КДО, А1-КДП, ВДР-5; техническая характеристика;
- 4) расчетная часть, в которой дается расчет молотковой дробилки по предлагаемому варианту (таблица 12).

Таблица 13

Название технологической операции	Цель технологической операции	Технологические режимы	Применяемое оборудование	Классификация оборудования	
				по выполняемым общим функциям	по характеру воздействия на обрабатываемый продукт
Вид технологической линии					

Задание 5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПРЯНИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Цель работы: изучение теоретических основ производства пряничных изделий, работы технологической линии, знакомство с классификацией хлебопекарных печей, их устройством и принципом действия, приобретение практических навыков по расчету хлебопекарной печи.

5.1. Характеристика сырья и готовой продукции.

Изделия кондитерские пряничные являются национальными русскими изделиями с ярко выраженным сладким вкусом, запахом пряностей и мягкой консистенцией. Пользуются большой популярностью у потребителей.

Ассортимент пряничных изделий достаточно большой и насчитывает около 90 наименований. Одним из них являются коврижки – выпеченный полуфабрикат, прослоенный начинкой.

В зависимости от технологии приготовления пряничные изделия делятся на *заварные* (с заваркой муки) и *сырцовые* (без заварки муки).

Процесс приготовления заварных пряничных изделий отличается тем, что при замесе теста мука заваривается в сахаро-медовом или в сахаро-паточном сиропах.

Благодаря различиям в рецептуре и технологии производства теста сырцовые и заварные пряничные изделия значительно отличаются по вкусовым качествам. Заварные изделия по сравнению с сырцовыми обладают более приятным вкусом и ароматом, дольше сохраняют свежесть.

Для повышения срока годности сырцовых пряников половину рецептурного количества пшеничной муки заменяют на ржаную, а часть сахара – на инвертный сироп и мед.

Пряничные изделия подразделяются на пряники без начинки, пряники с начинкой и коврижки с начинкой или без нее. В качестве начинки используются фруктовая начинка из яблочного пюре или смеси яблочного и фруктово-ягодного пюре, начинка фруктовая из повидла или фруктовой подварки. Начинка составляет 10...17 % массы пряников.

Пряники могут быть глазированными и неглазированными. Глазирование производится в основном сахарным сиропом, глазурь составляет около 15 %.

Пряничные изделия могут быть разнообразной формы – преимущественно круглой и овальной с выпуклой поверхностью. По размеру и форме они подразделяются на мелкие (круглые, овальные и фигурные) и коврижки (прямоугольные).

Толщина пряничных изделий зависит от их вида и составляет около 14...30 мм.

По форме, цвету, вкусу и запаху, состоянию поверхности пряничные изделия должны соответствовать их наименованию с учетом вкусовых добавок. Они не должны иметь постороннего запаха и привкуса. В изломе они должны представлять пропеченные изделия без следов непромеса, с равномерной пористостью.

По физико-химическим показателям массовая доля влаги в пряничных изделиях составляет 13...22 %, массовая доля жира – 1,5...7,0 %, щелочность – не более 2°, массовая доля золы, не растворимой в 10 %-ной соляной кислоте, – 0,1 %.

По микробиологическим показателям и содержанию токсичных элементов пряничные изделия должны соответствовать предъявляемым нормам.

Сырьем для производства пряничных изделий являются пшеничная, ржаная и соевая мука, сахар-песок, мед, патока, меланж, жир, химические разрыхлители, ароматизаторы, красители, изюм, орехи, цукаты и т. д..

В производстве пряничных изделий применяется мука пшеничная со средним и слабым качеством клейковины.

5.2. Технологические операции производства

Приготовление теста производится в тестомесильных машинах (МТ-70, МТ-100, ГУ-ШТЛ, ТМ-63) с П- и Z-образными лопастями, состоит из приготовления сиропа и приготовления теста.

Для приготовления сиропа в температурную машину или в емкость с паровым обогревом заливают горячую воду (70...80 °С), загружают сахар-песок, мед, патоку или инвертный сироп, сгущенное молоко. Смесь сырья перемешивается до полного растворения сахара-песка и нагревается до 65...70 °С. При выработке заварных пряников готовый сироп охлаждается до 50...65 °С, до 30...40 °С – для выпечки сырцовых пряников.

При приготовлении сырцового теста на сиропе он перемешивается с остальными видами сырья, в последнюю очередь вводятся химические разрыхлители и пшеничная мука. Процесс образования теста составляет 7...12 мин.

При приготовлении сырцового теста без сиропа следует строго соблюдать очередность загрузки сырья в тестомесильную машину: сахар-песок, вода, температура которой 20 °С, мед, патока, меланж, ароматизаторы, химические разрыхлители и пшеничная мука.

Все сырье без муки и химических разрыхлителей перемешивается 2...10 мин, а затем вводятся химические разрыхлители и мука. Замес производится в течение 4...12 мин. Продолжительность замеса теста зависит от температуры воздуха в цехе, температуры воды при замесе, скорости вращения рабочих органов и объема тестомесильной машины.

Тесто считается готовым, когда масса становится однородной с равномерным распределением всего сырья. Температура готового теста не должна быть выше 20...22 °С, так как повышение температуры приводит к его затягиванию и впоследствии наблюдается деформация изделий.

Влажность сырцового теста составляет около 23,5...25,5 %.

При приготовлении заварного теста дополнительно вводятся стадии приготовления заварки и ее охлаждения. Приготовленный сироп с температурой 50...65 °С подается в тестомесильную машину с паровой рубашкой. На рабочем ходу машины постепенно вводится мука в количестве, предусмотренном рецептурой. Продолжительность замеса заварки зависит от числа оборотов лопастей в минуту и в среднем составляет 5...15 мин. Температура заварки – 48...53 °С, влажность – 19...20 %.

Заварка может охлаждаться в самой тестомесильной машине при наличии водяной рубашки до температуры 28...35 °С или в специальных ларях в помещении цеха до температуры 25...27 °С. Правильное и достаточное охлаждение заварки обеспечивает высокое качество продукции. Из недостаточно охлажденной заварки пряники получаются более плотными и неправильной формы.

Для приготовления теста в тестомесильную машину загружаются охлажденная заварка и все остальное сырье, предусмотренное рецептурой. Замес теста осуществляется 30...60 мин и зависит от способа охлаждения заварки, ее вылеживания, числа оборотов лопастей тестомесильной машины, а также температуры охлажденной заварки. В случае охлаждения заварки в тестомесильной машине в нее вносится предусмотренное рецептурой сырье, и замес продолжается всего 10 мин.

Температура готового теста должна быть около 28...36 °С, влажность (в зависимости от сорта) – 18...23 %.

Формование пряников округлой формы осуществляется на формующее-отсадочных машинах ФПЛ, А2-ШФЗ с укладкой тестовых заготовок на противни или А2-ШФЗ-01 для укладки тестовых заготовок непосредственно на ленточный под кондитерской печи. Загруженное в бункер головки формующей машины тесто подается рифлеными вальцами к матрицам и продавливается через отверстие в виде жгута. С помощью струнной резки жгуты теста нарезаются на отдельные заготовки и укладываются на противни или транспортерную ленту печи.

При формовании изделиям придается определенная форма, а на отдельные наносится рисунок или надпись.

Формование пряничного теста производится и на штампующих машинах, где из тестовой ленты высекаются изделия определенного размера и формы.

Пряничное тесто может формоваться ручным способом. Раскатанный пласт теста толщиной 8...11 мм формуют металлической выемкой определенной формы путем нажима выемки на пласт теста. Для нанесения рисунка на поверхность пласт теста прокатывается зубчатой скалкой.

Для нанесения определенных рисунков на поверхность пряничных изделий применяется деревянная форма в виде доски с выгравированным рисунком или надписью. Пряники, отформованные в деревянные формы, называют *печатными*. Они имеют форму птиц, рыбок, животных.

Формование пряничных изделий с начинкой производится при помощи металлических выемок и деревянных резных форм. Некоторая часть теста раскатывается в пласт и намазывается начинкой. Извлеченный из деревянной формы пласт теста с рисунком укладывается сверху на начинку. Оба пласта теста соединяют по краям таким образом, чтобы начинка оказалась внутри. Полученную тестовую заготовку из трех слоев (два слоя теста и начинка) направляют на выпечку.

При механизированном способе формования теста с начинкой его загружают в бункер машины, состоящей из насадки, представленной в виде «трубы в трубе» и штампующего барабана. Тесто выходит в виде тестовой трубки, внутри которой находится начинка. Далее тестовый жгут с начинкой поступает под штампующий барабан, где вырубается заготовки определенной формы.

Для коврижек тесто формуют в виде пласта по размерам металлического противня.

Поверхность некоторых пряников и коврижек перед выпечкой смазывается меланжем, посыпается сахаром-песком, орехами, цукатами и т. д.

Выпечка тестовых заготовок производится в печах ротационного типа, в шкафах пекарских трехсекционных и в тоннельных или конвейерных печах непрерывного действия. Перед выпечкой тестовые заготовки проходят камеру увлажнения.

Пряники выпекаются в течение 7...12 мин при температуре 190...240 °С. Температура выпечки снижается до 190...210 °С при выработке неглазированных пряников во избежание появления более темной окраски. Коврижки выпекают при температуре около 200 °С в течение 25...40 мин.

Охлаждение. Пряники неглазированные охлаждаются до температуры 25...35 °С в течение 20...22 мин, а глазированные – до температуры 45...50 °С в течение 5...10 мин.

При выпечке в печах непрерывного действия пряники охлаждаются при движении непосредственно на сетке внутри охлаждающего устройства за счет холодного воздуха (10...12 °С). Охлаждающее устройство устанавливается непосредственно после печи.

Пряники снимаются после охлаждения только в случае их полного отделения от сетчатой ленты или листа.

Глазирование пряников сахарным сиропом производится для украшения поверхности и сохранения свежести изделий. Глазирование пряников включает стадии приготовления сиропа, глазирование, подсушивание и выстаивание глазированных изделий.

Сироп для глазировки при соотношении сахара-песка и воды 100:40 уваривается до содержания сухих веществ 77...78 % и плотности 1340...1400 кг/м³.

Готовый сироп подается в бачок с подогревом для поддержания его температуры около 90...95 °С и далее на глазирование.

Глазирование пряников осуществляется в небольшом котелке путем тщательного перемешивания, затем их вынимают вилкой и раскладывают на сетки. Глазирование пряников может производиться в дражировочных котлах.

Для глазирования пряников непрерывным способом применяются машины барабанного типа (А2-ТК2-Л). При вращении барабана, вдоль

внутренней поверхности которого приварена спираль, происходит глазирование пряников и их перемещение к выходному отверстию.

Подсушивание и упаковывание. Пряники после глазирования укладываются на сетчатые кассеты или транспортер в один ряд выпуклой стороной вверх и направляются на подсушку в специальные камеры сначала при температуре 60 °С в течение 5 мин (скорость воздуха 4 м/с), а затем при температуре 20...22 °С в течение 3 мин.

После подсушки пряники выстаиваются в течение 2 ч в помещении цеха и направляются на фасование, упаковывание, хранение.

Сроки хранения пряничных изделий с даты изготовления, дней: сырцовые неглазированные (кроме мятных) пряники и коврижки – 20;

сырцовые и заварные пряники типа мятных в зимнее время – 15;

сырцовые и заварные пряники типа мятных в летнее время – 10;

сырцовые и глазированные пряники и коврижки в летнее время – 20;

заварные пряники в летнее время – 20;

заварные пряники в зимнее время – 30;

заварные коврижки – 20;

коврижки с содержанием жира более 11 % – 15.

5.2. Устройство и принцип действия технологической линии

Пшеничная мука подается на просеивание в бурат 2 и затем шнеком 3 передается в бункер для муки 5. С помощью шнека мука передается на автовесы 6 (рисунок 12).

Для приготовления теста необходимые компоненты сырья загружаются в тестомесильную машину 7, куда в последнюю очередь поступают мука и химические разрыхлители. Приготовленное тесто с помощью тележки 8 подается на формование на формующе-отсадочную машину 9. Отформованные тестовые заготовки поступают на выпечку в конвейерную печь 10, далее в охлаждающий шкаф 11. После охлаждения в шкафу пряники дополнительно охлаждаются на транспортере 12 в условиях цеха. После этого сбрасыватель 13 направляется в аппарат для глазирования 15, куда непрерывно подается сахарный сироп из бачка с подогревом 14. Глазированные пряники поступают в охлаждающий шкаф 17 для подсушивания с последующим выстаиванием и укладкой на транспортерах 18, 19.

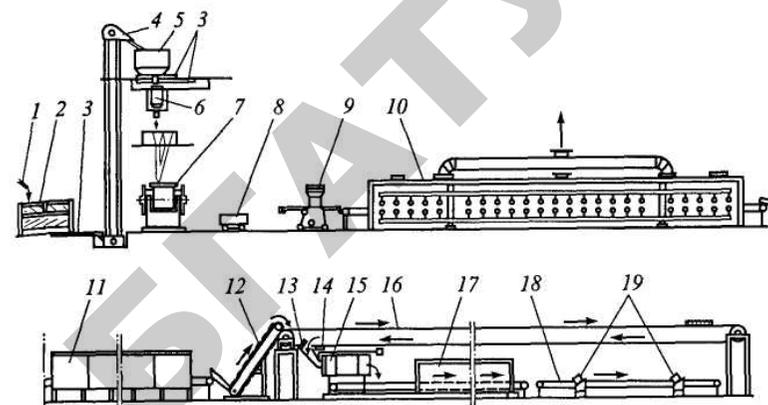


Рисунок 12. Машинно-аппаратурная схема линии производства пряников: 1, 4 – мучные самоточки; 2 – мучной бурат; 3 – шнек; 5 – бункер; 6 – автовесы; 7 – тестомесильная машина; 8 – тележка; 9 – формующе-отсадочная машина; 10 – конвейерная печь; 11 – охлаждающий шкаф; 12 – передаточный транспортер; 13 – сбрасыватель; 14 – бачок для сиропа с паровой рубашкой; 15 – аппарат для глазирования пряников; 16 – транспортер для охлаждения изделий; 17 – сушильный шкаф; 18 – укладочный транспортер, 19 – укладка изделий

5.3. Расчетная часть

Печь ХПА-40 (рисунок 13) имеет тупиковую пекарную камеру, четырехниточный цепной люлечный конвейер 2 и комбинированный обогрев. К конвейеру подвешено 100 рамочных люлек 1 с шагом 280 мм, шириной 220 мм и длиной 1730 мм. На каждой люльке размещается 15 типовых хлебных форм. Общая площадь конвейерного люлечного пода 38 м.

