

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ**

**КАФЕДРА «АГРОНОМИЯ»**

Р.А. Мамбетова

## **ОБОРУДОВАНИЕ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ**

Учебное пособие для бакалавров, обучающихся  
по направлению подготовки 35.03.07 «Технология производства и  
переработки сельскохозяйственной продукции»

Черкесск, 2024

УДК 637.02  
ББК 36.81-5  
М 22

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом СКГА.  
Протокол №26 от «29» 09. 2023 г.

**Рецензенты:** Арова О.З.– к. э. н., доцент кафедры «Агрономия» СКГА

**М22 Мамбетова, Р.А.** Оборудование перерабатывающих производств учебное пособие для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции / Р.А. Мамбетова. – Черкесск: БИЦ СКГА, 2024. – 188 с.

Учебное пособие разработано в соответствии с требованиями, предъявляемыми по подготовке обучающихся направления подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции». Приведены теоретические данные и рекомендации по выполнению практических работ, контрольных и тестовых вопросов, список литературы. Учебное пособие предназначено для закрепления теоретических и практических знаний по дисциплине: «Оборудование перерабатывающих производств».

**УДК 637.02**  
**ББК 36.81-5**

© Мамбетова Р.А., 2024  
© ФГБОУ ВО СКГА, 2024

## Содержание

Введение	5
Основные свойства сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов	6
Раздел 1. Общие сведения о технологическом оборудовании и подготовка сырья к основным технологическим операциям	12
1.1. Общие сведения о технологическом оборудовании	12
1.2 Оборудование для подготовки сырья к основным технологическим операциям	20
Раздел 2. Технологическое оборудование для механической переработки сельскохозяйственной продукции и полуфабрикатов разделением.	36
2.1. Оборудование предприятий по первичной переработке животноводческой продукции.	40
2.2. Оборудование для механической переработки сельскохозяйственной продукции разделением.	44
2.3. Оборудование для резки пищевых продуктов	47
2.4. Обработка сырья давлением (прессование и гранулирование)	50
2.5 Сортирование материалов	55
2.6 Разделение неоднородных систем	61
Раздел 3. Технологическое оборудование для обработки сырья и полуфабрикатов соединением	77
Раздел 4. Технологическое оборудование для механической переработки сельскохозяйственной продукции формованием.	87
4.1. Оборудование для формования при переработке продукции животноводства	87
4.2. Технологическое оборудование для формования при переработке продукции растениеводства	96
Раздел 5. Технологическое оборудование для проведения тепловых и массообменных процессов	97
5.1 Технологическое оборудование для проведения тепловых процессов	97
5.2 Технологическое оборудование для проведения массообменных процессов	122
Раздел 6. Финишные операции и основное оборудование для их выполнения	141
6.1. Дозаторы	142
6.2. Упаковочные машины	144
6.3 Поточные линии	148
Раздел 7. Оборудование для проведения микробиологических процессов, для солодоращения, получения вторичных метаболитов.	149
7.1 Оборудование для солодоращения	149
7.2 Оборудование для получения биомассы	158
7.3 Оборудование для получения вторичных метаболитов.	163

Вопросы для самостоятельного изучения дисциплины	172
Задания для выполнения контрольных работ для студентов заочной формы обучения	174
Тесты для проверки остаточных знаний	181
Список использованной литературы	185

## Введение

Основной задачей перерабатывающих производств Российской Федерации является рациональное обеспечение производственных процессов технологическим оборудованием, эксплуатация которого возможна при условии профессионального обслуживания персоналом используемого оборудования, соблюдение всех требований при обслуживании каждой единицы оборудования. Учебное пособие предоставляет возможность изучения устройств, принципа действия, конструктивных особенностей оборудования, входящих в состав технологических линий перерабатывающих предприятий.

В учебном пособии приведено описание современного оборудования, обеспечивающего выполнение ресурсосберегающих технологических процессов подготовки, переработки и получения готовой продукции из пищевого сырья растительного и животного происхождения. Изложены основы рабочих процессов, принцип действия, устройство, основные технические данные оборудования пищевых производств.

Материал оформлен в соответствии с общепринятой классификацией технологического оборудования перерабатывающей отрасли:

- оборудование для подготовки сельскохозяйственной продукции и полуфабрикатов к основным производственным операциям;
- оборудование для механической переработки сельскохозяйственной продукции и полуфабрикатов разделением и соединением;
- оборудование для проведения тепломассообменных процессов, оборудование для фасования и упаковывания готовой продукции.

Учебное пособие предназначено для подготовки выпускников программы бакалавриата направления подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции»

В учебном пособии приведено описание современного оборудования, обеспечивающего выполнение ресурсосберегающих технологических процессов подготовки, переработки и получения готовой продукции из пищевого сырья растительного и животного происхождения.

## Основные свойства пищевых продуктов и сырья.

Многие пищевые продукты представляют собой однородные и неоднородные смеси. К однородным смесям относятся растворы, например, сахарные, водно-спиртовые, соки т.д. Однородные смеси характеризуются концентрацией растворенного вещества.

К неоднородным смесям относятся смеси твердого вещества с жидкостью, смеси различных нерастворимых одна в другой жидкостей.

Однородные и неоднородные смеси являются продуктом переработки, в которых происходят направленные изменения физико-химических свойств исходного сырья для получения продукта с заданными свойствами. В качественном отношении свойства пищевых продуктов выражают в виде определенных требований к цвету, вкусу, запаху, а в количественном – в виде численных значений физических параметров. Параметрами называют физические показатели, имеющие определенные значения в численном отношении и подлежащие измерению. Различают термодинамические, теплофизические, физико-химические, электрические и др. физические параметры пищевых продуктов, которые используются для конкретных целей, расчета пищевой аппаратуры. Из термодинамики известно, что состояние чистого химически однородного вещества характеризуется тремя термодинамическими параметрами: давлением, удельным объемом и абсолютной температурой, которые связаны между собой уравнением состояния.

$$f(p, V, T)=0$$

где:

$f$  – это функция, т.е. зависимость (зависит от):

$p$ -давление, Па (т.е. ньютон на м<sup>2</sup>);  $V$  – удельный объем, м<sup>3</sup> / кг;  $T$  – абсолютная температура К.

Для растворов параметры состояния (давление, удельный объем и абсолютная температура) дополняется концентрацией растворенного вещества различными способами; процентным отношением растворенного сухого вещества к массе всего раствора, отношением массы к объему раствора и т.д.

Многие пищевые продукты представляют собой неоднородные системы: суспензии (смесь твердой раздробленной – дискретной (дискретной – прерывистой) фазы с жидкостью, например кристаллов сахара с патокой), эмульсий, смесь раздробленного жира с жидкостью (например молоко). Для неоднородных систем в качестве параметра вводят дополнительно объемную или массовую долю дисперсионной фазы. К параметрам относятся вязкость, поверхностное напряжение, диффузия, теплопроводность, удельная теплоемкость др. Данные об этих параметрах для химически однородных веществ, их смесей и растворов определяется как правило опытным путем и содержатся в справочниках. В пищевых продуктах помимо основного вещества присутствуют различные побочные примеси. На содержание и

химический состав примесей оказывают влияние многие факторы: качество исходного сырья (например, растительного сырья зависящего от почвы), климата, удобрений, способов производства (технологическая схема т.е. последовательность обработки), длительность и условия хранения сырья. Поэтому пищевые продукты отличаются сложным и непостоянным составом компонентов, а их физические параметры являются в производственных условиях переменными величинами. В связи с этим в справочниках приводятся данные о физических параметрах продуктов для определенного, стандартного состава (напр., для чистых сахарных растворов, или чистых водно-спиртовых смесей). Знание зависимости параметров от различных факторов их взаимосвязей и закономерностей изменения в процессе обработки сырья имеет решающее значение для управления технологическим процессом и получения продукта с заданными свойствами.

Особенности некоторых технических свойств пищевых продуктов.

К этим свойствам относится плотность. Плотностью однокомпонентного однородного вещества называется отношение его массы к единице объема.

### 1. Плотность

$$\rho = m/V$$

где V-объем; m-масса.

Величина обратная плотности называется удельным объемом.(изм. м<sup>3</sup>/кг)

$$V=1/\rho=V/m$$

Плотность неоднородных веществ представлена в справочнике в виде диаграммы и таблиц. Например, плотность газа и паров примерно в 1000 раз меньше плотности жидкости и твердых тел. Плотность жидких растворов чистых веществ зависит от концентрации растворенного вещества и температуры раствора. Эта плотность меняется при изменении пары веществ (растворимого и растворитель), обычно эта функция не линейная и задается в виде таблиц или эмпирических (формулы установленные опытным путем) формул. По табличным же данным в зависимости от соотношения масс компонентов и температуры принимается плотность однородных смесей двух и более жидкостей. Плотность бинарной (двойной) неоднородной системы состоящей из двух компонентов А и В определяется

$\rho=(m_a/\rho_a + m_b/\rho_b)^{-1}$  ( в степени минус единица потому, что любое число в минус первой степени означает единица деленное на это число)  $m_a$  – массовая доля (концентрация) компонента в смеси, кг на 1 кг смеси;

$m_b= 1- m_a$  - массовая доля компонента  $b$  ;

$\rho_a$  и  $\rho_b$  – соответственно плотности компонентов  $a$  и  $b$  кг/м<sup>3</sup>.