Конвейерные цепи на горизонтальных участках движутся по направляющим из уголковой стали, укрепленным на боковых стенках пекарной камеры. На поворотах цепи огибают промежуточные звездочки, насаженные на валы, подшипники которых установлены в наружных нишах боковых стен. Винтовое натяжное устройство обеспечивает натяжение цепей с учетом их износа и температурного удлинения.

Печной конвейер приводится в движение через вариатор скорости, при помощи которого длительность выпечки можно регулировать от 40 до 65 мин.

Теплоотдающие каналы расположены внизу камеры (два кирпичных канала б) и под ее верхним перекрытием (девять дымогарных труб 4 диаметром 150 мм). В средней части камеры установлено 110 нагревательных трубок 3 в виде четырехрядного пучка.

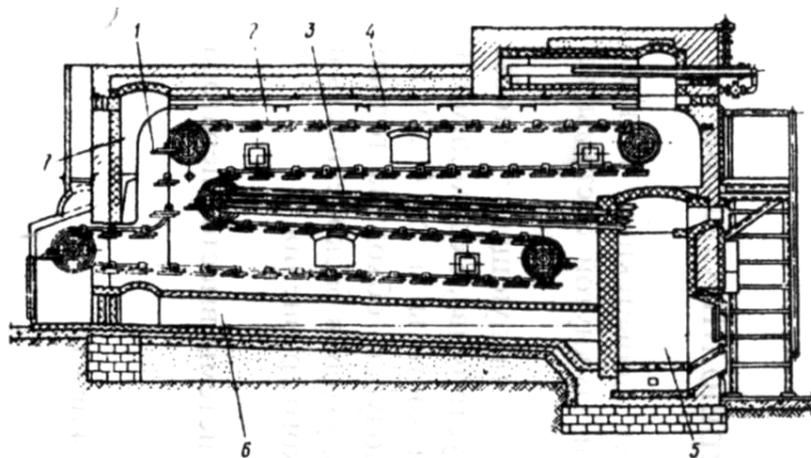


Рисунок 13. Печь ХПА-40:

1 – люльки; 2 – люлечный конвейер; 3 – нагревательные трубки; 4 – дымогарные трубы; 5 – топка; 6 – кирпичный канал; 7 – вертикальные газоходы

Обогрев пекарной камеры осуществляется системой каналов и трубками Перкинса. Дымовые газы из топки 5, отдав часть теплоты нагревательным трубкам 3, поступают в каналы б. Продукты сгорания обогревают топочные концы четырехрядного пучка трубок Перкинса; затем они поступают в нижний канал с большим термическим сопротивлением, состоящий из двух параллельных газоходов. Из нижних каналов газы по двум вертикальным газоходам 7 поступают в канал с малым термическим сопротивлением, разделенный на два участка: первый вертикальный участок с плоской поверхностью теплообмена из стального листа и второй участок из однорядного пучка (девяти) дымогарных труб 4. Охлажденные продукты сгорания поступают в газоходы теплоутилизатора.

Поверхность горячего хлеба перед выходом его из пекарной камеры увлажняется водой. С этой целью над нижней ветвью конвейера вблизи посадочного фронта установлены водяные, периодически действующие форсунки.

Стенки печи выполнены из кирпича с изоляционными прослойками.

Задание. Выполнить расчет хлебопекарной печи, если заданы: τ – продолжительность выпечки, мин; g_x – масса одной буханки хлеба, кг; $W'_{исп}$ – упек относительно горячего хлеба, %; t'_{nk} – температура перегретого пара, °С; t_T – начальная температура теста, °С; $t''_ф$ – температура формы при выходе из печи, °С; t_B – температура окружающей среды в цехе, °С; δ – толщина стенки, м.

Методика расчета

Расчет производительности печи. Производительность печного агрегата G_x , кг/ч, с люлечно-подиковым конвейером

$$G_x = 60n_{л}n_{ф}g_x/\tau,$$

где $n_{л}$ – количество рабочих люлек конвейера ($n_{л} = 36$);
 $n_{ф}$ – количество форм с хлебом на люльке ($n_{ф} = 24$);
 g_x – масса одной буханки хлеба, кг;
 τ – продолжительность выпечки, мин.

Суточная производительность хлебопекарной печи $P_{сут}$, кг/сут,

$$P_{сут} = 23P_{ч},$$

где 23 – время работы печи в сутки, ч.

Расчет теплового баланса пекарной камеры. Уравнение теплового баланса пекарной камеры для непрерывно работающей печи имеет следующий вид:

$$q_{n.k.} = q_1^{n.k.} + q_2^{n.k.} + q_3^{n.k.} + q_4^{n.k.} + q_5^{n.k.} + q_6^{n.k.} + q_7^{n.k.} + q_8^{n.k.},$$

где $q_1^{n.k.}$ – теоретический расход теплоты на выпечку 1 кг хлеба (полезная теплота), кДж/кг;

$q_2^{n.k.}$ – теплота на перегрев пара, подаваемого для увлажнения среды пекарной камеры и тестовых заготовок, кДж/кг;

$q_3^{n.k.}$ – расход теплоты на нагрев вентиляционного воздуха, кДж/кг;

$q_4^{n.k.}$ – расход теплоты на нагрев транспортных устройств, кДж/кг;

$q_5^{n.k.}$ – потери теплоты в окружающую среду через ограждения пекарной камеры, кДж/кг;

$q_6^{n.k.}$ – потери теплоты через нижнюю стенку пекарной камеры, кДж/кг;

$q_7^{n.k.}$ – потери теплоты излучением через посадочное окно пекарной камеры в окружающую среду, кДж/кг;

$q_8^{n.k.}$ – расход теплоты на аккумуляцию, кДж/кг.

Теоретический расход теплоты на выпечку 1 кг хлеба $q_1^{n.k.}$:

$$q_1^{n.k.} = W'_{исп} (i_{п.п.} - i_b) + g_k c_k (\bar{t}_k - t_T) + (g_{с.м.} c_{с.м.} + W_x c_b) (\bar{t}_k - t_T),$$

где $W'_{исп} = 8,1\%$ – упек относительно горячего хлеба (тогда массовая доля влаги, испарившейся на 1 кг хлеба, составит $W'_{исп} = 0,081$ кг на 1 кг горячего хлеба);

$i_{п.п.}$ – энтальпия перегретого пара при температуре $t'_{п.к.}$ и атмосферном давлении $p = 100$ кПа (приложение, таблица П. 2), $i_{п.к.} = 2727$ кДж/кг;

i_b – энтальпия воды в тесте при температуре теста t_T , °С (приложение, таблица П. 3), $i_b = 125$ кДж/кг;

g_k – содержание корки в 1 кг горячего изделия, $g_k = 0,285$ кг/кг;

c_k – удельная теплоемкость корки, $c_k = 1,47$ кДж/(кг·К);

\bar{t}_k – средняя температура корки, °С, принимается равной среднеарифметической температур поверхности корки и подкорочного слоя, $\bar{t}_k = 120$ °С;

t_T – температура теста, °С;

$g_{с.м.}$ – содержание сухого вещества мякиша в 1 кг хлеба, кг/кг;

$$g_{с.м.} = 1 - (g_k + W_x),$$

где, W_x – содержание влаги в 1 кг хлеба в момент выхода его из пекарной камеры, кг влаги на 1 кг горячего хлеба, $W_x = 0,45$ кг/кг;

$c_{с.м.}$ – удельная теплоемкость сухого вещества мякиша хлеба, $c_k = c_{с.м.} = 1,47$ кДж/(кг·К);

c_b – удельная теплоемкость воды, $c_b = 4,187$ кДж/(кг·К);

t_m – средняя температура мякиша горячего хлеба, $t_m = 98$ °С.

Расчет теплоты на перегрев пара, подаваемого для увлажнения среды пекарной камеры и тестовых заготовок $q_2^{п.к.}$,

$$q_2^{п.к.} = (i_{п.п.} - i_H) D_p,$$

97

где i_H – энтальпия насыщенного пара при давлении перед пароувлажнительным устройством $p_1 = 120$ кПа и степени сухости пара $x = 0,9$.

По таблице П. 3 (приложение) находим $i' = 439$ кДж/кг;

i_H вычисляем по формуле:

$$i_H = i' + xr.$$

$i_{п.п.}$ определяем при $t'_{п.к.} = 125$ °С и $p = 100$ кПа (приложение, таблица П. 2), $i_{п.п.} = 2727$ кДж/кг;

D_p – массовая доля насыщенного пара, поступающего в пекарную камеру на 1 кг горячего хлеба, $D_p = 0,09$ кг/кг.

Расход теплоты на нагрев вентиляционного воздуха $q_3^{п.к.}$

$$q_3^{п.к.} = (W'_{исп} + D_p) c_p (t'_{п.к.} - t_b) / (d'_{п.к.} - d_b),$$

где c_p – массовая удельная теплоемкость воздуха, $c_p = 1,005$ кДж/кг;

$d'_{п.к.}$ – влагосодержание горячего влажного воздуха в сечении посадочного окна на выходе из пекарной камеры, кг на 1 кг сухого воздуха, при $\phi'_{п.к.} = 40\%$ и $t'_{п.к.} = 125$ °С $d'_{п.к.} = 0,421$ кг/кг (приложение, таблица П. 4);

d_b – влагосодержание воздуха, при $\phi_b = 70\%$ и температуре $t_b = 25$ °С $d_b = 0,0142$ кг на 1 кг сухого воздуха (приложение, таблица П. 4).

Расход теплоты на нагрев транспортных устройств $q_4^{п.к.}$ отсутствует, т. к. конвейер печи не выходит за пределы пекарной камеры. Потеря теплоты будет происходить только при охлаждении форм, выходящих из печи,

$$q_4^{п.к.} = g_{м.ф} c_m (t''_{ф} - t'_{ф}),$$

где $g_{м.ф}$ – масса металла форм, приходящаяся на 1 кг хлеба, $g_{м.ф} = 0,61$ кг/кг;

c_m – удельная теплоемкость стали, $c_m = 0,462$ кДж/(кг·К);

$t''_{ф}$ – температура формы при выходе из печи, $t''_{ф} = 166$ °С;

$t'_{ф}$ – температура формы при входе в пекарную камеру, $t'_{ф} = 30$ °С.

Потери теплоты ограждениями пекарной камеры $q_5^{п.к.}$

$$q_5^{п.к.} = 3,6 Q_{о.с.} / G_x,$$

где G_x – производительность печи, кг/ч;

98

$Q_{o.c}$ – потеря теплоты ограждениями пекарной камеры в окружающую среду, Вт.

$$Q_{o.c} = \alpha_{\kappa} f_{\text{п}}(t_{\text{п}} - t_{\text{в}}) + C_0 \varepsilon_{\text{п}} f_{\text{п}} [(0,01 T_{\text{п}})^4 - (0,01 T_{\text{ст}})^4],$$

где $C_0 = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) – постоянная Стефана-Больцмана.

Коэффициент теплоотдачи конвекцией α_{κ} , Вт/(м²·К) от поверхности стенок пекарной камеры в окружающую среду

$$Nu = C(Gr Pr)^n.$$

При теплоотдаче от вертикальных стенок в качестве определяющего размера принимается высота h_1 боковых стенок (рисунок 14).

Температура среды $t_{\text{в}}$ является определяющей. Средняя температура поверхности ограждений $t_{\text{п}} = 40$ °С. Средняя температура стен помещения $t_{\text{ст}}$ принимается равной температуре воздуха в помещении $t_{\text{в}}$.

При $t_{\text{в}}$ для воздуха находим (приложение, таблица П. 5) следующие теплофизические характеристики: кинематическую вязкость ν , м²/с; коэффициент теплопроводности λ_1 , Вт/(м·К); число Прандтля Pr .

Коэффициент объемного расширения воздуха

$$\beta = 1/(273 + t_{\text{в}}).$$

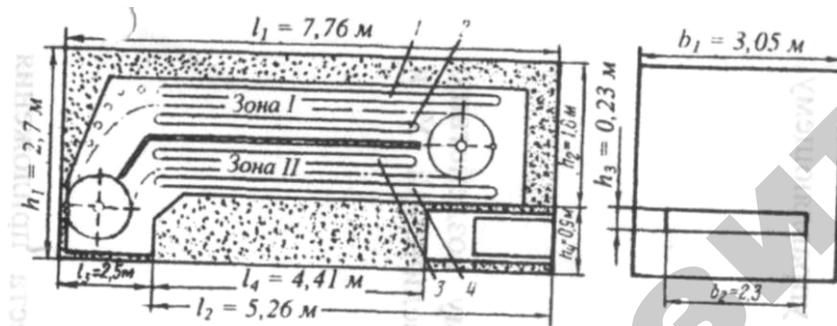


Рисунок 14. Расчетная схема печи РЗ-ХПА

Число Грасгофа

$$Gr = g\beta\Delta th^3/\nu^2.$$

Вычислим произведение

$$Gr Pr.$$

99

При $GrPr > 10^9$ (турбулентный режим)

$$Nu = 0,15(GrPr)^{0,33}$$

Отсюда коэффициент теплоотдачи конвекцией α_{κ} , Вт/(м²·К),

$$\alpha_{\kappa} = Nu \lambda_1 / h.$$

Для горизонтальной поверхности ограждения печи

$$\alpha_{\text{гор}} = 1,3\alpha.$$

Площадь вертикальных поверхностей ограждения, м², составляет (рисунок 14) $h_1 = 2,7$ м; $h_2 = 1,8$ м; $l_1 = 7,76$ м; $l_2 = 5,26$ м; $l_3 = 2,5$ м; $b_1 = 3,05$ м.