Если неоднородная бинарная система состоит из твердых частиц плотностью  $\rho_t$  и жидкой среды плотностью  $\rho_c$ , то плотность системы  $\rho$  определяется по формуле:

$$\rho= [ m_t/\rho_t+(1-m_t)/ \rho_c]^{-1} \text{ или}$$

$$\rho_c = 1 / [x_T / \rho_T + (1 - x_T) / \rho_B]$$

Доля общего объема системы, занятая жидкостью определяется по формуле

$$\varepsilon = (\rho_{\text{ч}} - \rho) / (\rho_{\text{ч}} - \rho_c)$$

Для сыпучих пищевых продуктов (зерна, сахар, песка) характерна насыпная видимая плотность, зависящая от действительной плотности материала частицы и пустот между ними. Она определяется по формуле

$$\rho_H = (1 - \varepsilon) \rho_{\text{ч}}$$

Плотность сложных многокомпонентных пищевых продуктов рекомендуется принимать по опытным данным, приводимым в справочниках в зависимости от состава продуктов и их температуры.

Плотность суспензии:

$$\rho = \rho_{\text{тв}} \varphi + \rho_{\text{ж}} (1 - \varphi),$$

где  $\rho_{\text{тв}}$  – плотность твердых частиц,

$\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкости,

$\varphi$  – доля твердой фазы в суспензии.

Для сыпучих веществ используется насыпная плотность:

$$\rho_H = (1 - \varepsilon) \rho_{\text{тв}},$$

где  $\varepsilon = V_{\text{п}} / V_{\text{н}}$  – пористость,

$V_{\text{п}}$  – объем пустот,

$V_{\text{н}}$  – общий объем насыпанного материала,

$\rho_{\text{тв}}$  – действительная плотность частиц материала.

Плотность газов вычисляется по формуле Клайперона:

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0 P}{T P_0},$$

где  $\rho_0 = M / 22,4$  – плотность при нормальных условиях ( $T_0 = 273 \text{ K}$ ,  $P_0 = 1013 \text{ кПа}$ )

$M$  – молекулярная масса газа.

Плотность смеси газов определяется зависимостью:

$$\rho_{\text{см}} = n_1 \rho_1 + n_2 \rho_2 + n_3 \rho_3 + \dots,$$

где  $n$  – объемные доли компонентов.

2. Удельный вес.

$$\gamma = \rho g,$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

Вязкость

Вязкостью называется свойство жидкости оказывать сопротивление усилиям, вызывающим относительное перемещение ее частиц при ламинарном течении. Количественно вязкость выражается законом внутреннего трения Ньютона

$$S = -\eta \nabla \omega$$

где:

$S$  – напряжение внутреннего трения (напряжение сдвига, или касательное напряжение) слоев жидкости с градиентом скорости  $\omega \nabla$ , Па (знак  $\nabla$  означает дифференциальный оператор первого порядка и читается «набла»);  $\omega \nabla = d\omega/dn$  – градиент скорости сдвига;  $\eta$  – коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом динамической вязкости или динамической вязкостью.

Динамическая вязкость устанавливаемая опытным путем при ламинарном движении жидкости с помощью вискозиметров является физическим параметром жидкости и зависит от ее температуры, химического состава, концентрации и свойств растворенного вещества. Для большинства жидкостей в справочниках приводятся таблицы динамической вязкости при разных температурах. Численные значения динамической вязкости различных жидкостей и газов существенно отличаются. Например, при 20 градусах вязкость воды около 0,001 Па/с (Паскаль/сек) глицерина 1,5 а воздуха 0,00002 Па/с. Кинематическая вязкость выражается отношением коэффициента динамической вязкости к плотности жидкости.

Жидкости подчиняющиеся закону внутреннего трения Ньютона называется нормальными или ньютоновскими. (это такая жидкость, в которой между всеми условно разделенными слоями, пластинами трение или коэффициент трения остается постоянной величиной, каждый слой сдвигается при одинаковой нагрузке).

Многие жидкости и пищевые продукты (густые суспензии, пасты, патоки, продукты кондитерского и хлебопекарного производства, мучное тесто т др.) в различной степени отклоняющиеся от закона Ньютона называются неньютоновскими. По характеру отклонения от закона внутреннего трения Ньютона можно выделить три группы неньютоновских жидкостей:

1. Вязкие стационарные неньютоновские жидкости, к ним относятся:

а) бингамовские пластические жидкости - это пасты густые, суспензии, течение которых начинается после достижения напряжением сдвига предела текучести в соответствии с уравнением

$$S = S_0 + \eta_n \nabla \omega$$

Коэффициент пропорциональности  $\eta_n$  (измеряемый в Па·с) называется пластической вязкостью.

б) псевдопластические жидкости (растворы полимеров (все пластмассы)), течение которых начинается при самых малых напряжениях сдвига по линейному закону (для себя – когда все зависимости меняются пропорционально т.е. первый увеличивается и второй увеличивается соответственно первому  $y = ax$ );

$$S = K(\nabla \omega)^m$$

$K$  – мера консистенции жидкости и возрастает с увеличением вязкости;

$m$  – изменяется от 0 до 1 ( для ньютоновских жидкостей  $K = \eta$ ,  $m = 1$ )

в) дилатантные жидкости – это суспензии с большим содержанием твердой фазы) течение которых следует уравнению

$$S=K(\nabla\omega)^m$$

но здесь  $m>1$

2. Нестационарные неньютоновские жидкости. Вязкость этих жидкостей определяется не только градиентом скорости, но и продолжительностью сдвига. К ним относятся :

а) тиксотропные жидкости (простокваша, кефир, краски), структура которых под действием постоянного напряжения постепенно разрушается с падением вязкости, например, при взбалтывании кефира, но может восстанавливаться после снятия напряжения;

б) реопектантные жидкости, вязкость которых возрастает по мере действия постоянного напряжения; (т.е. вязкость возрастает чем больше напряжение)

3. Вязкоупругие Максвелловские жидкости (смола, тесто и др), которые текут под воздействием напряжения сдвига, а после снятия напряжения частично восстанавливают свою форму подобно упругим твердым телам.

Нелинейность кривых течений неньютоновских жидкостей означает, что вязкость таких систем не имеет определенного значения, а с увеличением градиента скорости убывает или возрастает.

4. Кинематическая вязкость

$$\gamma = \mu/\rho,$$

единица ее измерения –  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Некоторые жидкости не подчиняются закону внутреннего трения Ньютона. Их называют неньютоновскими жидкостями (пасты, растворы полимеров и т.д.).

Неньютоновские жидкости характеризуются эффективной вязкостью – это динамическая вязкость ньютоновской жидкости при том же градиенте скорости. Эффективную вязкость определяют по уравнению:

$$\mu_{\text{эф}} = K \left( \frac{dV}{dl} \right)^{n-1},$$

где  $K$  – показатель консистентности,

$n$  - индекс течения. Для кривой 2  $n>1$ , а для кривой 3 на участке ab  $n>1$ .

Эффективная вязкость связана с  $\tau$  следующим уравнением:

$$\tau = K(dV/dl)^n = K(dV/dl)^{n-1} \cdot (dV/dl) = M_{\text{эф}} \frac{dV}{dl}$$

Простокваша, кефир, сметана и др. молочные продукты относятся к тиксотропным жидкостям, для которых характерно изменение зависимости  $\tau$  от  $dV/dl$  во времени.

С увеличением продолжительности воздействия напряжения сдвига структура тиксотропных жидкостей разрушается и текучесть возрастает.

После снятия напряжения сдвига структура жидкости останавливается и она перестает течь. Легко видеть, что при взбалтывании кефира или простокваши их вязкость уменьшается.

Динамическую вязкость соков, сиропов и сгущенного молока при различных температурах можно определить по следующей формуле:

$$\mu_t = 12,9 \mu / t^{0,85}, \quad [\text{мПа} \cdot \text{с}]$$

где  $\mu$  - вязкость при 20<sup>0</sup> С.

Для молока натурального

$$\mu = 0,7 e^{(0,06+0,08x)},$$

где  $x$  – концентрация сухих веществ.

Динамическая вязкость растительного масла

$$\mu_t = 0,175 / (10 e^{(0,31+0,002\alpha)}) \quad [\text{мПа} \cdot \text{с}]$$

Существуют также и реопектантные жидкости, которые отличаются от тиксотропных тем, что их текучесть снижается при увеличении продолжительности воздействия напряжения сдвига.

Вещества тестообразной консистенции относятся к максвелловским жидкостям. Эти жидкости текут под действием напряжения сдвига  $\tau$ , но после снятия напряжения частично восстанавливают свою форму.

#### 5. Поверхностное натяжение $\sigma$

В неоднородных системах одной из сред которых является жидкость имеется поверхность фазового раздела, площадь которого стремится к минимуму под действием поверхностных сил. Эти силы возникают вследствие не скомпенсированного притяжения внутренними молекулами поверхностных слоев. В результате на поверхности жидкости возникает давление направленное внутрь жидкости по нормали (т.е. перпендикулярно) к ее поверхности. Коэффициент поверхностного натяжения рассматривается как сила действующая на единицу длины поверхности жидкости и соприкасающейся с ней среды. С поверхностным натяжением связаны образование капель при конденсации пара, паровых пузырей при кипении жидкости, образование пены.

Благодаря поверхностному натяжению капля стремится принять форму шара.

Поверхностное натяжение уменьшается с увеличением температуры.

Таблица 1 - Поверхностное натяжение жидкостей.