$$F_6 = F_1 + F_2 + 2F_3,$$

где F_1 – площадь переднего вертикального ограждения пекарной камеры, м²,

$$F_1 = h_1 \cdot b_1;$$

F_2 – площадь заднего вертикального ограждения пекарной камеры, м²,

$$F_2 = h_2 b_1;$$

F_3 – площадь вертикального ограждения боковой стенки пекарной камеры, м²,

$$F_3 = h_1 l_3 + h_2 l_2.$$

Площадь верхнего горизонтального ограждения пекарной камеры, м²,

$$F_{\text{гор}} = l_1 b_1.$$

Потеря теплоты пекарной камеры вертикальными поверхностями, Вт,

$$Q_{o.c.в} = \alpha_{\kappa} f_{\text{п}}(t_{\text{п}} - t_{\text{в}}) + C_0 \varepsilon_{\text{п}} f_{\text{п}} [(0,01 T_{\text{п}})^4 - (0,01 T_{\text{ст}})^4].$$

Потеря теплоты пекарной камеры верхней горизонтальной поверхностью ограждения, Вт,

$$Q_{o.c.г} = \alpha_{\kappa} f_{\text{п}}(t_{\text{п}} - t_{\text{в}}) + C_0 \varepsilon_{\text{п}} f_{\text{п}} [(0,01 T_{\text{п}})^4 - (0,01 T_{\text{ст}})^4].$$

100

Общая потеря теплоты ограждениями $Q_{o.c.}$, Вт,

$$Q_{o.c.} = Q_{o.c.v.} + Q_{o.c.g.}$$

Определяем потерю теплоты через нижнюю стенку пекарной камеры. Производим расчет участка стенки длиной $l_4 = 4,41$ м (рисунок 14), в котором отсутствуют газоходы и другие тепловыделяющие устройства,

$$q_6^{п.к.} = 3,6 Q_{н.с.} / G_x;$$

$$Q_{н.с.} = (\lambda_2 / \delta) f_{н.с.} (t_{ст} - t_{пол}),$$

где $Q_{н.с.}$ – потеря теплоты пекарной камеры через нижнюю стенку печи, Вт;

λ_2 – коэффициент теплопроводности изоляционного материала (шлаковая вата), $\lambda_2 = 0,086$ Вт/(м·К);

δ – толщина стенки, м;

$f_{н.с.}$ – площадь поверхности нижней стенки, m^2 , через которую теряется теплота пекарной камеры.

$$f_{н.с.} = l_4 b_1,$$

где $t_{ст}$ – температура стенки со стороны передней камеры, принимается равной температуре среды в нижней зоне печи, $t_{ст} = 175$ °С;

$t_{пол}$ – температура пола, $t_{пол} = 20$ °С.

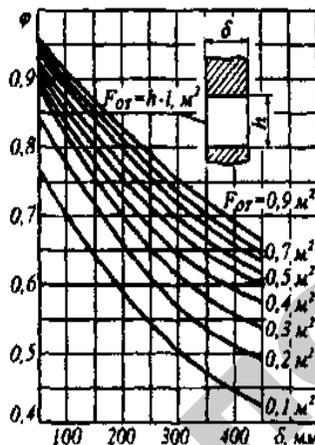


Рисунок 15. Номограмма для определения углового коэффициента излучения для посадочного и разгрузочного окон пекарной камеры

Находим потери теплоты излучением через посадочное окно печи размерами $h_3 = 0,23$ м, $b_2 = 2,3$ м (рисунок 14).

Площадь окна f , m^2 ,

$$f = h_3 b_2.$$

Тепловой поток через окно можно определить по формуле

$$Q = C_0 \varepsilon \phi [(0,01 T_{п.к.})^4 - (0,01 T_{ст})^4],$$

где $\varepsilon = 1$ – коэффициент теплового излучения отверстия;

ϕ – угловой коэффициент (рисунок 15);

$T_{п.к.}$ – средняя температура пекарной камеры, К,

$$T_{п.к.} = (t_{п.к.1} + t_{п.к.2}) / 2,$$

$T_{ст}$ – температура стен в печном зале, принимается равной температуре воздуха t_b , °С.

Печь рассчитывается для непрерывной работы и при установленном тепловом режиме, поэтому $q_R^{п.к.} = 0$.

Тепловой поток от системы обогрева в пекарную камеру, Вт,

$$Q_{п.к.} = q_{п.к.} G_x / 3,6.$$

Технологический КПД пекарной камеры, %,

$$\eta_{п.к.} = (q_1^{п.к.} / q_{п.к.}) 100.$$

Таблица 14

Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	g_k , кг	τ , мин	$W'_{исп}$, %	$t_{г}$, °С	t_{ϕ}'' , °С	$t_{п.к.}'$, °С	δ , м	t_b , °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,6	48	8,1	23	164	121	0,83	19
2	0,5	45	8,0	24	163	122	0,84	20
3	0,3	44	7,9	25	162	123	0,85	21
4	1,0	53	7,8	26	161	124	0,86	22
5	0,8	51	7,7	27	160	125	0,87	23
6	0,6	50	7,6	28	159	126	0,88	24
7	0,5	49	7,7	29	158	127	0,89	25
8	0,3	47	7,8	30	157	128	0,90	26
9	1,0	55	7,9	31	159	129	0,91	27

Окончание таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,8	54	8,0	32	160	128	0,91	28
11	0,6	52	8,1	30	161	127	0,92	26
12	0,5	48	8,2	29	162	126	0,93	27
13	0,3	50	8,3	29	163	125	0,94	26
14	1,0	54	7,9	28	164	124	0,83	25
15	0,8	53	8,0	28	165	123	0,84	24
16	0,6	52	8,1	27	166	122	0,85	23
17	0,5	51	8,2	26	167	124	0,86	22
18	0,3	50	7,4	26	168	125	0,87	23
19	1,0	49	7,5	29	169	126	0,88	24
20	0,8	50	7,6	29	170	127	0,89	25
21	0,6	51	7,7	30	171	128	0,90	25
22	0,5	52	7,8	30	168	129	0,91	24
23	0,3	53	7,9	31	167	130	0,91	26
24	1,0	54	8,0	31	166	131	0,92	27
25	0,8	55	8,2	32	165	132	0,93	28

Содержание отчета:

- 1) цель работы;
- 2) теоретическая часть, в которой излагаются теоретические основы технологии производства пряников (заполнить таблицу 15);
- 3) классификация печей; чертеж, описание конструкции и принципа действия одной из печей: *печи с канальным обогревом* – ФТЛ-20, ФТЛ-2-66, ХПП-25, ГГР-1; *печи с комбинированной системой обогрева* – АЦХ, ХПА-40; *тональной печи с канальным рециркулярным обогревом* – ПХС-25М; *печи с электрообогревом* – П-119М, П-104, Г4-ХПС-40; техническая характеристика;
- 4) расчетная часть, в которой приводится расчет хлебопекарной печи по предлагаемому варианту (таблица 14).

Таблица 15

Название технологической операции	Цель технологической операции	Технологические режимы	Применяемое оборудование	Классификация оборудования	
				по выполняемым общим функциям	по характеру воздействия на обрабатываемый продукт
Вид технологической линии					

Задание 6. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРАМЕЛИ

Цель работы: изучение теоретических основ производства карамели, работы технологической линии; знакомство с классификацией дозаторов, их устройством и принципом действия; приобретение практических навыков по расчету тарельчатого дозатора.

6.1. Характеристика сырья и готовой продукции

Кондитерские изделия в зависимости от технологического процесса и вида сырья подразделяются на две группы: *сахарные* и *мучные*. В каждую из этих групп входит несколько видов изделий. К сахарным изделиям относятся шоколад, какао-порошок, конфеты, карамель, мармелад, пастила, ирис, драже и халва; к мучным – печенье, галеты, крекеры, вафли, пряники, кексы, рулеты, торты и пирожные. Доля мучных кондитерских изделий в общем производстве составляет около 40 %.

Кондитерские изделия обладают большой калорийностью, усвояемостью, низким содержанием влаги, приятным вкусом, тонким ароматом и привлекательным внешним видом, что обуславливает их высокую пищевую ценность. Энергетическая ценность кондитерских изделий в расчете на 100 г продукта колеблется от 1200 (мармелад) до 2300 (шоколад) кДж.

Карамель – кондитерское изделие, получаемое путем уваривания сахарного сиропа с крахмальной патокой или инвертным сиропом до карамельной массы с содержанием влаги 1,5...4 %. Карамель получают только из карамельной массы (леденцовая) или с начинками. В качестве начинки используют различные кондитерские массы: фруктовую, ликерную, медовую, помадную, молочную, ореховую, шоколадную и др.

В зависимости от способа обработки карамельной массы перед формованием оболочка карамели может быть *прозрачной* или *непрозрачной (тянутой)*.

Карамель выпускают с различным внешним оформлением: *завернутой, фасованной, открытой и т. д.*

В качестве *основного сырья* для производства карамели используют *сахар-песок и крахмальную патоку, а также фруктово-ягодные заготовки, молочные продукты, жиры, какао-продукты, ореховые ядра, пищевые кислоты, эссенции, красители и др.*

6.2. Технологический процесс производства

Приготовление карамельного сиропа. Карамельные сиропы представляют собой сахаропаточные или сахароинвертные растворы с содержанием влаги не выше 16 % и редуцирующих сахаров не более 14 %. Патока или инвертный сироп вводятся в сахарный сироп в качестве антикристаллизаторов, так как при уваривании из образующегося раствора выделяются кристаллы сахара. Введение патоки или инвертного сиропа приводит к снижению растворимости сахарозы с одновременным увеличением общего суммарного количества растворенных сахаров, что позволяет уварить такую смесь до содержания влаги 1...3 % без кристаллизации. Кроме того, содержащиеся в патоке декстрины значительно повышают вязкость раствора, что также замедляет процесс кристаллизации. Приготовление карамельных сиропов производится *периодическим* или *поточно-механизированным способом*. Наибольшее распространение получил поточно-механизированный способ приготовления карамельного сиропа под давлением, который сокращает продолжительность процесса растворения. Сироп этим способом получают на универсальной сироповарочной станции (рисунок 16) следующим образом. В смеситель 5, снабженный паровой рубашкой, непрерывно подают из бункера 3 шнеком-дозатором 4 сахар-песок, из сборника 1 насосом 2 – патоку и воду (на 100 кг сахара вводят 50 кг патоки и 15,8 кг воды).

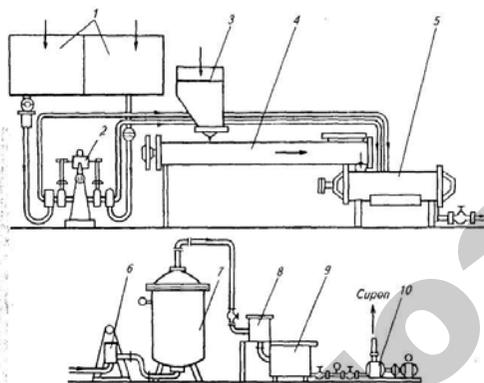


Рисунок 16. Аппаратурно-технологическая схема универсальной сироповарочной станции: 1 – сборник; 2, 10 – насосы; 3 – бункер; 4 – шнек-дозатор; 5 – смеситель; 6 – плунжерный насос; 7 – змеевиковая варочная колонка; 8 – фильтр; 9 – сборник

Смесь перемешивают, нагревают до 65...70 °С и в виде кашицеобразной массы, состоящей из кристаллов сахара и водо-паточного раствора, закачивают плунжерным насосом 6 в змеевиковую варочную колонку 7. Змеевик колонки обогревается паром под давлением 450...550 кПа, что обеспечивает нагрев сиропа до кипения. Внутри змеевика давление колеблется в пределах 80...150 кПа, что соответствует температуре сиропа на выходе из него 125...140 °С. Готовый сироп проходит через фильтр 8 в сборник 9, откуда насосом 10 подается на дальнейшее уваривание. Цикл приготовления сиропа длится 5 мин. Продолжительность уваривания сиропа в змеевике составляет 1,5 мин. Производительность агрегата 4 т/ч.

Приготовление карамельной массы. *Карамельная масса – это аморфная масса, полученная увариванием карамельного сиропа до содержания сухих веществ 96...99 %.*

Для получения карамельной массы используют, в основном, змеевиковые вакуум-аппараты с отдельной вакуум-камерой (рисунок 17). Такой аппарат состоит из двух частей: греющей (варочная колонка) и выпарной (вакуум-камера). Карамельный сироп насосом непрерывно закачивается снизу вверх в змеевик 2 варочной колонки 1, омываемой греющим паром давлением 500...600 кПа. Кипящий сироп вместе с вторичным паром непрерывно поступает по трубопроводу 3 в верхнюю часть вакуум-камеры 5, в которой с помощью мокровоздушного насоса создается разрежение с остаточным давлением 8...15 кПа, что обеспечивает интенсивность кипения сиропа. Уваренная масса стекает в нижнюю камеру 7, закрытую клапаном 6 и обогреваемую с помощью змеевика. По мере накопления готовую массу выгружают из аппарата через клапан 4. Конусная часть камеры 7 соединена с разгрузочной камерой 8. Приемник 9, снабженный паровой рубашкой 10, служит для накопления карамельной массы. При использовании вакуума в процессе варки карамельной массы значительно снижается температура массы, что позволяет уменьшить разложение сахаров в карамельном сиропе. Температура карамельной массы при выходе из вакуум-аппарата составляет 106...125 °С для сахаро-паточного сиропа и 115...135 °С для сахароинвертного сиропа.

В последнее время для получения карамельной массы используют варочные аппараты пленочного типа, что позволяет существенно сократить продолжительность уваривания. Пленочный аппарат представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд с вращающимся внутри ротором, на лопасти которого насосом по-

дается карамельный сироп. Он равномерно распределяется по греющей внутренней поверхности аппарата и образует пленку толщиной до 1 мм, уваривается и стекает из аппарата. Продолжительность уваривания составляет 15...20 с.

Приготовление начинок. Начинки, используемые в карамельном производстве, должны удовлетворять следующим требованиям: не должны портиться при хранении, поэтому содержание сахара в них должно быть не ниже 70 %; для предотвращения кристаллизации сахарозы в начинку следует вводить антикристаллизаторы (патоку или инвертный сироп). Начинки не должны включать скоропортящихся, способных к быстрому прогорканию жиров, взаимодействовать с карамельной массой и растворять ее. Консистенция начинки должна быть достаточной вязкости.