Жидкость	Температура	Поверхностное натяжение $\sigma \cdot 10^3, \text{ н/м}$
Вода	20	72,8
Масло оливковое	20	32,0
Спирт этиловый	20	24,1

#### Теплопроводность

Теплопроводностью называется перенос энергии от более нагретых участков тела к менее нагретым в результате теплового движения и взаимодействия микрочастиц, приводящий к выравниванию температуры тела. Теплопроводность в данном теле описывается первым законом Фурье согласно которому плотность теплового потока прямо пропорционально

градиенту (-изменение температуры между поверхностями находящимися друг от друга на единицу расстояния мм, см, м) температуры

$$q = -\lambda \nabla t$$

где  $q$  – плотность теплового потока по нормали к изотермической поверхности в направлении уменьшения температуры  $\text{Вт/м}^2$ ;  $\nabla t = dt/dn$  – градиент температуры, характеризующий изменение температуры  $t$ , приходящееся на единицу расстояния между изотермическими поверхностями по нормали в направлении уменьшения температуры,  $\text{К/м}$ ;  $\lambda$  – коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом теплопроводности,  $\text{Вт/(м} \cdot \text{К)}$

Коэффициент теплопроводности твердых тел, жидкостей и газов является теплофизическим параметром этих тел, характеризующим интенсивность теплопроводности в веществе.

Числовое значение его зависит от температуры, давления и вида вещества (железо, кирпич и т.д.) Коэффициент теплопроводности определяется опытным путем и для различных тел приводится в справочниках.

Теплопроводность пищевых продуктов зависит от их состава и присутствия в них примесей. Коэффициенты теплопроводности пищевых продуктов обычно представляют эмпирическими формулами.

#### Теплоемкость.

Теплоемкостью вещества называется – отношение количества теплоты сообщаемой веществу в каком либо процессе к соответствующему изменению его температуры.

Удельной теплоемкостью называется теплоемкость единицы вещества.

Массовой удельной теплоемкостью называется количество теплоты которое надо сообщить единице массы вещества для повышения его температуры на 1 градус

$$C = \delta q / dT$$

где:

$C$  – массовая удельная теплоемкость,  $\text{Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ ;

$\delta q$  – приращение количества сообщаемой теплоты,  $\text{Дж/кг}$ ;

$dT$  – разность температур в начале и в конце процесса,  $\text{К}$ .

## **Раздел I. Общие сведения о технологическом оборудовании и подготовка сырья к основным технологическим операциям**

### **1.1. Общие сведения о технологическом оборудовании**

Целесообразно разработанное оборудование должно соответствовать эксплуатационным, конструктивным, эстетическим, экономическим требованиям и требованиям техники безопасности.

Назначение технологического оборудования заключается в создании условий, оптимальных для проведения технологических процессов при переработке сельскохозяйственной продукции. Эти условия определяются

типом процесса, агрегатным состоянием обрабатываемых масс, их химическим составом и физическими свойствами (вязкость, упругость, пластичность и т. п.). Оборудованию должна быть придана форма, которая обеспечила бы необходимые технологические условия протекания процесса (давление, при котором проходит технологический процесс; скорость движения и степень турбулизации потока обрабатываемых масс; создание необходимого контакта фаз; механические, тепловые, электрические и магнитные воздействия).

Одной из основных характеристик оборудования является его производительность, количество сырья, перерабатываемого за единицу времени, или количество готового продукта, выдаваемого оборудованием за единицу времени. При выработке штучных изделий производительность выражается количеством штук изделий за единицу времени. При выработке массовой продукции производительность выражается в массовых или объемных единицах за единицу времени. Интенсивность работы оборудования это его производительность, отнесенная к какой-либо основной единице, характеризующей данное оборудование. Так, интенсивность работы сушилки выражается количеством удаленной из материала за 1 ч воды, отнесенным к 1 м<sup>3</sup> объема сушилки; интенсивность работы выпарных аппаратов – количеством выпариваемой за 1 ч воды, отнесенным к 1 м<sup>2</sup> поверхности нагрева.

Для достижения большой производительности при малых габаритных размерах интенсификация процесса является основной задачей производства. Интенсификация может быть достигнута, путем замены периодических процессов непрерывными. Материал, из которого построено оборудование, должно быть устойчивым при воздействии на него обрабатываемых сред. В свою очередь, продукты взаимодействия среды и материала не должны обладать вредными свойствами в том случае, если продукт используется для питания.

Энергоемкость оборудования характеризуется расходом энергии на единицу перерабатываемого сырья или выпускаемой продукции, оборудование считается тем совершеннее, чем меньше энергии расходуется на единицу сырья или продукции.

Для правильной эксплуатации оборудования его подвергают систематическим осмотрам, чистке и текущему ремонту. Конструкция оборудования должна обеспечивать возможность производить операции без длительных остановок.

Надежность. Надежность оборудования – способность выполнять заданные функции, сохранять свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени.

Операции по загрузке сырья и выгрузке готовой продукции должны быть удобны и безопасны для рабочего персонала. Наиболее безопасны герметически закрытые аппараты непрерывного действия с непрерывным потоком материалов.

На пищевых производствах должны быть обеспечены высокие санитарно-гигиенические условия, предотвращающие возможность инфицирования продукции или загрязнения ее продуктами воздействия среды и материала, из которого построено оборудование. Это обеспечивается герметичностью, конструктивными формами, позволяющими производить тщательную очистку, автоматизацией, дающей возможность вести технологические процессы без прикосновения человеческих рук, подбором соответствующего материала для построения оборудования.

Уменьшение массы оборудования снижает его стоимость.

При проектировании оборудования необходимо стремиться к тому, чтобы процесс, протекающий в нем, осуществлялся в оптимальном варианте.

Главнейшим этапом оптимизации являются выбор критерия оптимизации и составление математической модели оборудования.

Оборудование и технологические линии пищевых производств изготовляют из разнообразных материалов. Материал должен обладать достаточной механической прочностью для данных условий работы, материалы и соединительные швы должны обладать достаточной стойкостью, быть устойчивыми против коррозии;

Наиболее употребительными металлами и сплавами для изготовления оборудования пищевых производств являются сталь, чугун, медь, алюминий, латунь, бронза.

Сталь.

В большинстве отраслей пищевой промышленности (свеклосахарной, спиртовой, кондитерской и др.) среды не отличаются большой агрессивностью, поэтому здесь можно применять обычные углеродистые стали.

Если среда агрессивна настолько, что применение конструкционных сталей становится невозможным (например, в случаях, когда средой являются растворы кислот и щелочей или когда работа проводится при высоких температурах), применяются специальные стали: нержавеющие, кислотоупорные, жаростойкие и жаропрочные.

Нет сталей универсально стойких. Для каждой агрессивной среды необходимо подбирать, соответствующую марку стали.

Современные нержавеющие и кислотоупорные стали представляют собой в основном сплавы железа с хромом.

Чугун. Чугун широко используется в производстве оборудования для перерабатывающих производств для отливки как сравнительно небольших деталей, так и крупных оборудования и технологических линий. Из чугуна изготовляют фильтр-прессные рамы, детали насосов, компрессоров, поршневые кольца, трубы, соединительные элементы труб.

Помимо серого и белого чугуна применяются модифицированные чугуны, т. е. чугуны, в которые для повышения прочности и кислотоустойчивости введены специальные добавки. Применяются также чугунные аппараты с покрытием из эмали. Хромистые чугуны с успехом

применяются для изготовления топок, частей барабанных сушилок и других деталей, работающих при высоких температурах.

Медь. Медь и ее сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью и теплопроводностью, что объясняет их широкое применение при изготовлении пищевых аппаратов, особенно теплообменных. Кроме того, как в горячем, так и в холодном состоянии медь имеет высокую электропроводность и пластичность.

Отличительной особенностью меди является то, что при низких (-100- - 200°C) температурах ее механические свойства не понижаются, а даже повышаются. Медь широко применяется для построения ректификационных аппаратов спиртового производства, выпарных аппаратов кондитерского и рафинадного производств, выпарных и перегонных аппаратов ликеро-водочного производства.

Механические свойства меди невысоки. Прочность меди значительно понижается с повышением температуры. В настоящее время в связи с высокой стоимостью меди стремятся заменять ее черными металлами. Медь отличается невысокими литейными качествами, поэтому для приготовления отливок применяются медные сплавы. В пищевой промышленности находят применение бронзы и латуни.

Бронза. Сплав меди с оловом, алюминием, кремнием, бериллием, марганцем или свинцом. Химическая стойкость алюминиевых и кремнистых бронз не ниже оловянистых.

Наибольшее применение имеют оловянистые бронзы, применяются для корпусов насосов, клапанов, шестерен, антифрикционных деталей, кранов и других деталей массой до 1 т.

Латунь. Сплав меди с цинком. Кроме того, используются сложные латуни, содержащие добавки олова, алюминия, никеля, марганца и др. Алюминий широко применяется для устройства аппаратов пищевых производств, особенно пивоваренного и молочного. Чистый алюминий обладает большой электрохимической активностью, но в условиях работы аппаратов поверхность его быстро покрывается окисной защитной пленкой, которая предохраняет его от разрушения. Алюминий обладает хорошей теплопроводностью, достаточно высокой прочностью. Продукты коррозии алюминия не ядовиты. Кроме алюминия используется также его сплав с медью (3,8-5,2% С) - дюралюминий.

Олово – обладает хорошей стойкостью в средах, содержащих органические кислоты. Оно применяется для покрытия стальной и медной аппаратуры для защиты от окисления (лужение), употребляется также как составная часть припоев.

### Неметаллические материалы

Кроме металлов в производстве оборудования для перерабатывающих производств применяются и неметаллические материалы неорганического и органического происхождения.

Из материалов неорганического происхождения за последние годы все более широкое применение находит стекло. Оно применяется в качестве заменителя меди и стали при изготовлении аппаратуры и трубопроводов. Применение стекла повышает также гигиенические условия производства продуктов питания. Стекло применяется на заводах фруктовых вод и на винодельческих предприятиях, а также на молочных заводах. Оно может применяться также для транспортирования сыпучих тел, например муки.

Основными достоинствами стекла являются прозрачность, химическая стойкость, малый коэффициент термического сопротивления. Стекло негигроскопично (гигроскопичность – способность вещества впитывать влагу из окружающей среды) и не горюче. Гидравлическое сопротивление стеклянных трубопроводов меньше, чем металлических. (меньше коэффициент трения)

Разновидностью стекла является ситалл. Это тип стекол, имеющий мелкокристаллическую структуру. Ситалл по сравнению со стеклом обладает большей прочностью и термостойкостью. Ситалл устойчив к минеральным и органическим кислотам и щелочам.

К группе материалов органического происхождения относятся дерево, уголь и пластические материалы. Сюда входят пластические массы, материалы на основе каучука и др.

Значительную роль в пищевой промышленности играет дерево.

Пластические массы как материал для пищевого машиностроения представляют большой интерес. Пластические массы более легкие, чем металлы, и их применение уменьшает массу аппаратов. Стоимость изделий из пластмасс ниже стоимости изделий из металла.

Из пластических материалов, перспективных для пищевой промышленности, следует отметить, бакелит, фаолит, текстолит, винипласт, полиэтилен и др.

В пищевых производствах употребляются эмалированные мешалки, резервуары, ректификационные аппараты. Эмалированная аппаратура может работать при температуре до 300°С и давлении до 0,25 МПа.

Керамическая и стеклянная облицовка применяется как для металлических, так и для цементных резервуаров. Кислотоупорными плитами облицовывают железнодорожные цистерны для перевозки кислот, бетонные резервуары для хранения морсов и соков.

Общие указания о выборе материалов при проектировании аппаратов пищевых производств

Продолжительность работы аппарата в значительной мере зависит от правильного выбора материалов для его устройства. С другой стороны, материал, из которого построен аппарат, предназначенный для приготовления пищевых продуктов, должен соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям.

Поэтому выбор материала должен быть обоснован с двух точек зрения. При выборе материала для построения аппарата необходимо учитывать

свойства среды и температуру, при которой будет проводиться работа. Нужно иметь в виду, что агрессивная среда снижает механические качества металлов.

При конструировании оборудования, содержащего электролиты, необходимо избегать применения в конструкции разнородных металлов. При контакте двух разнородных металлов образующаяся гальваническая пара ведет к быстрому разрушению аппарата. Гальванические пары образуются также и при контакте элементов из одного и того же материала, но подвергавшегося различной механической обработке. Пары могут возникнуть и вследствие структурной неоднородности металлов.

С гигиенической точки зрения должен быть продуман вопрос о влиянии продуктов взаимодействия материала аппаратов и среды на пищевое или вкусовое качество продукта.

При изучении этого раздела необходимо рассмотреть роль механических процессов в пищевых производствах, использование таких процессов как измельчение, просеивание и обработка материалов давлением, изучить процессы измельчения, дробления материалов. Изучить дробилки, их классификацию, принцип работы дробилок, оборудование для просеивания, разделения на фракции, оборудование для классификации сыпучих материалов, их принцип работы. Изучить оборудование для обработки материалов давлением, их принцип работы, преимущества и недостатки.

Оборудование, используемое на перерабатывающих предприятиях делятся на:

- энергетические,
- транспортирующие,
- информационные,
- технологические

Технологическая машина состоит из:

- Рабочего органа,
- Исполнительного механизма: привода
- Корпуса
- Приёмного устройства
- Выпускного устройства.

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая действия по изменению состояния предмета производства.

Технологическая схема – графическое изображение технологического процесса в порядке последовательности выполнения операций.

Производительность – количество продукции, которое машина производит в единицу времени.

Измеряется в тоннах, кг, м<sup>3</sup>, м<sup>2</sup>, шт. в час, мин

Различают производительность:

- Фактическую - Пф
- Теоретическую - Пт.

Фактическая производительность - количество продукта, которую машина выдаёт за единицу времени, включая простои (ремонт, наладка и т.д.)

Для переработки сельскохозяйственного сырья применяют разнообразные виды оборудования, которые классифицируют:

- по характеру воздействия на обрабатываемый продукт;
- структуре рабочего цикла;
- степени механизации и автоматизации;
- принципу сочетания в производственном потоке;
- функциональному признаку.

Кроме перечисленных признаков каждому виду оборудования присущи специфические признаки.

В зависимости от характера воздействия на обрабатываемый продукт технологические машины делятся на аппараты и машины.

В аппаратах осуществляются тепло-, массообменные, физико-химические, биохимические и другие процессы, в результате которых физические, химические свойства и агрегатное состояние обрабатываемого продукта изменяются. Характерный признак аппарата – наличие реакционного пространства или камеры.

В машинах осуществляется механическое воздействие на продукт, в результате чего изменяются его форма и размеры. Конструктивная особенность машин — наличие движущихся исполнительных (рабочих) органов.

В некоторых случаях технологическое оборудование представляет собой комбинацию машины и аппарата, поскольку в нем одновременно осуществляется механическое, физико-химическое и тепловое воздействие.

По структуре рабочего цикла оборудование может быть непрерывного, полунепрерывного и периодического действия.

В оборудовании непрерывного действия продукт подвергается воздействию в течение определенного времени, после которого выгружается. В оборудовании полунепрерывного (циклического) действия загрузка продукта и воздействие на него осуществляются непрерывно в течение всего рабочего цикла, а выгрузка – через определенные промежутки времени. В оборудовании непрерывного действия загрузка, обработка и выгрузка продукта происходят одновременно.

В процессе работы технологическое оборудование выполняет не только основные (измельчение, перемешивание, варка и т. п.), но и вспомогательные (загрузка, перемещение, контроль, выгрузка и т. п.) операции.

В зависимости от степени механизации и автоматизации этих операций оборудование бывает неавтоматическое, полуавтоматическое и автоматическое. Частный случай оборудования автоматического действия – кибернетические машины (роботы).

В неавтоматическом (простом) оборудовании вспомогательные, а также часть основных операций выполняются вручную.

В полуавтоматических машинах все технологические и большинство вспомогательных операций выполняются без участия рабочего. Ручными остаются транспортные и контрольные операции, пуск и останов машины.

В автоматах все основные и вспомогательные операции выполняются без участия человека.

По принципу сочетания технологического оборудования в производственном потоке различают отдельные единицы (выполняют одну операцию); агрегаты или комплексы (выполняют последовательно различные операции); комбинированные (выполняют законченный цикл операций) и поточные автоматические системы (выполняют все технологические операции в непрерывном потоке).

По функциональному признаку все оборудование перерабатывающей промышленности можно разделить на группы, в которые входят машины и аппараты, различающиеся характером воздействия на продукт и конструктивным оформлением

1. Оборудование для подготовки сырья к переработке:
  - для очистки и сортировки;
  - мойки и увлажнения;
  - шелушения зерна.
2. Оборудование для механической обработки разделением:
  - для дробления и измельчения;
  - разделения продуктов измельчения зерна;
  - выделения из жидких гетерогенных систем взвешенных твердых и коллоидных частиц;
  - отделения жидкой фазы.
3. Оборудование для механической обработки соединением:
  - для перемешивания с целью получения жидких, сыпучих, тестообразных полуфабрикатов и готовых продуктов;
  - формования путем выдавливания, штампования.
4. Оборудование для проведения тепло- и массообменных процессов:
  - для проведения тепловых процессов;
  - проведения массообменных процессов;
  - сушки и обезвоживания;
  - разваривания и варки;
  - выпечки и обжарки;
  - охлаждения и замораживания.
5. Оборудование для проведения микробиологических процессов:
  - для солодоращения;
  - получения биомассы;
  - получения вторичных метаболитов.
6. Оборудование для выполнения финишных операций:
  - оборудование для дозирования;
  - упаковочные машины;
  - оборудование поточных линий

## 1.2 Оборудование для подготовки сырья к основным технологическим операциям

### Оборудование для выгрузки корнеплодов, овощей и плодов.

Опорожнение тары – процесс выгрузки продукции из тары на рабочие органы машин и оборудования (транспортеры, бункера и т. п.) для дальнейшей обработки. Опорожнители жесткой тары используют гравитационный и флотационный принципы работы.

Гравитационные опорожнители. Продукция из тары удаляется под действием собственного веса в результате ее наклона. На рисунке 6.7 приведена схема работы гравитационного опорожнителя. Опорожнитель состоит из поворотной рамы 1 с верхней крышкой 2, имеющей откидную часть 3. Поворотная рама укреплена на оси консоли 4 и имеет возможность вращения вокруг нее. Имеется транспортер 5 для отвода продукции от контейнера.

Работает опорожнитель следующим образом. Контейнер 6 ставится на поворотную раму 1 авто или электропогрузчиком. Откидная часть верхней крышки 3 притянута вниз так, что она закрывает верх контейнера 6. В первоначальный момент (рис. 6.7а) угол поворота  $\alpha = 0^\circ$ , высота слоя продукции в контейнере равна  $H_1$ . Поворот площадки 1 вокруг оси консоли 4 осуществляется с помощью специального механизма с пульта управления (на рисунке не показаны).

Поворот осуществляется до тех пор, пока контейнер не повернется на угол  $\alpha > 90^\circ$ . В этот момент открывают откидную крышку и продукция с начала падает на транспортер 5. Высота падения продукции равна  $H_2$  (рис. 6.7). По мере высыпания продукции транспортер 5 отводит последнюю к месту ее обработки. Повреждаемость продукции зависит от высоты падения плодов и интенсивности выгрузки. Снизить повреждаемость можно применением мягких материалов транспортеров, плавным, без ускорений поворотом тары при опорожнении.