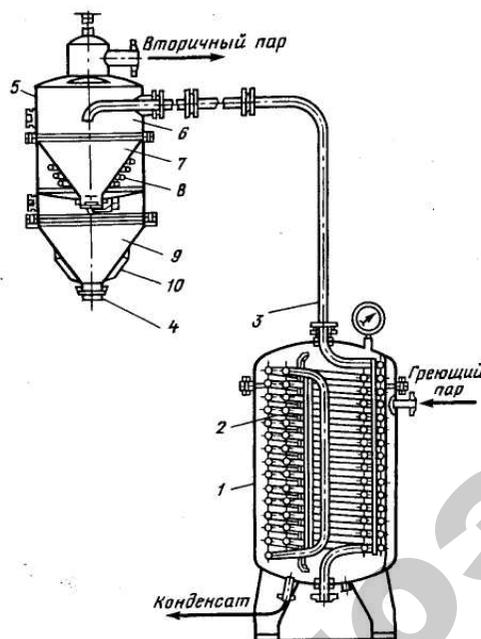


Рисунок 17. Схема змеевикового вакуум-аппарата:

- 1 – варочная колонка; 2 – змеевик; 3 – трубопровод; 4, 6 – клапаны;
5 – вакуум-камера; 7 – камера; 8 – разгрузочная камера; 9 – приемник;
10 – паровая рубашка

Обработка карамельной массы и формование карамели. Перед формованием карамельную массу подвергают охлаждению с одновременным окрашиванием, ароматизацией и подкислением, с последующей проминкой или вытягиванием массы.

Выходящая из змеевиковой варочной колонки (рисунок 17) карамельная масса подается на охлаждающую машину, где быстро охлаждается до температуры 80...90 °С, при которой приобретает пластичные свойства. В процессе охлаждения в карамельную массу вводят пищевую кислоту, эссенцию и раствор красителя. Продолжительность обработки карамельной массы на охлаждающей машине составляет 20...25 с. Для получения прозрачной карамели карамельную массу после охлаждения направляют на проминку в специальные проминальные машины. Цель проминки – равномерное распределение в массе введенных компонентов, а также удаление крупных воздушных пузырьков. Процесс проминки заключается в многократном переворачивании и разминании карамельного пласта.

При изготовлении карамели с непрозрачной оболочкой карамельную массу после охлаждения подвергают вытягиванию с многократным складыванием на специальных тянущих машинах. Масса насыщается воздухом, теряет прозрачность и приобретает красивый шелковистый блеск. Одновременно в ней распределяются введенные добавки.

Подготовленная таким образом масса поступает в карамелеобкаточную машину, состоящую из корытообразного корпуса, внутри которого вращаются шесть рифленых конических веретен. В этой машине карамельной массе придается форма усеченного конуса (батона). Для получения карамели с начинкой на машине устанавливается начинконаполнитель, с помощью которого внутрь карамельного батона непрерывно закачивается начинка. Начинки должны иметь строго определенную температуру, поэтому их предварительно выдерживают в темперирующих машинах и перед перекачиванием в начинконаполнитель вводят ароматизирующие и вкусовые добавки. Заполнение карамельного батона густыми начинками (ореховые, шоколадные) производится при помощи специальных мембранных насосов или шнека. С целью получения карамельного жгута определенного диаметра батон пропускают через жгутовытягиватель, который состоит из трех пар вертикально установленных роликов. Каждая пара роликов образует отверстие, диаметр которого уменьшается по ходу движения жгута. Жгутовы-

тягиватель вытягивает карамельный жгут из карамелеобкаточной машины, калибрует жгут до определенного диаметра и подает его в формовочную машину. При прохождении через эти машины температура карамельной массы должна быть 70...80 °С.

Для разделения карамельного жгута на отдельные карамельки и придания им определенной формы применяют различные способы формования карамели, наиболее распространенным из которых является формование на цепных машинах. У этих машин рабочим органом служат цепи с укрепленными на них специальными ножами. Цепи могут быть режущими (для формования карамели типа подушечка) и штампуемыми (для формования карамели разнообразной формы с рельефным рисунком на поверхности).

Цепная карамелережущая машина состоит из двух цепей с ножами. Кромки ножей верхней и нижней цепей совпадают, а зазор между цепями имеет форму клина, что обуславливает постепенное разрезание карамельного жгута.

На карамелештампующих машинах в верхней цепи смонтированы пуансоны, придающие карамели определенные форму и рисунок. После формования на этих машинах образуются цепочки карамелек, соединенных перемычками.

Охлаждение карамели. Затем карамель охлаждается с целью перевода ее из пластического состояния в твердое. За всеми формующими машинами следуют охлаждающие устройства, обеспечивающие снижение температуры карамели до 35...45 °С.

В настоящее время для окончательного охлаждения карамели используется специальный аппарат АОК, в котором отвод теплоты осуществляется радиационно-конвективным способом, что позволяет значительно сократить время охлаждения. Воздух для конвективного охлаждения подается сверху вниз через сопловые насадки, обдувает карамель и направляется на повторное охлаждение. Радиационный отвод теплоты проводится с помощью охлаждающих поверхностей, расположенных в 20...100 мм от карамели.

Фасование карамели. Для защиты поверхности карамели от увлажнения вследствие ее гигроскопичности карамель завертывают или фасуют в герметичную тару. Для защиты поверхности карамель обрабатывают различными способами: глянецованием (покрытие слоем воско-жировой смеси) или дражированием (нанесение слоя сахарной пудры с последующим покрытием слоем жировой смеси, обсыпкой сахаром-песком и др.).

Карамель завертывают на быстроходных автоматах и полуавтоматах различной конструкции.

Завернутую карамель и карамель с защитной обработкой поверхности, расфасованную в мелкую тару, упаковывают в ящики деревянные или из гофрированного картона. Карамель следует хранить в чистых, сухих, хорошо проветриваемых складах при температуре не выше 18 °С без резких колебаний, при относительной влажности воздуха не более 75 %.

Из доброкачественных отходов карамельного производства изготавливают сиропы, используемые при приготовлении отдельных видов начинок. Карамельная крошка от разрушенных перемычек, которая образуется в охлаждающих агрегатах, используется для приготовления инвертного сиропа.

6.3. Устройство и принцип действия технологической линии

На кондитерских фабриках карамель вырабатывают на поточно-механизированных линиях. На рисунке 18 приведена машинно-аппаратурная схема производства завернутой карамели с фруктовой начинкой.

Механизированная поточная линия предназначена для производства завернутой карамели с непрозрачной тянутой оболочкой. Сахар-песок из мешков, силосов или сахаровозов подается в просеиватель 26, в котором отделяются посторонние примеси. Очищенный сахар-песок поступает через дозатор 27 в смеситель 28. В этот же смеситель из емкости 22 дозатором 23 подается подогретая вода. Патоку, доставленную в автоцистернах, сливают в металлические резервуары 1 с обогревом. В каждом резервуаре имеется отделение, в котором размещены змеевики 2. Патока подогревается, становится менее вязкой, и ее насосом 3 перекачивают в резервуар 24, где она нагревается до температуры, близкой к 90 °С. Плунжерный насос-дозатор 25 подает патоку в нужном количестве в тот же смеситель 28, в который одновременно поступают очищенный сахар-песок и вода, а из смесителя плунжерный насос 29 нагнетает полученную кашицеобразную смесь в варочную змеевиковую колонку 30. Затем полученный сироп с концентрацией сухих веществ 84...88 % проходит через фильтр 31 и стекает в закрытый сборник 32. Двухплунжерный насос-дозатор 33 с регулируемой подачей перекачивает этот сироп в варочную змеевиковую колонку 34

вакуум-аппарата. Здесь сироп уваривается до концентрации сухих веществ 98,5 %. Вторичный пар, получаемый в результате уваривания сиропа, поступает из вакуум-камеры 35 в конденсатор 43, откуда смесь образовавшегося конденсата и охлаждающей воды откачивается мокровоздушным насосом 44.

Готовая карамельная масса из вакуум-камеры 35 поступает периодически в загрузочную воронку охлаждающей машины 36, из которой она выходит в виде тонкого пласта на наклонную охлаждаемую плиту. Одновременно на движущийся пласт карамельной массы из дозаторов непрерывно подаются эссенция, лимонная кислота и красители.

Охлажденная до 90...95 °С карамельная масса конвейером 37 направляется на тянущую машину 38, где масса непрерывно перетягивается, перемешиваясь с красящими и ароматизирующими добавками, и насыщается воздухом. Затем тянутая масса непрерывно подается ленточным транспортером 39 в карамелеобкаточную машину 40. Начинкозаполнитель 41 нагнетает начинку по гибкому шлангу и трубе внутрь карамельного батона. По мере обкатывания карамельный батон превращается в жгут. Выходящий из карамелеобкаточной машины карамельный жгут с начинкой проходит через жгутовывтягивающую машину 42, которая калибрует его до нужного диаметра. Откалиброванный карамельный жгут непрерывно поступает в карамелеформирующую машину 45, которая формирует и разделяет его на отдельные изделия соответствующей формы с рисунком на поверхности. Отформованная карамель температурой 60...65 °С непрерывной цепочкой с тонкими перемычками поступает на узкий ленточный охлаждающий транспортер 46, на котором происходят охлаждение перемычек и предварительное охлаждение поверхности карамели (образование корочки) и который подает ее в охлаждающий шкаф 47. На узкий охлаждающий транспортер и в шкаф вентилятором по воздуховодам непрерывно подается охлаждающий воздух температурой 8...10 °С. На охлаждающем транспортере и в шкафу карамельная цепочка разбивается на отдельные изделия и охлаждается до температуры 40...45 °С. Продолжительность охлаждения около 4 мин. Охлажденная карамель из шкафа поступает на распределительный конвейер 48, вдоль которого установлены карамелезаверточные автоматы 49. Под распределительным конвейером расположен ленточный кон-

вейер 50 для сбора завернутой продукции. Карамель, двигаясь по распределительному конвейеру, подается по наклонным желобам с регулируемыми затворами в автоматические питатели заверточных автоматов. Завернутая карамель промежуточным транспортером 51 или по спуску поступает на весы 52, взвешивается и упаковывается в картонные ящики 53, которые затем закрывают и оклеивают бандеролью на машине 54.

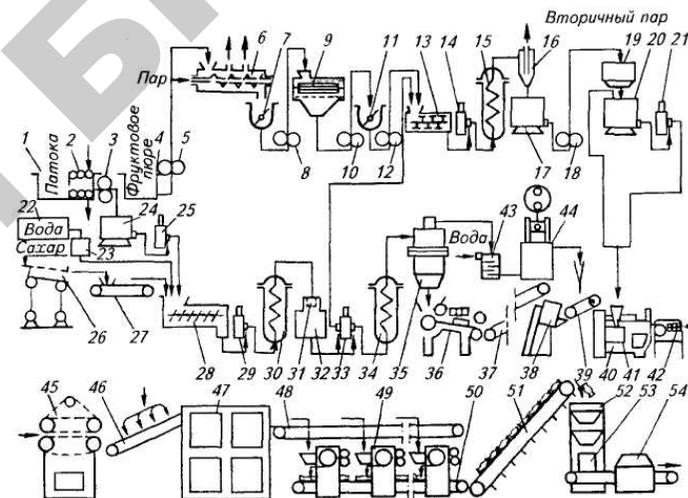


Рисунок 18. Машинно-аппаратурная схема производства завернутой карамели с фруктовой начинкой:

1 – резервуары; 2 – змеевик; 3, 5, 8, 10, 12, 18 – насосы; 4 – резервуар; 6 – десульфитатор; 7 – измельчитель; 9 – протирочная машина; 11 – сборник-накопитель; 13, 28 – смеситель; 14 – насос-дозатор; 15 – змеевиковый варочный аппарат; 16 – парораспределитель; 17 – сборник; 19 – промежуточный сборник; 20 – расходный сборник; 21, 25, 33 – насос-дозатор; 22 – емкость; 23, 27 – дозатор; 24 – резервуар; 26 – просеиватель; 29 – плунжерный насос; 30, 34 – варочная змеевиковая колонка; 31 – фильтр; 32 – закрытый сборник; 35 – вакуум-камеры; 36 – охлаждающая машина; 37 – конвейер; 38 – тянущая машина; 39 – ленточный транспортер; 40 – карамелеобкаточная машина; 41 – начинкозаполнитель; 42 – жгутовывтягивающая машина; 43 – конденсатор; 44 – мокровоздушный насос; 45 – карамелеформирующая машина; 46 – охлаждающий транспортер; 47 – охлаждающий шкаф; 48 – распределительный конвейер; 49 – карамелезаверточные машины; 50 – ленточный конвейер; 51 – промежуточный транспортер; 52 – весы; 53 – картонные ящики; 54 – машина для закрывания и оклеивания картонных ящиков бандеролью

Начинку для карамели готовят следующим образом. Из резервуара 4 пульпа насосом 5 поступает в десульфитатор 6. Здесь она размешивается и пропаривается, из нее удаляется оксид серы. Затем пульпа направляется в измельчитель 7, а оттуда насосом 8 в протирочную машину 9. Протертая плодовая мякоть (пюре) насосом 10 подается в сборник-накопитель 11, который для предотвращения расслаивания пюре снабжен лопастным валом. Из сборника 11 пюре перекачивается насосом 12 в смеситель 13. В этот же смеситель насосом 33 подается сироп из сборника 32. Полученная рецептурная смесь с содержанием влаги 42 % насосом-дозатором 14 подается в змеевиковый варочный аппарат 15, где уваривается до содержания влаги 16...30 %. Вторичный пар из пароотделителя 16 колонки отсасывается вентилятором, а при уваривании под вакуумом поступает в конденсатор. Из пароотделителя начинка стекает в сборник 17, где смешивается с эссенцией и охлаждается до температуры, которая примерно на 10 °С ниже температуры карамельной массы в карамелеобкаточной машине.

После охлаждения начинка насосом 18 перекачивается в промежуточный сборник 19, откуда порциями подается по мере необходимости в расходный сборник 20. Насос-дозатор 21 соединен с темперирующим сборником 20 трубопроводом, по которому перемещается начинка. Трубопровод проходит над несколькими обкаточными машинами, через отводные патрубки начинка подается в начинконаполнитель.