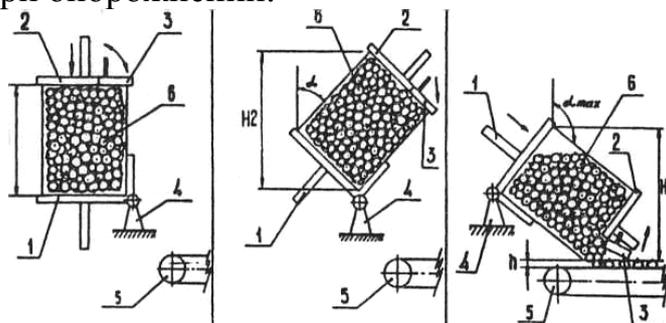


Рисунок 1.1 – Принцип действия гравитационного опорожнителя: а - контейнер в исходном положении; б - поворот контейнера; в - выгрузка продукции; 1 - поворотная рама; 2 - верхняя крышка поворотной рамы; 3 - откидная часть крышки; 4 - консоль с осью поворота; 5 - транспортер; 6 - контейнер с продукцией.

Флотационные опорожнители. Флотационные опорожнители основываются на принципе флотации – разделения воды и овощей (плодов) по плотности. Продукция с меньшей плотностью всплывает наверх. Плотность таких продуктов как яблоки и томаты меньше, чем плотность

воды, поэтому они всплывают. Для выгрузки подобных продуктов из тары последнюю погружают в воду и продукция из нее всплывает, тару удаляют в одну сторону, продукцию – в другую.

Очистка – процесс отделения посторонних примесей от исходного сыпучего материала.

Калибрование – процесс разделения штучных продуктов (главным образом овощей и фруктов) на экземпляры с приблизительно одинаковыми размерами, формой и массой перед их последующей обработкой. Существующие калиброватели разделяют в зависимости от конструкции калибровочных устройств на барабанные, ленточные, шнековые, вибрационные, дисковые, валиковые, тросовые, весовые и комбинированные.

Сортирование – процесс разделения сыпучих продуктов (в основном зерновых культур) на фракции, одинаковые по размеру и форме.

Сепарирование – процесс разделения сыпучих материалов на фракции, различающиеся по плотности частиц, линейным размерам, аэродинамическим и ферромагнитным свойствам, состоянию поверхности и др.

Основной рабочий орган зерноочистительных сепараторов и сортирующих машин – сита. По способу изготовления применяемые сита подразделяют на штампованные из металлических листов, тканые металлические и полимерные сетки.

Частицы сыпучего продукта, которые проходят через отверстия сита, образуют проход, а частицы, которые не проходят сквозь отверстия сита и сыпаются с него через край, – сход.

Процесс сепарирования движущегося сыпучего продукта состоит из двух одновременно проходящих стадий. На первой стадии (самосортирование) более мелкие частицы с большей плотностью, меньшим значением коэффициента внутреннего трения и обтекаемой формой перемещаются из верхних слоев в нижние и достигают поверхности сита. На второй стадии (собственно просеивание) частицы двигаются по ситам относительно друг друга. Для эффективного протекания процесса сепарирования для каждой его стадии требуется свой кинематический режим движения сита: при увеличении ускорения улучшается самосортирование, а для успешного просеивания необходимо ограничивать максимально допустимые диапазоны ускорения.

Пневмосепарирование основано на различии сопротивлений, оказываемых отдельными частицами воздушному потоку, что обусловлено их различными аэродинамическими свойствами.

Наибольшее влияние на эффективность пневмосепарирования оказывают удельная нагрузка продукта на канал, средняя скорость воздушного потока, выравненность воздушного потока, физико-механические свойства примесей сепарируемой смеси и степень ее засоренности, размеры и конструктивное решение пневмосепарирующих

каналов, начальная скорость и условия ввода сепарируемой смеси в пневмосепарирующий канал и др.

Магнитное сепарирование основано на выделении из движущегося сырья или продукта разнообразных по форме, размерам и происхождению металломагнитных примесей. В зависимости от способа удаления этих примесей различают три типа магнитных сепараторов: с верхним и нижним расположением магнитов и барабанные магнитные сепараторы с вращающейся немагнитной обечайкой.

Просеивающие машины, применяемые в перерабатывающей промышленности, классифицируют следующим образом:

- 1) по конструкции ситовой поверхности: плоские и барабанные сита;
- 2) по способу движения продуктов: с неподвижными ситами; с возвратно-поступательным, круговым поступательным и вибрационным движением сит; с горизонтальной и вертикальной осью вращения сита;
- 3) по конфигурации ситовой поверхности: цилиндрические; конические, призматические и пирамидальные.

#### Воздушные сепараторы

Для отделения воздушным потоком примесей, отличающихся от зерна основной культуры аэродинамическими свойствами (пыль, частицы оболочек, сорные примеси), служат пневматические и воздушные сепараторы.

Воздушные сепараторы применяют главным образом на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах для очистки зерна от пыли и примесей, на крупозаводах для выделения лузги из продуктов шелушения пленчатых культур (риса, гречихи, овса, ячменя), а также для контроля крупы и отходов.

Современные предприятия оснащены машинами различных модификаций, в которых легкие примеси выделяются потоком воздуха, движущегося со скоростью, достаточной для уноса легких примесей и недостаточной для уноса зерна. К таким машинам относятся сепараторы типа РЗ-БАБ и РЗ-БСД.

Воздушные сепараторы подразделяют на две группы: с разомкнутым и замкнутым циклом воздуха. К первой группе относятся аспирационные колонки, работающие на крупяных заводах, и пневмосепараторы, эксплуатируемые на мукомольных заводах с пневмотранспортом. Пневматические сепараторы наряду с очисткой выполняют функции циклонов-разгрузителей в сети пневмотранспорта, т. е. отделяют зерно от транспортирующего воздуха.

Ко второй группе относятся воздушные сепараторы типа дуаспираторов, которые используют в основном в крупяном производстве.

Эффективность очистки зерна воздушным потоком зависит от комплекса показателей: удельной зерновой нагрузки; размеров пневмосепарирующего канала; скорости воздушного потока; равномерности распределения зерновой смеси по каналу и потери давления в пневмосепараторе. Основной показатель, определяющий возможность

разделения компонентов смеси по аэродинамическим свойствам, - скорость витания. Для зерна основных культур и приемки она составляет (м/с): ячмень - 8,5...12; пшеница - 9...11,5; рожь - 8...11; овес - 7,5...9,5; куколь - 6,5...10; овсюг 5,5...8,5; легкие сорняки - 5 - 7.

С увеличением скорости витания примесей эффективность их отделения снижается. На практике эффективность очистки  $E$  (%) зерна оценивают отношением массы примесей, содержащихся в отходах, к массе примесей, находившихся в исходной смеси до ее очистки:

$$E = (Л - В/Л)100,$$

где:  $A$  – содержание отделимой примеси в исходной смеси, кг;  $B$  - содержание отделимой примеси в зерне после очистки, кг.

Для нормальной работы воздушных сепараторов необходимы равномерная подача зерна по всей длине пневмосепарирующего канала, небольшая исходная скорость поступления зерна в канал, оптимальная скорость и равномерность воздушного потока в нем, полная герметичность машины и непрерывное удаление отходов из осаждающей камеры.

Воздушный сепаратор РЗ-БАБ (рис. 3.1), предназначенный для очистки злаковых культур от легких примесей, представляет собой вертикальный сварной корпус из листовой стали, задняя стенка которого снабжена жалюзи **8** для поступления воздуха и пневмосепарирующим каналом **6**, образованным передней стенкой корпуса и подвижной стенкой **5**. Зерновой ворох подается в пневмосепарирующий канал по вибрлотку **11**, соединенному с корпусом резиновыми подвесками и пружиной **7**. Вибрлоток приводится в колебательное движение инерционным вибратором **10**, который представляет собой электродвигатель с дебалансными грузами.

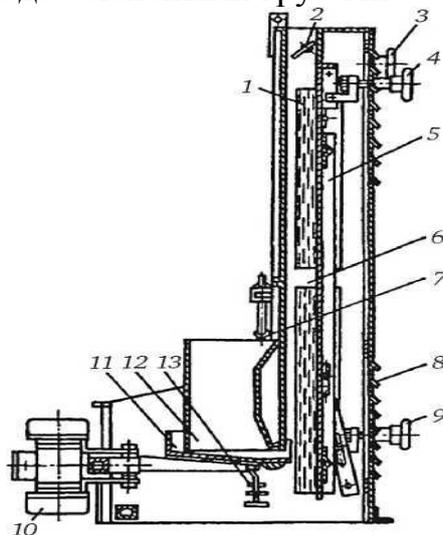


Рисунок 1.2 – Воздушный сепаратор РЗ-БАБ: 1 - смотровое окно; 2 - дроссельная заслонка; 3 - штурвал заслонки; 4,9 - штурвалы подвижной стенки; 5 - подвижная стенка; 6 - пневмосепарирующий канал; 7 - пружина; 8 - жалюзи; 10 - вибратор 11 - вибрлоток; 12 - приемная камера; 13 - ограничитель хода

Оборудование для отделения примесей.

Отделители примесей щелевого типа.