6.4. Расчетная часть

Тарельчатые дозаторы применяются для дозирования сыпучих пищевых продуктов. Основной рабочий орган тарельчатого дозатора (рисунок 19) - вращающийся диск 2, с которого продукт сбрасывается скребком. Высоту слоя продукта регулируют передвижной манжетой 5, надетой на выходной патрубок 3 бункера. Вертикальный вал 1 приводится во вращение от электродвигателя через передаточный механизм. Продукт располагается на диске усеченным конусом, размеры которого зависят от высоты расположения манжеты. При вращении диска часть продукта снимается скребком. Производительность дозатора зависит от высоты продукта, находящегося на диске, расположения скребка и частоты вращения диска.

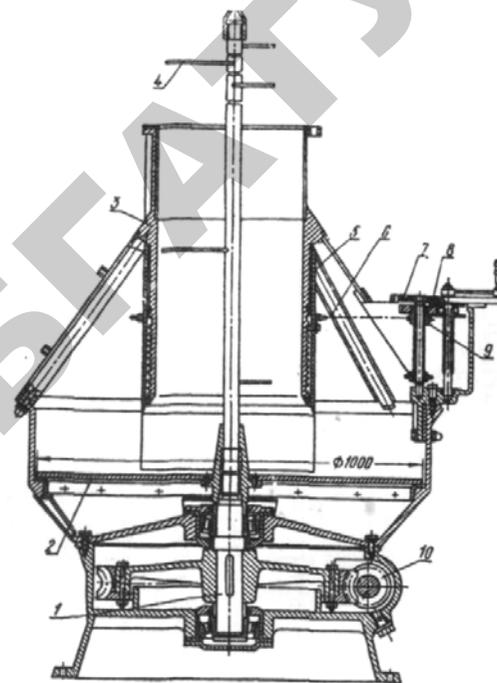


Рисунок 19. Тарельчатый дозатор:

1 – вал; 2 – диск; 3 – патрубок; 4 – ворошитель; 5 – механизм регулирования положения манжеты; 6 – цепная передача; 7 – шестерня; 8 – зубчатое колесо; 9 – звездочка; 10 – червячная передача

Форма скребка соответствует логарифмической спирали. При этом достигается постоянный угол встречи продукта со скребком, что повышает равномерность подачи. Редуктор трехскоростной. Это позволяет получить три различных частоты вращения диска 2. Положение по высоте манжеты может изменяться при вращении ее вокруг приемного патрубка 3 (наружная поверхность которого представляет собой винтовую линию) с помощью механизма регулирования 5. Привод диска осуществляется от электродвигателя. Между редуктором и валом диска расположена червячная передача 10. Для равномерной подачи продукта в патрубок на валу диска установлен ворошитель.

Задание. Выполнить расчет тарельчатого дозатора, если заданы: h – высота подъема манжеты над диском, м; R – радиус манжеты, м;

n – частота вращения диска, мин^{-1} ; R_1 – наибольший радиус вращения частицы, м; L – путь перемещения продукта, м.

Методика расчета

Производительность тарельчатого дозатора, кг/с ,

$$Q = F_0 v_0 \rho,$$

где F_0 – площадь поперечного сечения потока продукта, м^2 ;
 v_0 – средняя скорость движения потока продукта, м/с ;
 ρ – насыпная плотность продукта, кг/м^3 (таблица 1).

Продукт на диске располагается в виде кольца треугольного сечения (рисунок 20). Площадь поперечного сечения кольца, м^2 ,

$$F_0 = h^2 / 2 \text{tg} \varphi_0,$$

где h – высота подъема манжеты над диском, м;

φ_0 – угол естественного откоса продукта при движении, град ($\varphi_0 = 27 \dots 43^\circ$).

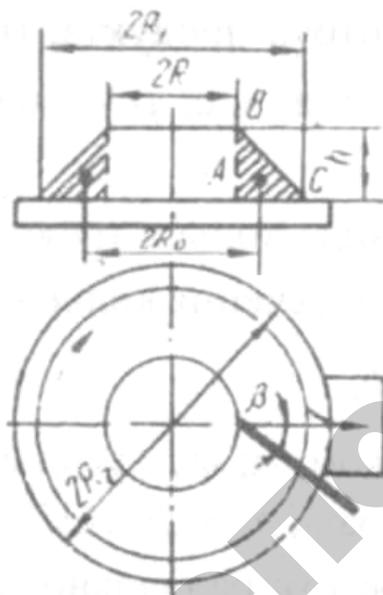


Рисунок 20. Схема для расчета тарельчатого дозатора

Расстояние R_0 , м, между центром тяжести радиального сечения и осью вращения

$$R_0 = R + h/3 \text{tg} \varphi_0,$$

где R – радиус манжеты, м.

Средняя скорость движения потока продукта v_0 , м/с , равна скорости центра тяжести

$$v_0 = \pi n R_0 / 30 = \pi n \cdot (R + \frac{h}{3 \text{tg} \varphi_0}) / 30.$$

Предельную частоту вращения диска определяют из условия, что наибольший модуль центробежной силы, действующей на частицу массой m , кг , меньше силы трения ее о диск:

$$m \omega^2 R_1 \leq f_1 m g,$$

где ω – угловая скорость, рад/сек ($\omega = \pi \cdot n / 30$);

R_1 – наибольший радиус вращения частицы, м;

f_1 – динамический коэффициент трения скольжения частицы о диск ($f_1 = 0,36 \dots 0,40$);

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Частоту вращения диска определяют по формуле:

$$n = 30 \sqrt{f_1 / (R + h / \text{tg} \varphi_0)}.$$

При определении мощности, потребной для привода тарельчатого дозатора, необходимо учесть сопротивление от трения продукта о поверхность диска и скребка, сопротивление дроблению продукта скребком, сопротивление скручиванию столба продукта, опускающегося из воронки дозатора.

Для тарельчатого дозатора приближенно мощность электродвигателя N определяется из выражения

$$N = N_1 (1 + f_2 \cos \beta) / \eta,$$

где N_1 – мощность, потребная для преодоления сопротивления от трения продукта о диск, кВт ,

$$N_1 = 10^{-3} P v_0,$$

здесь P – сила трения, возникающая при движении продукта по диску, Н .

$$P = F_0 \cdot L \cdot \rho \cdot g \cdot f_1,$$

где L – путь перемещения продукта, м;

f_1 – коэффициент трения скольжения продукта о диск ($f_1 = 0,36 \dots 0,40$);

f_2 – коэффициент трения скольжения продукта о скребок ($f_2 = 0,26 \dots 0,40$);

β – угол установки скребка относительно плоскости сечения кольца продукта, град ($\beta = 35 \dots 60^\circ$);

k – коэффициент, учитывающий другие сопротивления ($k = 1,5 \dots 2,0$);

η – КПД приводного механизма дозатора ($\eta = 0,82 \dots 0,94$).

Таблица 16

Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	Высота подъема манжеты h , м	Радиус манжеты R , м	Частота вращения диска n , мин ⁻¹	Радиус вращения частицы R_1 , м	Путь перемещения продукта L , м
1	2	3	4	5	6
1	0,065	0,34	4,0	0,44	1,5
2	0,064	0,35	4,5	0,45	1,6
3	0,063	0,36	4,8	0,46	1,7
4	0,062	0,37	5,0	0,47	1,8
5	0,060	0,38	5,2	0,48	1,9
6	0,066	0,39	5,4	0,49	1,5
7	0,067	0,40	5,8	0,51	1,6
8	0,068	0,34	6,0	0,45	1,7
9	0,069	0,35	6,2	0,46	1,8
10	0,070	0,36	6,4	0,47	1,9
11	0,065	0,37	4,0	0,48	1,5
12	0,64	0,38	4,5	0,49	1,6
13	0,063	0,39	4,8	0,50	1,7
14	0,062	0,40	5,0	0,49	1,8
15	0,060	0,34	5,2	0,43	1,9
16	0,066	0,35	5,4	0,44	1,5
17	0,067	0,36	5,8	0,45	1,6
18	0,068	0,37	6,0	0,47	1,7
19	0,069	0,38	6,2	0,47	1,8
20	0,070	0,39	6,4	0,48	1,9

Окончание таблицы 16

1	2	3	4	5	6
21	0,066	0,40	5,0	0,49	1,5
22	0,067	0,35	5,2	0,45	1,6
23	0,068	0,36	5,4	0,45	1,7
24	0,069	0,37	5,8	0,48	1,8
25	0,070	0,38	6,0	0,48	1,9

Содержание отчета:

- 1) цель работы;
- 2) теоретическая часть, в которой излагаются теоретические основы технологии производства карамели (заполнить таблицу 17);
- 3) классификация дозаторов; чертеж, описание конструкции и принципа действия одного из дозаторов – ДМАК-05, ССW-NZ-210W-S/30; техническая характеристика;
- 4) расчетная часть, в которой приводится расчет тарельчатого дозатора по предлагаемому варианту (таблица 16).

Таблица 17

Название технологической операции	Цель технологической операции	Технологические режимы	Применяемое оборудование	Классификация оборудования	
				по выполняемым общим функциям	по характеру воздействия на обрабатываемый продукт
Вид технологической линии					

Задание 7. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

Цель работы: изучение теоретических основ производства хлебопекарных дрожжей, работы технологической линии; знакомство с характеристикой дрожжевых и дрожжерастительных аппаратов, их устройством и принципом действия; приобретение практических навыков по расчету дрожжерастительного аппарата.

7.1. Характеристика сырья и готовой продукции

Дрожжи – одноклеточные микроорганизмы, которые относятся к классу грибов сахаромикетов. В хлебопечении дрожжи используют в качестве возбудителей спиртового брожения и разрыхлителей теста. Кроме того, дрожжи оказывают существенное влияние на вкус и аромат хлеба и повышают его питательную ценность. В производстве витаминов дрожжи используют в качестве источника витаминов группы В и D₂. Дрожжи используют также для производства кваса. Хлебопекарные дрожжи получают на специализированных дрожжевых и мелассно-спиртовых заводах. На дрожжевых заводах вырабатывают прессованные и сушеные дрожжи и дрожжевое молоко, на мелассно-спиртовых заводах получают только прессованные дрожжи. Жидкие дрожжи и хлебные закваски готовят непосредственно на хлебозаводах.

В основе технологии хлебопекарных дрожжей лежат биохимические процессы, связанные с превращением питательных веществ культуральной среды при активной аэрации в клеточное вещество дрожжей. Дрожжи сахаромикеты – факультативные анаэробы. В среде, лишенной кислорода, дрожжи размножаются относительно слабо, но зато быстро сбраживают сахар в спирт и диоксид углерода с небольшим выделением теплоты (анаэробное дыхание). При аэрации дрожжи окисляют сахар питательной среды до воды и диоксида углерода (аэробное дыхание).

Дрожжевая клетка содержит в среднем 67 % воды и 33 % сухого вещества. Сухое вещество дрожжевой клетки состоит из (%): белковых веществ – 37...50, углеводов – 35...40, сырого жира – 1,2...2,5 и зольных веществ – 6...10. Зольные вещества наполовину состоят из соединений фосфора, большого количества калия и значительно меньшего – натрия, кальция, магния, железа, серы и других элементов.

Хлебопекарные дрожжи культивируют на мелассных средах, разбавленных водой. Сахар такой среды легко усваивается дрожжами.

Теоретический выход биомассы дрожжей с содержанием влаги 75 % находится в пределах 96,6...116,8 % по отношению к массе мелассы, содержащей 46 % сахара. В заводских условиях выход дрожжей составляет лишь 68...92 %.

Процесс получения хлебопекарных дрожжей на дрожжевых заводах складывается из нескольких стадий: подготовки питательной среды, выращивания дрожжей, выделения дрожжей из бражки, формования и упаковывания дрожжей, сушки дрожжей (при необходимости).

7.2. Технологические операции производства

Подготовка питательной среды. Основной питательной средой для хлебопекарных дрожжей служит меласса. Для удаления грубых взвешенных частиц, коллоидов и микроорганизмов перед подачей в производство ее осветляют. Существуют разные способы очистки мелассы. Все способы осветления мелассы включают химическую обработку и выделение осадка, производимые декантацией, центрифугированием или фильтрованием.

Различают механический и отстойный способы осветления мелассы, которые осуществляют при разных температурных режимах: холодном и горячем. Механическое осветление мелассы проводят с помощью жидкостных сепараторов-очистителей, принцип действия которых основан на разделении неоднородной смеси методом осаждения в центробежном поле. Этот способ осветления, как наиболее перспективный, вытеснил отстойный, обеспечил быструю и качественную подготовку мелассы и уменьшил потери сырья с осадками.

Осветление мелассного раствора проводят в специальных аппаратах – центрифугах. Предварительно мелассу разводят питьевой водой в соотношении от 1:1 до 1:3, затем центрифугируют и получают раствор с устойчивой прозрачностью.

При механическом осветлении по холодному режиму мелассу разбавляют водой в соотношении 1:(1...2), вводят хлорную известь, подкисляют серной, соляной или молочной кислотой (в зависимости от состава сырья). Подготовленный таким образом раствор мелассы, пройдя сквозь сетчатый фильтр, направляется в сепаратор-очиститель. При горячем режиме мелассу предварительно разбавляют горячей водой. Полученный раствор стерилизуют, охлаждают до 85 °С и передают на очистку. Осветленный горячий раствор ме-

лассы поступает в приточные сборники, откуда он направляется через теплообменник в дрожжерастильные аппараты. Для повышения эффекта осветления мелассу очищают на сепараторах дважды – в горячем и холодном состояниях.

Для получения высоких выходов дрожжей и увеличения продуктивности дрожжерастильной аппаратуры состав меласс нормализуют, вводя дополнительное питание в виде сульфата аммония, карбамида (мочевины), диаммонийфосфата, ортофосфорной кислоты и других веществ. Кроме этого применяют соли калия и магния, специальный препарат смеси микроэлементов, а также ростовые вещества: кукурузный экстракт и дестиобиотин. Для создания активной кислотности среды при выращивании дрожжей используют водный аммиак марки А. Количество питательных солей и химикатов устанавливают расчетным путем и задают в дрожжерастильные аппараты в виде прозрачных водных растворов концентрацией 10...12 мас. %.

Кроме нормализации состава на стадии производства при приемке и хранении мелассу подвергают гомогенизации. Для этого ее тщательно перемешивают с различными порциями сырья или перекачивают из одного хранилища в другое.

Выращивание дрожжей. Все существующие технологические схемы предусматривают постоянное наращивание биомассы дрожжей в три стадии. Сначала получают дрожжи генерации А, к которым относят маточные дрожжи чистой культуры (ЧК) и естественно-чистой культуры (ЕЧК); затем генерации Б – засевные дрожжи и на завершающей стадии выращивания – генерации В, к которым относятся товарные дрожжи. Товарные дрожжи далее выделяют из дрожжевой бражки, промывают водой, прессуют и формируют.

Выращивание маточных дрожжей. Маточные дрожжи в виде чистой культуры (ЧК) и естественно-чистой культуры (ЕЧК) получают сначала в лабораторных условиях, а затем в цехе чистой культуры.

В лаборатории дрожжи размножают в четыре стадии на стерильном витаминизированном солодовом сусле концентрацией 12 мас. %, на последней стадии к суслу добавляют мелассу. Соотношение объемов засевной среды и питательного субстрата 1:10. Дрожжи выращивают по схеме: пробирка чистой культуры – подмолодочная пробирка – подмолодочная колба – металлическая колба Карлсберга. Накопление дрожжей осуществляют при температуре 26...30 °С без аэрации; продолжительность одной лабораторной стадии 16...24 ч. В одной колбе Карлсберга получают 7,5 л дрожжей, которые используют в цехе чистой культуры в качестве засевных.

В цехе чистой культуры маточные дрожжи размножают по схеме: малый инокулятор – большой инокулятор – аппарат ЧК-1 (маточный инокулятор) – аппарат ЧК-2 (промежуточный аппарат маточных дрожжей). Последнюю стадию осуществляют в основном производстве. Инокуляторами называют аппараты, предназначенные для размножения дрожжей в стерильных условиях. Объем малого инокулятора – 0,5 м³, большого инокулятора – 2,5 м³, маточного инокулятора ЧК-1 – 7,5 м³ и дрожжерастильного аппарата ЧК-2 – 30 (или 50) м³.

Маточные дрожжи в цехе чистой культуры размножают периодическим способом при слабой аэрации среды воздухом, а в производственных условиях – воздушно-приточным способом, который предусматривает постоянный приток питательной среды и непрерывную усиленную аэрацию. В качестве питательной среды используют разбавленную мелассу (до 12 мас. %), растворы питательных солей и ростовых веществ. Малый инокулятор засевают содержимым двух колб Карлсберга. Дрожжи размножают в течение 12 ч при температуре 30 °С и слабой аэрации среды стерильным воздухом. Выращенные дрожжи из малого инокулятора поступают в большой. Условия выращивания дрожжей на второй стадии аналогичны условиям культивирования дрожжей в малом инокуляторе. На первой стадии накапливают 5 кг дрожжей, а на второй – 25 кг.

В аппарате ЧК-1 засевают все дрожжи из большого инокулятора. Дрожжи выращивают на мелассном сусле концентрацией 12 % СВ, обогащенном питательными и ростовыми веществами, в течение 12 ч при 30 °С, рН среды 4,5 и постоянном расходе воздуха 25 м³/ч на 1 м³ среды. Увеличение расхода воздуха способствует повышению выхода дрожжей по массе мелассы. Накопившиеся дрожжи ЧК-1 (170 кг) используют в качестве засевных на стадии ЧК-2.

В промежуточный маточный аппарат ЧК-2 меласса и вода поступают из расчета конечного их разбавления, т. е. в 10 раз больше начальной концентрации (3,5 масс. %). Кроме того, в аппарат подают раствор сульфата аммония, в качестве пеногасителя используют водную эмульсию олеиновой кислоты в соотношении 1:20. После засева и разбраживания дрожжей начинают приток растворов мелассы и питательных солей согласно расчетному часовому графику. Расход воздуха составляет 30 м³/ч на 1 м³ среды. Размножение дрожжей заканчивается через 12 ч при $C_{кон} = 3,5$ мас. %. В аппаратах ЧК-2 в зависимости от их вместимости накапливают 800...1200 кг дрожжей.

По окончании размножения и созревания маточные дрожжи чистой культуры направляют на сепарацию, промывание, сгущение и прессование. Прессованные дрожжи хранят в холодильной камере. Иногда дрожжи, полученные в аппарате ЧК-2, сохраняют в виде суспензии при температуре 2...4 °С. Маточные дрожжи готовят периодическим способом из расчета обеспечения завода чистым засевным материалом на 10...20 сут.

Полученные дрожжи ЧК-2 используют в качестве засевных для выращивания естественно-чистой культуры (ЕЧК), которое проводят в две стадии: сначала в аппарате ЧК-1, а затем в аппарате ЧК-2. Первая стадия называется промежуточной или стадией ЕЧК-1, а вторая – стадией ЕЧК-2. Дрожжи ЕЧК-2 хорошо приспособлены к составу мелассы, перерабатываемой на заводе. На стадии ЕЧК-1 дрожжи периодически размножают на разбавленном меласном сусле в течение 10 ч. Выращенные дрожжи (280 кг) поступают в аппарат ЧК-2 для получения дрожжей ЕЧК-2. Естественно-чистую культуру дрожжей на второй стадии выращивают воздушно-приточным способом при разбавлении мелассы водой в соотношении 1:12. Среду постоянно аэрируют стерильным воздухом, длительность периода размножения – 12 ч. На этой стадии получают 50 % дрожжей к массе израсходованной мелассы, что составляет в зависимости от вместимости аппарата ЕЧК-2 от 1020 до 1420 кг дрожжей. Дрожжи ЕЧК-2 сепарируют и хранят в виде дрожжевого молока при температуре 2...4 °С. Эти дрожжи используют в качестве засевных на товарной стадии. Чистую культуру получают с выходом дрожжей 35 %, естественно-чистую – 50 %.

Выращивание товарных дрожжей. Товарные дрожжи выращивают в дрожжерастильных аппаратах большой вместимости в прозрачной питательной среде в две стадии. Вначале выращивают засевные дрожжи в дрожжерастильном аппарате Б (стадия Б), а затем товарные – в аппарате В (стадия В).

Товарные дрожжи выращивают в дрожжерастильном отделении завода, которое оснащено стандартным порядком аппаратами системы ВДА: аппарат Б для засевных дрожжей вместимостью 30 м³, дрожжерастильный аппарат В для товарных дрожжей вместимостью 100 м³ и отборочный аппарат О для созревания товарных дрожжей вместимостью 30 м³.

Дрожжерастильные аппараты изготавливают из нержавеющей стали. Это цилиндрические сосуды с плоским дном, охлаждающей рубашкой, моющим механизмом, вытяжной трубой для удаления возду-

ха и диоксида углерода, воздухораспределительной системой специальной конструкции и системой продуктовых трубопроводов. Чистый воздух подается воздуходувными машинами производительностью 3000 и 5000 м³/ч, установленными в компрессорном отделении. Аппараты ВДА обеспечивают накопление дрожжей до 65 кг/м³.

В аппарат Б набирают часть воды, меласного суслу, осветленного по холодному режиму, растворов питательных солей и ростовых веществ. После этого добавляют засевные дрожжи ЕЧК-2 и сразу начинают продувать среду воздухом. По окончании засева дрожжей начинают приток меласного суслу по графику. Дрожжи выращивают при температуре 30 °С по воздушно-приточному способу при соблюдении технологического режима.

В дрожжерастильном аппарате В в течение первых 7 ч постепенно накапливают биомассу дрожжей по воздушно-приточному способу. Для этого в аппарат задают часть воды, растворов мелассы, питательных солей и пеногасителя, после чего из аппарата Б подают засевные дрожжи. Одновременно начинают аэрацию среды воздухом, приток мелассы и питательных солей по графику. К 7-му ч заполняют весь полезный объем аппарата, после чего начинают непрерывный отбор дрожжевой бражки, содержащей 47 кг и более дрожжей в 1 м³, в отборочный аппарат со скоростью 11 м³/ч, при этом поступление в аппарат В питательного субстрата не прекращают. Период оттоков при 12-часовой схеме длится 4 ч, а при 20-часовой – 12 ч.

Созревание дрожжей в отборочном аппарате происходит в течение 2 ч без подачи питания при умеренной аэрации среды.

Выход дрожжей по двум схемам составляет не менее 75 % к массе израсходованной мелассы. Производительность (продуктивность) одного комплекта дрожжерастильной аппаратуры составляет 9,3...10,5 т дрожжей в сутки по удлиненной 20-часовой схеме и 5,4...6 т/сут – по 12-часовой.

Выделение дрожжей из бражки. Из отборочного аппарата дрожжевую бражку немедленно направляют для выделения дрожжей на сепараторы-разделители тарелочного типа. Разделение бражки на дрожжи и обездрожженный продукт, называемый оттоком, происходит под действием центробежной силы в тонких слоях бражки, которая образуется коническими вставками барабана. Дрожжи, как более тяжелые частицы, отбрасываются к периферии барабана, а обездрожженная бражка направляется к центру, поднимается и выводится через боковое отверстие аппарата. Дрожжи,

собравшиеся в дрожжевой камере, в виде суспензии отводят из сепаратора через дрожжевые трубки и мундштуки.

Дрожжи выделяют из бражки по трехступенчатой схеме. Дрожжевая бражка сначала попадает через крупноячеистые фильтры на сепаратор первой ступени, в котором происходит отделение дрожжей от бражки. Полученная дрожжевая суспензия (150 г/л) поступает в сборник для промывки холодной водой, а отток направляется в канализацию. Разбавленная дрожжевая суспензия подается на сепараторы второй ступени. Полученное дрожжевое молоко повторно смешивают с водой и направляют на сепараторы третьей ступени, где происходит сгущение дрожжей до 400...600 г/л. Длительность сепарирования не более часа. Затем дрожжевую суспензию охлаждают до 8... 12 °С и направляют для последующего сгущения под давлением на фильтр-прессы или при разрежении на вакуум-фильтры. Указанные фильтры позволяют получать дрожжи с содержанием влаги 75 %.

Рамные фильтр-прессы малопроизводительны и обслуживаются вручную. Вместо фильтр-прессов широко используют барабанные вакуум-фильтры. Начинают применять автоматические камерные фильтр-прессы.

Формование и упаковывание дрожжей. Прессованные дрожжи поступают к потребителю в фасованном виде. Дрожжи формуют, фасуют в брикеты и завертывают в этикетированную бумагу на автоматических линиях, в состав которых входят машина для формования дрожжей и заверточный автомат. Спрессованные на вакуум-фильтре дрожжи направляют в формовочную машину, из которой дрожжевая масса в виде бесконечного бруска поступает в заверточную машину. Эта машина обеспечивает резку дрожжей на бруски, подачу и резку бумаги, завертывание брусков дрожжей в бумагу и транспортирование отходов дрожжей в формовочную машину. Фасованные дрожжи укладывают в картонные короба или деревянные ящики и далее направляют на склад, где они хранятся при температуре 1...4 °С. В таком состоянии дрожжи отпускают потребителям.

Сушка дрожжей. Сушеные дрожжи пользуются большим спросом благодаря тому, что они сохраняются в таком состоянии в течение 6 и более месяцев. Обычные способы сушки при высокой температуре неприменимы для дрожжей, так как высушенные дрожжи должны сохранять жизнеспособность без потерь их биологических свойств. При высушивании дрожжи переводят в со-

стояние, близкое к анабиозу. В благоприятных условиях такие дрожжи быстро восстанавливают свои жизненные функции.

Сушеные дрожжи готовят из прессованных дрожжей, к которым предъявляют повышенные требования. Стойкость дрожжей должна быть не менее 72 ч, а содержание сухих веществ – 27...29 %. В этом случае используют специальные расы дрожжей 21 и 14.

Хлебопекарные дрожжи высушивают в шахтных, ленточных и барабанных сушилках, а также в сушилках с виброкипящим слоем.

На непрерывнодействующей автоматизированной вибрационной сушилке фирмы «Пресс-индустрия» (Италия) дрожжи высушиваются во взвешенном состоянии при высоте слоя до 150 мм. В состав установки производительностью 150 кг/ч (по сухим дрожжам) входят гранулятор и сушильная камера. В грануляторе дрожжи выпрессовываются через решетку с отверстиями диаметром 3 мм. Температура дрожжей не превышает 30 °С. Гранулированные дрожжи сушат в сушильной камере, в которой заранее устанавливают рабочий температурный режим по зонам сушки. Подогретый воздух подают снизу индивидуально с помощью вентиляторов в каждую из четырех секций сушилки. Эти секции размещены ступенчато друг за другом. Их разделяют по вертикали решетчатые стены с диаметром отверстий 1 мм. При сушке дрожжи переходят в сжиженное состояние и равномерным слоем движутся от первой к четвертой секции через окна в перегородках. Из четвертой секции они поступают в бункер с шлюзовым затвором, не позволяющим засасывать воздух извне, далее с помощью пневмотранспорта (воздушного трубного) дрожжи подаются на упаковывание.

Отработавший воздух согласно требованиям охраны атмосферного воздуха проходит через циклоны, очищается от пыли и с помощью вентилятора выводится в атмосферу. В модернизированных установках для улавливания клеток дрожжей используют высокоэффективные мокрые фильтры.

Дрожжи сушат в течение 3...4 ч в условиях мягкого режима: температура поступающего воздуха различная (в зависимости от зоны сушки), но не выше 70 °С в первой зоне, в которую поступают влажные дрожжи. Максимальная температура массы дрожжей по зонам составляет (°С): I – 16, II – 19, III – 24, IV – 28. Из четвертой зоны сухие дрожжи выходят с содержанием влаги 7...8 % с высокой активностью ферментов и большой стойкостью при хранении.

Сушеные дрожжи фасуют в мелкую тару и в бумажные мешки и хранят при температуре 15 °С.

7.3. Устройство и принцип действия технологической линии

Из сборника 1 меласса насосом 2 направляется в рассиропник 3, в котором она разбавляется горячей водой (90 °С), выдерживается 30 мин и подается на кларификатор 5, где освобождается от механических примесей (рисунок 21). Осветленное сусло нагревают до 120 °С в пластинчатом теплообменнике 4, выдерживают 30 с, охлаждают до 80 °С и направляют в приточный сборник 6, откуда подают в дрожжерастильные аппараты (8 – предварительный дрожжерастильный аппарат; 9, 10, 11 – дрожжерастильные аппараты соответственно I, II и III стадии маточных дрожжей). Осветление и стерилизация осуществляются в непрерывном режиме.