Отделение примесей (земли, камней и т. п.) осуществляется с помощью конвейеров, представляющих собой цепной транспортер, полотно которого состоит из прутьев, а расстояние между ними соответствует минимальному размеру корнеплодов. Схема отделителя примесей от потока корнеплодов состоит из загрузочного бункера 1, пруткового полотна 2, выводного транспортера 3 и контейнера для примесей 4. Работает отделитель следующим образом. С загрузочного бункера 1 корнеплоды 7 с примесями в виде комьев земли, камней, листьев, ботвы, пыли, а также мелких некондиционных корнеплодов поступают на прутковый транспортер 2. Расстояние между прутками транспортера заведомо меньше размера хорошей, кондиционной продукции. Поэтому эта продукция, попадая на прутковый транспортер 2, переносится им на выводной транспортер 3. Примесь потока в виде камней, комьев земли, мелких корнеплодов, листьев, ботвы и пыли проваливаются между прутьями 5 в контейнер 4. Примеси с размерами большими, чем расстояние между прутьями проходят вместе с кондиционной продукцией на транспортер 3, откуда они могут быть удалены вручную. Для снижения повреждаемости продукции прутья транспортера могут быть покрыты мягким материалом.

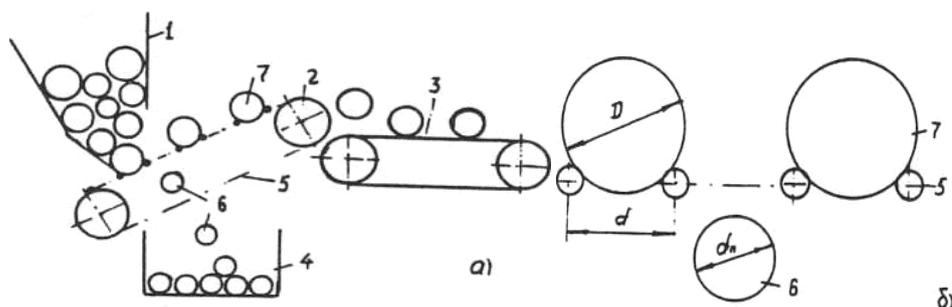


Рисунок 1.3 - Схема отделителя примесей от потока корнеплодов: 1 - загрузочный бункер; 2 - прутковый транспортер; 3 - транспортер вывода продукции; 4 - контейнер для отходов; 5 - прутья транспортера; 6 - примеси; 7 - хороший корнеплод.

Машины для выделения примесей, отличающихся от зерён основной культуры шириной и толщиной:

– ситовые сепараторы.

Используются для очистки зерновых масс от примесей, отличающихся от зерна линейными размерами.

В результате просеивания через сито исходный продукт разделяется на две фракции (части), содержащие разные по размерам частицы. Часть смеси, проходящая через отверстия сита называется проходом, оставшаяся часть, которая остаётся на сите и сходит с него – сходом. Машина отделяет примеси, которые меньше или больше зерна.

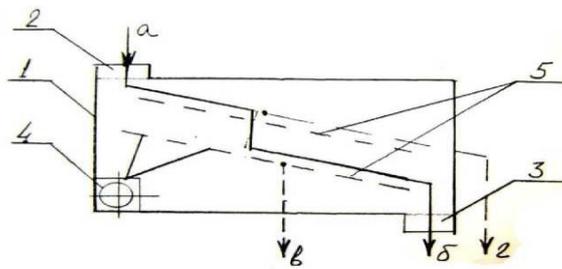


Рисунок 1.4 - Технологическая схема сепаратора: 1 - корпус; 2 - приёмное устройство; 3 - выпускные устройства; 4 - привод; 5 - рабочий орган(сита); а - исходная смесь; б - очищенное зерно; в - мелкие примеси; г - крупные примеси.

Машины для выделения примесей, отличающихся от зёрен основной культуры аэродинамическими свойствами:

– воздушные сепараторы.

Используются для выделения примесей, отличающихся от зёрен основной культуры аэродинамическими свойствами.

– сепарирование в воздушном потоке основанное на различии сопротивлений, оказываемых остальными частицами воздушному потоку.

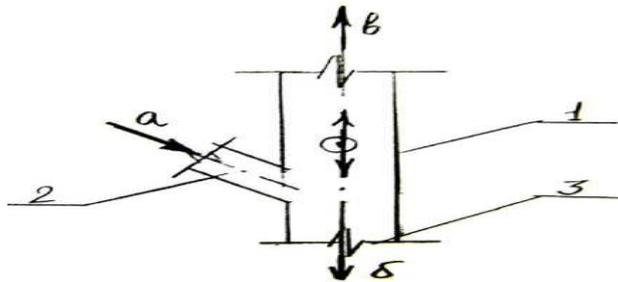


Рисунок 1.5 – Технологическая схема аспирационного канала: 1 - корпус; 2 - приёмное устройство; 3 - выпускное устройство; а - исходная смесь; б - очищенное зерно; в - лёгкие примеси(выводятся потоком воздуха)

Машины для выделения примесей, отличающихся от зёрен основной культуры длиной:

– триеры

Используются для выделения примесей, отличающихся от основной культуры длиной

При вращении цилиндра в ячеи попадают зёрна разной длины. Короткие укладываются в ячеи глубже, чем длинные и при вращении цилиндра выпадают. Они попадают в желоб и выводятся из машины шнеком.

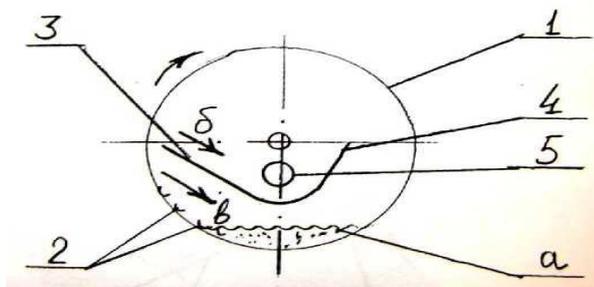


Рисунок 1.6 – Технологическая схема триера: 1 - цилиндр с ячеями; 2 - ячеи; 3 - верхняя грань желоба; 4 - желоб; 5 - шнек; а - исходная смесь; б - короткие примеси; в - длинные примеси(фракция).

## Оборудование для мойки растительного сырья

В зависимости от назначения технологическое оборудование для выполнения подготовительных операций может быть классифицировано по функционально-операционному признаку:

- для мойки сырья;
- для сортировки сырья;
- для очистки сырья от наружного покрова;
- для стерилизации питательных сред;
- для мойки тары;
- для подготовки технологического оборудования.

Отделение от посторонних примесей. Поступающее на перерабатывающие предприятия сырье представляет собой неоднородную смесь, состоящую из собственно сырья с налипшими на его поверхность загрязнениями, а также легких и тяжелых примесей. Разделить смесь на эти три составляющие – главная задача процесса. Использование в качестве движущей силы разности плотностей позволяет расположить эти составляющие на разных уровнях в разделяющей жидкой среде при плотности среды, приближающейся к плотности сырья.

Первоначальное отделение и удаление легких и тяжелых примесей происходит во время перемещения сырья по гидротранспортеру. Для этого гидротранспортеры оборудуют соломо- и пескокамнеловушками.

Типовым оборудованием для удаления легких примесей являются грабельно-цепные соломоловушки непрерывного действия. Рабочие органы соломоловушки представляют собой наборные грабли, составленные из 9-12 пластин фигурной формы с зубьями. Грабли, перемещаясь навстречу движению смеси в гидротранспортере, захватывают легкие примеси и поднимают их наверх. В верхнем положении они опрокидываются на ролик с резиновыми амортизаторами, при этом легкие примеси стряхиваются с пластин в приемник. Несущим органом, перемещающим грабли, является двухцепной транспортирующий контур в форме треугольника или прямоугольника, приводимый в движение от электродвигателя через редуктор и цепную передачу.

Для предварительного улавливания тяжелых примесей при перемещении сырья по гидротранспортеру устанавливают пескокамнеловушки, цилиндрические с перемешивающими устройствами, ротационные, элеваторные, вибрационные), так и конструкции (ковшовые, карманные).

При этом, какой бы ни была ловушка, для эффективной работы необходимо, чтобы тяжелые примеси оседали на дно гидротранспортера и перемещались по дну.

Типовым оборудованием для улавливания тяжелых примесей является ротационная ковшовая камнеловушка.

Тяжелые примеси не являются однородными, поэтому задача их удаления решается в две стадии: первая - разделение тяжелых примесей на фракции, вторая – удаление их.

В ротационных ковшовых камнеловушках непрерывного действия разделение тяжелых примесей на фракции осуществляется по ходу перемещения смеси, а их удаление – в направлении, противоположном течению смеси в гидротранспортере.

Ротационные ковшовые камнеловушки обеспечивают высокую степень отделения крупных примесей, особенно при последовательной установке сразу двух таких установок. Переход от камнеловушки к гидротранспортеру осуществляется специальным раструбом с плоскими стенками.

Они подразделяются на машины с подвижными рабочими органами и вибрационные.

Мойка является одной из основных операций, определяющих качество готового продукта и длительность его хранения. Особое внимание должно быть обращено на качество мойки сырья, непосредственно соприкасающегося с почвой.

Выбор способа ведения процесса зависит от физико-механических характеристик растительного сырья. Так, для мойки помидоров, персиков, вишен и т. п. применяется мягкий режим (без предварительного отмокания), для мойки картофеля, свеклы, моркови и т.п. используется жесткий режим (с предварительным отмоканием).

На предприятиях пищевой промышленности наиболее распространены моечные с подвижными рабочими органами машины, получившие название кулачковых.

Для отмывания прилипших загрязнений сырье необходимо перемешивать в скученном состоянии. Режим трения при этом интенсифицируется, и загрязнения отделяются. С другой стороны, для улавливания тяжелых примесей необходимо, чтобы сырье свободно перемещалось в воде, тогда тяжелые примеси могут оседать. Для удаления легких примесей зеркало воды должно быть спокойным. только в таком случае примеси всплывают и могут быть удалены.