Минеральные соли (диамонийфосфат, сульфат магния, дестиобиотин и др.) растворяют в бачке 7 и направляют в аппараты для размножения дрожжей 8 и 21 в строго определенных количествах.

Выращивание хлебопекарных дрожжей складывается из получения маточных и товарных дрожжей. Маточные дрожжи чистой культуры готовят в количестве, обеспечивающем засев непосредственно в товарный аппарат 21, и хранят в виде дрожжевого молока при температуре 2 °С. Перед засевом в товарный аппарат 21 маточные дрожжи подвергают жесткой обработке при рН 1,8...2,0 в течение 30 мин. Товарные дрожжи получают по периодической схеме без отборов среды.

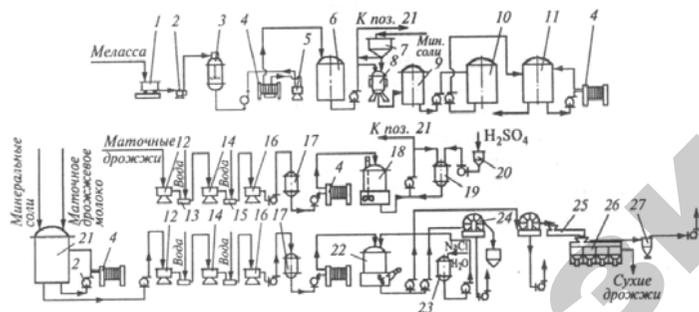


Рисунок 21. Машинно-аппаратурная схема линии производства хлебопекарных дрожжей: 1, 17, 19, 23 – сборники; 2 – насос; 3 – рассиропник; 4 – пластинчатый теплообменник; 5 – кларификатор; 6 – приточный сборник; 7 – бачок; 8 – предварительный дрожжерастильный аппарат; 9, 10, 11 – дрожжерастильные аппараты; 12, 14, 16 – сепараторы; 13, 15 – промывные бачки; 18 – сборник маточного дрожжевого молока; 20 – мерник; 21 – товарный аппарат; 22 – сборник товарного дрожжевого молока; 24 – вакуум-фильтр; 25 – шнек; 26 – сушилка для дрожжей; 27 – циклон

Различия в технологии получения прессованных и сушеных дрожжей начинают проявляться с выделения и подготовки штамма и до получения товарной продукции. Они состоят в удельной скорости роста, засевов, длительности выращивания и концентрации сред.

Выросшие маточные и товарные дрожжи выделяют из дрожжевой суспензии, промывают холодной водой и сгущают в сепараторах 12, 14, 16 соответственно I, II, III ступени маточных и товарных дрожжей. Дрожжевое молоко после III ступени сепарации маточных и товарных дрожжей собирается в сборник 17, откуда направляется соответственно в сборники 18 и 22 – маточного и товарного дрожжевого молока. Для промывания дрожжей используют специальные промывные бачки 13 и 15. Кислотную обработку маточных дрожжей перед засевом проводят в сборнике 19, куда из мерника 20 дозируется серная кислота.

Окончательное выделение товарных дрожжей из дрожжевого молока происходит в вакуум-фильтре 24, предварительно обработанном раствором поваренной соли из сборника 23. Пластины дрожжей из вакуум-фильтра 24 попадают в сушилку для дрожжей 26 через шнек 25, при этом пылевидная фракция улавливается в циклоне 27. Прессованные дрожжи формуются в брикеты и упаковываются.

7.4. Расчетная часть

Наибольшее распространение получили дрожжерастительные аппараты ВДА (рисунок 22), которые представляют собой цилиндрический резервуар, смонтированный с уклоном 1:100 в сторону вывода коммуникаций.

Резервуар 1 с охлаждающей рубашкой 20, состоящий из десяти секций (поясов), установлен на балках 14 и стойках 15. Аппарат снабжен люками 18 и 21 для обслуживания и ремонта, смотровым окном 2, осветителем 3, гидрозатвором 11 для перекачивания дрожжевой суспензии под давлением не более 0,04 МПа, воздухоподводящей трубой 17, коробами 13 аэрационной системы, соплами 16 для промывки коробов, коллектором 19 для подвода воды в секции охлаждающей рубашки.

На крышке аппарата установлена вытяжная труба 7, которая перекрывается заслонкой 10. Заслонка соединена муфтой 4 со штоком 9, несущим движущийся в цилиндре 8 поршень. Поршень перемещается

гидравлическим приводом, снабженным четырехходовым краном 5. По шлангу 6 поступает вода для промывки. Вентилем 22 регулируется подача воздуха через распределительный коллектор 23.

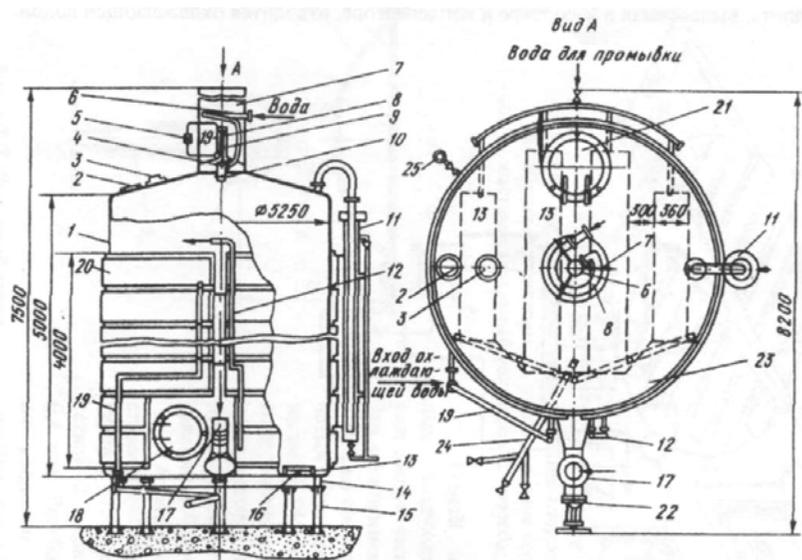


Рисунок 22. Дрожжерастильный аппарат ВДА:

- 1 – цилиндрический резервуар; 2 – смотровое окно; 3 – осветитель; 4 – муфта; 5 – четырехходовой кран; 6 – шланг; 7 – вытяжная труба; 8 – цилиндр; 9 – шток; 10 – заслонка; 11 – гидрозатвор; 12 – коллектор для отвода воды; 13 – распределительные коробки; 14 – балки; 15 – стойки; 16 – сопла; 17 – труба для подвода воздуха; 18, 21 – люки; 19 – коллектор для подвода воды; 20 – охлаждающая рубашка; 22 – вентиль; 23 – коллектор; 24 – спускная труба; 25 – мерное стекло

Культуральная среда опускается по трубе 24. За уровнем жидкости в аппарате наблюдают через мерное стекло. Каждый пояс охлаждающей рубашки имеет в нижней точке штуцер для входа охлаждающей воды и в верхней точке – штуцер для ее выхода. Пояса соединены параллельно. Таким образом, вода в каждом поясе омывает обечайку аппарата с внешней стороны по ее образующей и через стенку аппарата отводит теплоту.

Задание. Выполнить расчет дрожжерастильного аппарата, если заданы: T_1 – температура входящего в аппарат воздуха, К; ϕ_1 – относительная влажность входящего в аппарат воздуха, %; T_2 – тем-

пература уходящего из аппарата воздуха, К; ϕ_2 – относительная влажность уходящего из аппарата воздуха, %; $\phi_2 = 100\%$; $V_{\text{возд}}$ – массовый расход воздуха в аппарате, кг/ч; $T_{\text{н}}$, $T_{\text{к}}$ – температура воды на входе в аппарат и выходе из него, К; k – коэффициент теплопередачи от охлаждающей воды к охлаждаемой культуральной среде, Вт/(м²·К); m' – прирост дрожжей, кг/ч.

Методика расчета

Тепловой расчет

Тепловой баланс аппарата

$$Q_{\text{биол}} = Q_{\text{в}} + Q_{\text{возд}} + Q_{\text{пит}} + Q_{\text{изл}},$$

где $Q_{\text{биол}}$ – количество теплоты, выделяемое при выращивании дрожжей, кДж.

$$Q_{\text{биол}} = c_{\text{др}} \cdot m',$$

здесь $c_{\text{др}} = 4171$ кДж/кг – среднее удельное тепловыделение дрожжей при их выращивании;

m' – прирост дрожжей, кг/ч;

$Q_{\text{в}}$ – количество теплоты, отводимой воздухом, подаваемым на аэрирование, кДж;

$Q_{\text{возд}}$ – количество теплоты, уносимой с уходящим из аппарата воздухом, кДж;

$Q_{\text{пит}}$ – суммарное количество теплоты, расходуемое на нагревание доливаемой в аппарат воды ($Q_{\text{в.д.}}$), мелассной рассиропки ($Q_{\text{м.}}$) и растворов солей ($Q_{\text{с}}$), кДж;

$$Q_{\text{пит}} = Q_{\text{в.д.}} + Q_{\text{м}} + Q_{\text{с}};$$

$Q_{\text{изл.}}$ – количество теплоты, отводимой за счет теплоизлучения, кДж.

Потери теплоты на нагревание доливаемой в аппарат воды, мелассной рассиропки и растворов питательных солей можно принять примерно 25 % от $Q_{\text{биол.}}$. Потери теплоты за счет теплоизлучения в окружающую среду принимаем 1 % от $Q_{\text{биол.}}$.

Тогда

$$Q_{\text{биол}} = Q_{\text{в}} + Q_{\text{возд}} + 0,25 Q_{\text{биол}} + 0,01 Q_{\text{биол.}}$$

Количество теплоты $Q_{\text{возд}}$, кДж, уносимой с уходящим из аппарата воздухом,

$$Q_{\text{возд}} = V_{\text{возд}} (J_2 - J_1),$$

где J_1, J_2 – энтальпия соответственно входящего и выходящего из аппарата воздуха, кДж/кг (J_1 и J_2 определяются с помощью $I-d$ -диаграммы) (рисунок 23).

Количество теплоты, отводимой водой, кДж,

$$Q_v = Q_{\text{биол}} - Q_{\text{возд}} - Q_{\text{пит}} - Q_{\text{изл}}.$$

Расход воды для отвода теплоты, кг/ч,

$$Q_v = Q_v / [c (T_k - T_n) \rho],$$

где c – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К); $c = 4,187$ кДж/(кг·К);
 $\rho = 1000$ кг/м³ – плотность воды.

Необходимая площадь поверхности охлаждения дрожжерастильного аппарата, м²,

$$F = Q_v / (3,6 k \Delta T_{\text{ср}}),$$

где k – коэффициент теплопередачи от охлаждающей воды к охлаждаемой среде, Вт/(м²·К);

$\Delta T_{\text{ср}}$ – средняя разность температур, К.

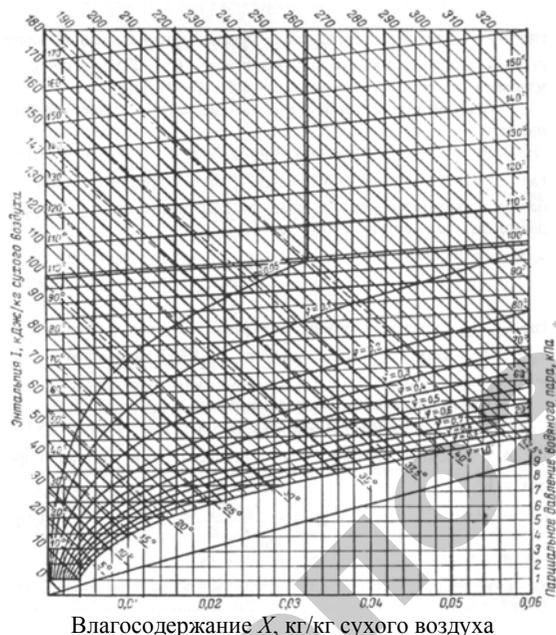


Рисунок 23. Диаграмма для влажного воздуха при давлении 100 кПа

Средняя разность температур (в расчете примите $T_2^{\text{ж}} = T_2$):

культуральная жидкость $\xrightarrow{T_1^{\text{ж}} \quad T_2^{\text{ж}}} \Delta T_6 = T_2^{\text{ж}} - T_n$,

вода $\xleftarrow{T_n \quad T_k} \Delta T_m = T_k - T_1^{\text{ж}}$.

Если $\Delta T_6 / \Delta T_m < 2$, то $\Delta T_{\text{ср}} = (\Delta T_6 + \Delta T_m) / 2$.

Расчет трубчатой воздухораспределительной системы

Диаметр нагнетательного воздуховода, м,

$$D = \sqrt{4V_{\text{возд}} / (3600 \nu \rho_v)},$$

где ν – скорость воздуха в воздуховоде, м/с ($\nu = 14 \dots 17$ мм/с);

ρ_v – плотность воздуха, кг/м³ (приложение, таблица П. 6).

Диаметр воздухораспределительного коллектора также примите равным D .

Суммарную площадь отверстий в воздухораспределительных трубках, м², принимают равной площади сечения коллектора:

$$F_{\text{отв}} = \pi D^2 / 4.$$

Скорость воздуха на выходе из отверстия воздухораспределительных трубок, м/с,

$$\nu_{\text{отв}} = V_{\text{возд}} / 3600 F_{\text{отв}}.$$

Диаметр отверстия в воздухораспределительных трубках примем $d = 0,8$ мм. Тогда количество отверстий n , шт., в трубках

$$n = F_{\text{отв}} / f_{\text{отв}} = 4F_{\text{отв}} / \pi d^2,$$

где $f_{\text{отв}}$ – площадь отверстия, м².

Принимаем наружный диаметр трубки 51 мм, толщину стенки 1,5 мм.

В поперечном сечении трубки размещено 7 рядов отверстий через 15°, по длине отверстия располагаются с шагом 5 мм. Число отверстий, приходящихся на 1 м длины, равно $z_1 = 1400$ отверстий.