Камнеловушки установлены также в выбрасывающем отделении, куда попадает вымытая свекла через отверстие под кулачковым валом, ополаскивается и ковшами перебрасывается в водоотделитель.

Ручное управление ловушками, общий привод кулачкового и ковшового валов, приводит при повторном включении к перегрузке электродвигателя. Более высокое качество обработки, увеличение степени удаления примесей путем интенсификации взаимного трения корнеплодов достигаются в машинах с многокамерным моечным отделением, где чередуются камеры с низким и высоким уровнями воды. Они получили название комбинированных. различаются числом камер от 2 до 8) В таких производствах, как крахмало-паточное, бродильное, где к качеству мойки предъявляются особенно высокие требования, из кулачковых применяются в основном комбинированные моечные машины. В ряде отраслей широко применяются моечные машины с вибромоечным барабаном инерционного типа с невращающейся винтовой вставкой.

Моечные машины с мягким режимом. Мягкий режим обработки растительного сырья предполагает предварительное уменьшение сил сцепления налипших на поверхность загрязнений, что достигается предварительным отмоканием. К машинам, реализующим этот режим, относятся вентиляторные, шнековая и встряхивающая.

Вентиляторные машины предназначены для мойки овощей, плодов и ягод. Машина представляет собой металлическую ванну с водой с установленным в ней наклонным транспортером-элеватором. Встряхивающая моечная машина предназначена для мойки овощей и бобовых культур, а также охлаждения их после тепловой обработки, ополаскивания картофеля после чистки, промывки нарезанного картофеля, в частности столбиков или кубиков картофеля от выступившего на поверхности крахмала.

Вентиляторные машины.

Предназначены для мойки овощей, плодов, ягод.

Принцип работы – сырьё непрерывно подаётся в металлическую ванну с водой и далее на ленту транспортера, где подвергается воздействию воды из душа и щёток.

Для турбулизации воды (интенсификация, процесса мойки) компрессором подаётся сжатый воздух в барботёр.

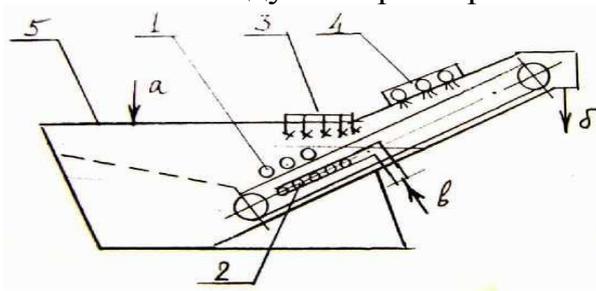


Рисунок 1.7 - Технологическая схема вентиляторной машины: 1 -роликовое полотно; 2 - барботёр воздушный; 3 - щётки; 4 - душевое устройство; 5 - металлическая ванна с водой; а - исходная смесь; б - очищенный продукт; в - воздух.

Шнековая моечная машина

Назначение - мойка крупы, зерна.

Крупа поступает в приёмное устройство и далее в машине заполненную водой. Крупа оседает на дно корпуса и транспортируется шнеком до патрубка, подающего её на вибросито. На вибросите от крупы отделяется вода. Примеси всплывают и удаляются через слив.

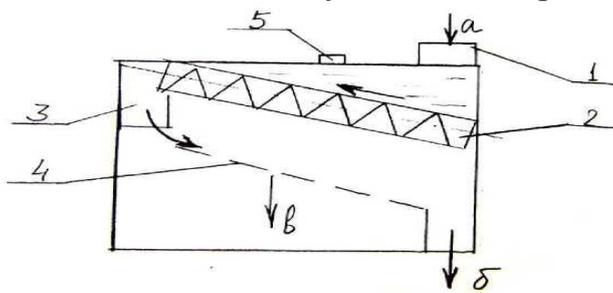


Рисунок 1.8 - Технологическая схема шнековой моечной машины: 1 - приёмное устройство; 2 - шнек для мойки; 3 - передаточный патрубок; 4 - вибросито; 5 - сливное отверстие; а - исходная смесь; б - очищенная крупа; в - вода.

Моечные машины с жестким режимом ведения процесса.

Они подразделяются на машины с подвижными рабочими органами и вибрационные.

На предприятиях пищевой промышленности наиболее распространены моечные с подвижными рабочими органами машины, получившие название кулачковых.

Для отмывания прилипших загрязнений сырье необходимо перемешивать в скученном состоянии. Режим трения при этом интенсифицируется, и загрязнения отделяются. С другой стороны, для улавливания тяжелых примесей необходимо, чтобы сырье свободно перемещалось в воде, тогда тяжелые примеси могут оседать. Для удаления легких примесей зеркало воды должно быть спокойным. только в таком случае примеси всплывают и могут быть удалены.

Наибольшее распространение из машин старой конструкции получили кулачковые моечные машины системы. Они имеют одно моечное отделение. Перемещение и перемешивание сырья осуществляются стальными кулаками, насаженными по винтовой линии на вал. Дно моеющего отделения двойное: сетчатое и сплошное. Песок и земля проходят через сетчатое дно и попадают в песколовушки, из которых они периодически удаляются вместе с водой при открывании клапана. Камни и другие примеси, которые не прошли через сетку, попадают в камнеловушки, закрепленные в сетчатом днище. Чтобы свекла не попадала в камнеловушки, снизу подается вода из водобоя и препятствует оседанию более легкой свеклы, но не мешает оседанию более тяжелых примесей. Клапаны камнеловушек открывают при закрытых секторах, перекрывающих люки.

Камнеловушки установлены также в выбрасывающем отделении, куда попадает вымытая свекла через отверстие под кулачковым валом, ополаскивается и ковшами перебрасывается в водоотделитель.

Ручное управление ловушками, общий привод кулачкового и ковшового валов, приводит при повторном включении к перегрузке электродвигателя. Более высокое качество обработки, увеличение степени удаления примесей путем интенсификации взаимного трения корнеплодов достигаются в машинах с многокамерным моечным отделением, где чередуются камеры с низким и высоким уровнями воды. Они получили название комбинированных. различаются числом камер от 2 до 8) В таких производствах, как крахмало-паточное, бродильное, где к качеству мойки предъявляются особенно высокие требования, из кулачковых применяются в основном комбинированные моечные машины. В ряде отраслей широко применяются моечные машины с вибромоечным барабаном инерционного типа с невращающейся винтовой вставкой.

#### Оборудование для мойки тары

В пищевых производствах применяется тара герметичная металлическая (жестяная и алюминиевая), стеклянная (банки, флаконы, бутылки и бутыли).

Оборудование для мойки жестяной тары. Оно значительно проще, чем для мойки стеклянной тары, потому что жестяная тара поступает в технологические цехи непосредственно из жестянобаночных цехов. В камерной установке для мойки цилиндрической жестяной тары банки катятся по направляющим уголкам, угол наклона которых можно изменять по отношению к корпусу. Для мойки различных по высоте банок предусмотрена возможность изменения расстояния между уголками. Пар и вода подаются соответственно в паровой и водяной барботеры для обработки внутренней поверхности банок по ходу их перемещения в камере. Наружная поверхность банок подвергается шпарке. Вода, стекающая с банок, попадает в коническую воронку и отводится в канализацию.

Оборудование для мойки стеклянной тары. Процесс мойки можно вести с предварительным отмоканием и без него. Загрязнения удаляются гидродинамическим воздействием струи моющего раствора и обработкой щетками и ершами. Автоматы для мойки стеклянной тары подразделяются по способу ведения процесса на отмочно-шприцевальные, шприцевальные и щеточные; по числу отмочных ванн; по типу несущего органа – конвейерные, барабанные и карусельные. Наибольшее распространение получили отмочно-шприцевальные автоматы с транспортирующими цепными контурами сложной геометрии для мойки бутылок и банок, которые устроены принципиально одинаково. Автомат представляет собой сварную конструкцию в которой в соответствии со стадиями обработки тары размещены внизу две отмочные ванны и в верхней части располагаются шприцевальные устройства для обработки щелочными растворами, теплой и холодной водой и ванны для сбора моющих жидкостей. В нижних ваннах установлены теплообменники для подогрева растворов и сетчатый барабан для удаления из ванны смытых этикеток.

Загрязненная тара подается пластинчатым транспортером и переносится валиками механизма загрузки, вращающимися в одном направлении, к криволинейным направляющим и планками задвигается в кассету двухцепного транспортера. В бутылкомоечных автоматах для уменьшения термического боя бутылки дважды орошаются: первый раз на столе загрузки водой температурой 25-30°C, второй раз перед входом в первую отмочную ванну слабощелочной водой температурой 40-45°C.

Оборудование для сортировки сырья

Ступенчатое калибровочное устройство.

Сортировка плодов

Продукт подаётся в калибрующую головку с парами вращающихся ступенчатых валиков. В первую очередь выпадают мелкие плоды, затем крупные. Из сборников продукт транспортируется на переработку. Валики вращаются в противоположных направлениях

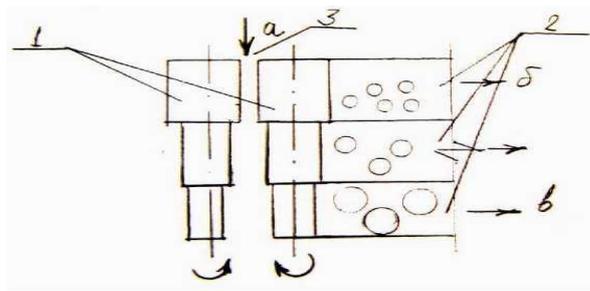


Рисунок 1.9 – Технологическая схема ступенчатого калибровочного устройства: 1 - ступенчатые валики; 2 - ленточные транспортёры; 3 - приёмное устройство; а - исходная смесь; б - мелкие плоды; в - крупные плоды.