Тогда общая длина трубок, м,

$$l_{\text{общ}} = n / 1400.$$

Из равенства

$$F_{\text{сист}} = 2R_{\text{сист}} l_{\text{ср}} = \pi R_{\text{сист}}^2 / 2,$$

где $F_{\text{сист}}$ и $R_{\text{сист}}$ – соответственно площадь, м^2 , и радиус, м, аэрационной системы;

$l_{\text{ср}}$ – средняя длина трубок, м,
имеем

$$l_{\text{ср}} = 2\pi R_{\text{сист}} / 8 = 0,786 R_{\text{сист}}.$$

При расстоянии между концами трубок и обечайкой аппарата 150 мм и диаметре коллектора D радиус аэрационной системы, м,

$$R_{\text{сист}} = D_{\text{ап}} - 2 \cdot 0,15 - D.$$

Количество трубок, шт.,

$$n_{\text{тр}} = l_{\text{общ}} / l_{\text{ср}}.$$

Расстояние между трубками, м, по осям

$$R_{\text{ос}} = 4R_{\text{сист}} / n_{\text{тр}}$$

Длина каждой трубки, м,

$$l_i = \sqrt{(2R - zR_{\text{ос}})zR_{\text{ос}}},$$

где z – порядковый номер трубки в четверти окружности аэрационной системы.

Таблица 18

Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	T_1, K	$\varphi_1, \%$	T_2, K	$V_{\text{возд}}, \text{кг/ч}$	$T_{\text{н}}, \text{K}$	$D, \text{м}$	$T_{\text{к}}, \text{K}$	$k, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$	$m, \text{кг/ч}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	290	60	300	6500	283	5,00	293	280	3(Н'
2	290	65	301	6600	283	5,05	293	285	31:
3	290	70	302	6700	283	5,10	293	290	32п
4	290	75	303	6800	283	5,15	293	295	33(.:
5	290	80	300	6900	283	5,20	293	300	340
6	291	60	301	7000	284	5,25	294	305	35(1
7	291	65	302	7100	284	5,30	294	310	360
8	291	70	303	7200	284	5,35	294	315	370
9	291	75	301	7300	284	5,40	294	320	380
10	291	80	302	7400	284	5,45	294	320	390

Окончание таблицы 18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	292	60	303	7500	285	5,50	295	315	400
12	292	65	304	7400	285	5,55	295	310	410
13	292	70	304	7300	285	5,00	295	305	420
14	292	75	305	7200	285	5,05	295	300	430
15	292	80	305	7100	286	5,10	295	295	420
16	293	60	302	7000	286	5,15	296	290	410
17	293	65	303	6900	286	5,20	296	285	400
18	293	70	304	6800	286	5,25	296	280	390
19	293	75	305	6800	286	5,30	296	300	380
20	293	80	306	6700	287	5,35	296	295	370
21	294	60	301	6500	287	5,40	296	290	360
22	294	65	302	7000	287	5,45	297	305	350
23	294	70	305	7100	287	5,50	297	310	340
24	294	75	304	7200	287	5,55	297	315	360
25	294	80	305	7300	287	5,60	297	285	380

Содержание отчета:

- 1) цель работы;
- 2) теоретическая часть, в которой излагаются теоретические основы технологии производства хлебопекарных дрожжей (заполнить таблицу 19);
- 3) характеристика дрожжевых и дрожжерастильных аппаратов; чертеж, описание конструкции и принципа действия одного из аппаратов – итальянской фирмы «Пресс-индустрия», ПНР-200; техническая характеристика;
- 4) расчетная часть, в которой дается расчет дрожжерастильного аппарата по предлагаемому варианту (таблица 18).

Таблица 19

Название технологической операции	Цель технологической операции	Технологические режимы	Применяемое оборудование	Классификация оборудования	
				по выполняемым общим функциям	по характеру воздействия на обрабатываемый продукт
Вид технологической линии					

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П. 1

Упругость водяных паров

$t, ^\circ\text{C}$	$p_{\text{н}}, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$p_{\text{н}}, \text{Па}$
0	610,5	40	7371,5
5	871,8	50	12330,2
10	1227,7	60	19861,7
14	1599,6	70	31192,2
16	1812,9	80	47321,5
18	2066,2	90	70115,8
20	2332,8	100	101308,0
25	3172,5	150	470880,0
30	4238,9	200	1500930,0

Таблица П. 2

Термодинамические свойства перегретого пара при $p = 100 \text{ кПа}$

Температура, $t, ^\circ\text{C}$	Удельный объем пара, $v, \text{м}^3/\text{кг}$	Энтальпия пара $i,$ кДж/кг
1	2	3
100	1,696	2676,5
110	1,745	2696,7
120	1,793	2716,8
130	1,841	2736,8
140	1,889	2756,6
150	1,937	2776,4
160	1,984	2796,2
170	2,031	2816,0
180	2,078	2835,7
190	2,125	2855,4
200	2,172	2875,2
210	2,219	2894,9
220	2,266	2914,7
230	2,313	2934,5
240	2,359	2954,3
250	2,406	2974,2
260	2,453	2994,1
270	2,499	3014,0
280	2,546	3034,0

Окончание таблицы П. 2

1	2	3
290	2,592	3054,0
300	2,639	3074,1
310	2,685	3094,3

Таблица П. 3

Термодинамические свойства воды и водяного пара
в состоянии насыщения

Температура $t, ^\circ\text{C}$	Давление $P, \text{кПа}$	Удельный объем, $\text{м}^3/\text{кг}$		Энтальпия, кДж/кг		Скрытая теплота парообразования $r, \text{кДж/кг}$
		воды v'	пара v''	воды i'	пара i''	
1	2	3	4	5	6	7
80	47,3	0,00103	3,410	334,9	2643,8	2308,9
90	70,1	0,00103	2,362	376,9	2660,3	2283,4
100	101,3	0,00104	1,674	419,0	2676,3	2257,2
110	143,3	0,00105	1,211	461,3	2691,8	2230,5
120	198,5	0,00106	0,892	503,7	2706,6	2202,9
130	270,1	0,00107	0,668	546,3	2720,7	2174,4
140	361,4	0,00108	0,508	589,1	2734,0	2144,9
150	475,9	0,00109	0,392	632,2	2746,3	2114,1
160	618,0	0,00110	0,307	675,5	2757,7	2082,2
170	792,0	0,00112	0,242	719,1	2768,0	2048,9
180	1002,7	0,00114	0,194	763,1	2777,1	2014,0
190	1255,2	0,00115	0,156	807,5	2784,9	1977,4
200	1555,1	0,00117	0,127	852,4	2791,4	1939,0
210	1907,9	0,00119	0,104	897,8	2796,4	1898,6
220	2320,1	0,00121	0,086	943,7	2799,9	1856,2
230	2797,9	0,00123	0,071	990,3	2801,7	1811,4
240	3348,0	0,00125	0,059	1037,6	2801,6	1764,0
250	3977,6	0,00127	0,050	1085,8	2799,5	1713,7
260	4694,0	0,00130	0,042	1135,0	2795,2	1660,2
270	5505,1	0,00133	0,035	1185,4	2788,3	1602,8
280	6419,1	0,00136	0,030	1237,0	2778,6	1541,6
290	7444,8	0,00140	0,0255	1290,3	2765,4	1475,1
300	8591,7	0,00145	0,0216	1345,4	2748,4	1403,0
310	9869,7	0,00150	0,0183	1402,9	2726,8	1323,9
320	11290	0,00156	0,0154	1463,4	2699,6	1236,2

Окончание таблицы П. 3

1	2	3	4	5	6	7
330	12865	0,00164	0,0129	1527,5	2665,5	1138,0
340	14608	0,00174	0,0108	1596,8	2622,3	1025,5
350	16537	0,00189	0,0088	1672,9	2566,1	893,2
360	18674	0,00223	0,0069	1763,1	2485,7	722,6
370	21053	0,00283	0,0049	1896,2	2335,7	439,5
374	22084	0,00106	0,0035	2039,2	2150,7	11,5

Таблица П. 4

Влагосодержание влажного воздуха
(г/кг сухого воздуха при $p = 100$ кПа)

Тем- пера- тура t , °C	Относительная влажность воздуха ϕ , %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
10	0,77	1,54	2,31	3,09	3,87	4,65	5,43	6,21	7,00	7,78
20	1,47	2,94	4,42	5,91	7,41	8,91	10,42	11,94	13,46	15,00
25	1,99	3,99	6,01	8,04	10,08	12,14	14,21	16,29	18,39	20,50
30	2,67	5,36	8,08	10,82	13,59	16,37	19,19	22,03	24,89	27,78
35	3,55	7,13	10,76	14,43	18,14	21,90	25,70	29,54	33,43	37,37
40	4,66	9,40	14,20	19,07	24,03	29,95	34,16	39,35	44,62	49,98
45	6,07	12,27	18,58	25,03	31,60	38,31	45,15	52,14	59,28	66,57
50	7,84	15,88	24,13	32,60	41,29	50,21	59,30	68,79	78,47	88,42
55	10,05	20,43	31,15	42,24	53,70	65,57	77,86	90,69	103,80	117,5
60	12,78	26,10	39,98	54,48	69,61	85,44	102,00	119,35	137,54	156,6
65	16,14	33,15	51,06	70,02	89,96	111,26	133,71	157,69	183,15	210,3
70	20,27	41,90	65,03	89,83	116,33	145,16	175,15	209,73	246,27	286,0
75	20,30	52,74	82,60	115,21	150,99	190,31	233,85	282,25	335,37	397,3
80	28,84	66,15	104,77	147,96	196,55	251,62	314,53	387,06	471,60	571,3
85	38,84	82,83	133,07	190,95	258,35	337,78	432,75	584,25	691,72	874,7
90	47,81	103,54	169,34	248,12	344,15	463,62	615,33	814,24	1097,51	1509
95	58,68	129,55	216,75	326,60	469,12	661,27	934,27	1352,19	2071,68	3602
100- 300	69,62	156,81	269,15	419,35	630,45	948,89	1484,49	2574,24	5998,07	-

Таблица П. 5

Физические характеристики воздуха при давлении 0,1 МПа

t , °C	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	$\lambda \cdot 10^2$, Вт/(м К)	Pr
0	13,28	2,44	0,707
100	23,13	3,21	0,688
200	34,85	3,93	0,680
300	48,33	4,60	0,674
400	63,09	5,21	0,678
500	79,38	5,74	0,687
600	96,89	6,22	0,699
700	115,4	6,71	0,706
800	134,8	7,18	0,713
900	155,1	7,63	0,717
1000	177,1	8,07	0,719
1100	199,3	8,50	0,722
1200	233,7	9,15	0,724
1300	247	9,27	0,73
1400	273	9,65	0,73
1500	300	10,02	0,73
1600	327	10,38	0,74
1700	355	10,75	0,74
1800	384	11,10	0,74
1900	415	11,45	0,74
2000	448	11,86	0,74
2100	478	12,09	0,75
2200	511	12,44	0,75

Таблица П. 6

Параметры влажного воздуха ($p = 100$ кПа)

t , °C	$p''_{\text{н}}$, Па	d'' , г/кг	$c_{\text{рв}}$, кДж/(кг·К)	$c_{\text{рвв}}$, кДж/(кг·К)	$h_{\text{р}}$, кДж/кг	$h''_{\text{рвв}}$, кДж/кг	$\rho_{\text{с}}$, кг/м ³	$\rho_{\text{рвв}}$, кг/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
-50	3,866	0,02405	1,006	-50,30	-50,24	1,562	1,562	1,0061
-40	12,399	0,07713	1,006	-40,24	-40,02	1,495	1,495	1,0061
-30	37,330	0,2323	1,006	-30,18	-29,61	1,434	1,434	1,0064
-20	102,925	0,6408	1,006	-20,19	-18,54	1,377	1,377	1,0072
-10	259,445	1,618	1,006	-10,06	-6,04	1,325	1,325	1,0090
0	610,8	3,823	1,006	0	9,561	1,276	1,273	1,0131

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	812,9	5,098	1,006	4,02	16,81	1,258	1,254	1,0155
8	1072,1	6,741	1,006	8,05	25,01	1,240	1,235	1,0186
12	1401,5	8,841	1,006	12,07	34,38	1,223	1,216	1,0225
16	1817,0	11,511	1,006	16,10	45,23	1,206	1,197	1,0275
20	2336,8	14,883	1,006	20,12	57,90	1,189	1,179	1,0339
24	2982,4	19,121	1,0061	24,15	72,83	1,173	1,160	1,0416
28	3778,5	24,425	1,0061	28,17	90,54	1,158	1,141	1,0510
32	4753,6	31,043	1,0062	32,20	111,69	1,142	1,122	1,0642
36	5940,1	39,281	1,0063	36,23	137,11	1,128	1,102	1,0792
40	7374,9	49,524	1,0064	40,26	167,82	1,113	1,082	1,0999
44	9099,8	62,267	1,0065	44,28	205,14	1,099	1,061	1,1274
48	11161,0	78,143	1,0065	48,13	250,76	1,085	1,039	1,1524

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипов С. Т.. Машины и аппараты пищевых производств: учебник. В 2 кн. / С. Т. Антипов [и др.]. М., 2001.
2. Антипов С. Т. Машины и аппараты пищевых производств: учеб. для вузов. В 3 кн. / С. Т. Антипов [и др.]. М., 2007.
3. Ковальская Л. П. Технология пищевых производств/ Л. П. Ковальская. М. 1999.
4. Личко Н. М.. Технология переработки продукции растениеводства / Н. М. Личко. М. 2008.
5. Остриков А. Н. Практикум по курсу «Технологическое оборудование»/ А. Н. Остриков, М. Г. Парфенопуло, А. А. Шевцов. Воронеж, 1999.
6. Хромеевков В. М. Технологическое оборудование хлебозаводов и макаронных фабрик/ В. М. Хромеевков. Санкт-Петербург, 2002.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

РЕПОЗИТОРИЙ БГАТУ

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Учебно-методическое пособие

В двух частях

Часть 1

Технологии и техническое обеспечение переработки продукции
растительного происхождения

Составитель

Челомбитько Марина Александровна

Ответственный за выпуск *В. Я. Груданов*

Редактор *Н. А. Антипович*

Компьютерная верстка *О. А. Селютенко*

Подписано в печать 16.08.2010 г. Формат 60×84¹/₁₆.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. 6,54. Тираж 150 экз. Заказ 741.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный
технический университет».

ЛИ № 02330/0552841 от 14.04.2010.

ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.

Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.