Весовое калибровочное устройство.

Используется для калибровки (сортировки) плодов.

При движении опорный палец чаши скользит по направляющей. В разрывах направляющей помещены ножи весового устройства. Если момент силы, издаваемый чашей с плодом превысит момент груза  $G_b > P_a$ , нож вместе с пальцем опускается, чаша опрокидывается, плод выпускает в приёмник.

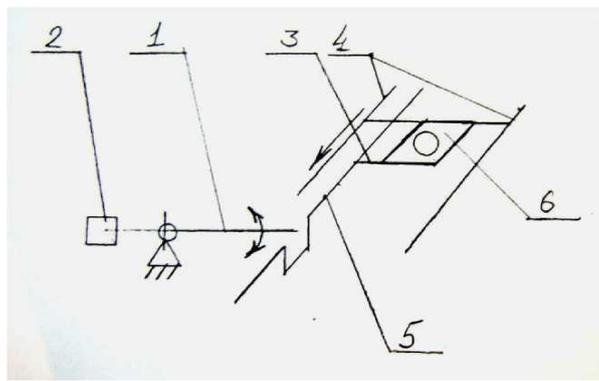


Рисунок 1.10 – Технологическая схема весового калибровочного устройства: 1 - нож; 2 - груз; 3 - опорный палец; 4 - двухцепной транспортёр; 5 - направляющая; 6 - чаша

Устройства сортирования плодоовощной продукции и корнеплодов по качеству.

Сортирование по качеству – процесс разделения потока продукции на группы (сорта, категории) с близкими показателями качества.

Сортирование по качеству включает в себя оценку внутреннего качества продукции (химический состав), качества поверхности и размера.

Сортирование по химическому составу (по предельно-допустимым нормам вредных веществ, болезням и вредителям внутри продукции) осуществляется путем объективной или органолептической оценки выборки продукции с распространением результата на всю партию (приемочный контроль). Для этих целей не существует механизмов и машин.

Сортирование по качеству поверхности выполняется по каждому плоду (овощу, корнеплоду) всей партии. Для осуществления этой операции каждый плод подвергается внешнему осмотру по всей его поверхности. В зависимости от вида продукции и показателей качества возможна ручная, механизированная и автоматизированная сортировка.

Автоматизированная сортировка осуществляется автоматическим устройством без участия или с частичным участием человека.

При автоматической сортировке вместо человека используют автоматическое оптическое устройство, позволяющее определять качество поверхности плода без его повреждения, по аналогии как это делает человек. Достаточно широко в мировой практике используются оптические сортировки по цвету поверхности продукции (томаты, перец и т. п.).

Устройство для сортирования продукции (томаты, яблоки, перец, вишня) по цвету его поверхности приведено на рисунке 6.17.

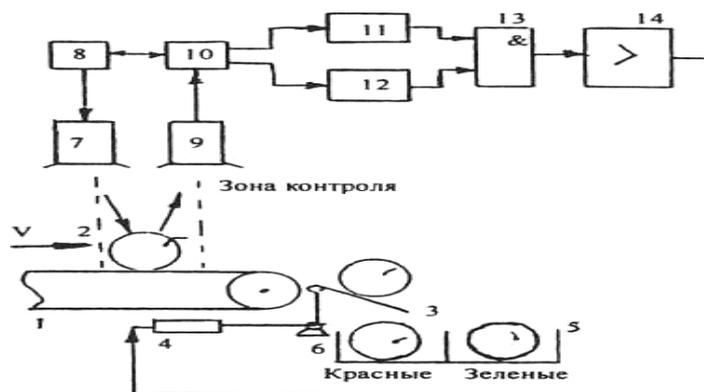


Рисунок 1.11 – Устройство для сортирования продукции по цвету: 1 - транспортер; 2 - сортируемый плод; 3 - направляющая заслонка исполнительного устройства; 4 - привод исполнительного устройства; 5 - тара для зеленых плодов; 6 - тара для красных плодов; 7 - двухдиапазонный осветитель; 8 - устройство управления осветителем; 9 - фотоприемник; 10 - устройство выделения координат цветности  $x$  и  $y$ ; 11, 12 - устройство сравнения координат; 13 - устройство принятия решения о цвете продукта; 14 - усилитель.

Работа устройства. Транспортер 1 подает сортируемые плоды 2 в зону контроля под осветитель 6 и фотоприемник 7. В момент нахождения плода в зоне контроля осветитель облучает последний попеременно зеленым и красным светом.

Отраженный от поверхности плода поток излучения воспринимается фотоприемником 9, на выходе которого имеется напряжение, пропорциональное величине красного или зеленого отраженного потока.

Устройство выделения координат 10 в момент облучения плода красным светом вычисляет оптическую координату  $x$ , а в момент облучения зеленым светом -  $y$  по формулам

$$x = F_x / (F_x + F_y) ; \quad y = F_y / (F_x + F_y)$$

После удаления посторонних примесей и калибровки сырье подается на очистку. Очистку производят для удаления кожицы плодов, овощей и клубнекорнеплодов и таких несъедобных частей сырья, как плодоножки, косточки, семенные гнезда. Очистка от кожицы ведется механическим, физическим, химическим и комбинированным. Физический способ включает как паровую очистку и очистку обжигом, так и водопаровую и пароводотермическую. Комбинацией различных способов является щелочно-паровая очистка.

При бланшировке перед сушкой резаных овощей применяют механический, паровой или щелочно-паровой способ очистки. При бланшировке овощей в целом виде и резке бланшированных овощей применяют пароводотермический способ.

Механический способ широко распространен для очистки от кожуры картофеля, корнеплодов – свеклы, моркови, белых кореньев, лука, т. е. сырья, имеющего грубую кожу и плотную мякоть. При механическом способе очистку выполняют за счет сил трения, возникающих в зоне контакта продукта с шероховатыми очистительными поверхностями машин.

Наибольшее распространение получили абразивные картофелечистки периодического действия. Машина представляет собой неподвижную чугунную цилиндрическую рабочую камеру, внутренняя поверхность которой имеет чередующиеся выступы и впадины, которые препятствуют одновременному вращению продукта и диска. Поверхность диска покрыта абразивной массой, состоящей из 60% кремния, 20% магнезита и 20% соляной кислоты. Размер зерен кремния от 2 до 5 мм.

Физический способ очистки. Сущность физического, в частности парового, способа очистки состоит в том, что при кратковременной обработке овощей паром давлением 0,4 - 0,7 МПа поверхностный слой ткани проваривается на глубину 1-1,5 мм, а при резком снижении давления кожура растрескивается и легко отслаивается, смываясь при последующей мойке водой.

#### Оборудование для очистки растительного сырья от наружного покрова.

Абразивная картофелечистка (периодического действия) - для очистки кожуры картофеля, корнеплодов(свеклы, моркови).

Продукт загружают периодически через люк 1. Разгрузка осуществляется на ходу через окно 2 под действием центробежной силы. Для смыва разрушенной кожуры подается вода через форсунку 3. Кожуры выводится через патрубок 5.

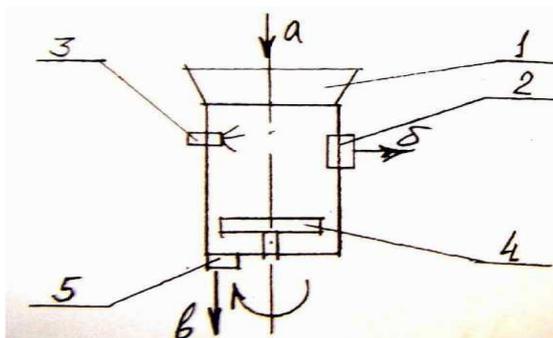


Рисунок 1.12 – Технологическая схема абразивной картофелечистки: 1 - люк; 2 - окно; 3 - форсунка; 4 - диск абразивный; 5 - сливной патрубок; а - исходный продукт; б - очищенный от кожуры продукт; в - кожура с водой.

#### Оборудование для стерилизации питательных сред

Стерилизации питательных сред, подготовке их к основному технологическому процессу производства аминокислот, витаминов, ферментов отводится особое место среди подготовительных операций. Цель стерилизации – удаление нежелательных микроорганизмов. При

периодическом ведении процесса стерилизации можно использовать оборудование для культивирования микроорганизмов глубинным способом - ферментаторы. Установка для непрерывной стерилизации состоит из включенных последовательно стерилизационной колонки выдерживателя и теплообменника. При прохождении через стерилизационную колонку температура среды должна достичь требуемой величины, поэтому этот аппарат получил также название подогревателя. Длительность стерилизации должна соответствовать продолжительности перекачивания среды через выдерживатель.

#### Оборудование для мойки тары

В пищевых производствах применяется тара герметичная металлическая (жестяная и алюминиевая), стеклянная (банки, флаконы, бутылки и бутыли).

Оборудование для мойки жестяной тары. Оно значительно проще, чем для мойки стеклянной тары, потому что жестяная тара поступает в технологические цехи непосредственно из жестянобаночных цехов. В камерной установке для мойки цилиндрической жестяной тары банки катятся по направляющим уголкам, угол наклона которых можно изменять по отношению к корпусу. Для мойки различных по высоте банок предусмотрена возможность изменения расстояния между уголками. Пар и вода подаются соответственно в паровой и водяной барботеры для обработки внутренней поверхности банок по ходу их перемещения в камере. Наружная поверхность банок подвергается шпарке. Вода, стекающая с банок, попадает в коническую воронку и отводится в канализацию.

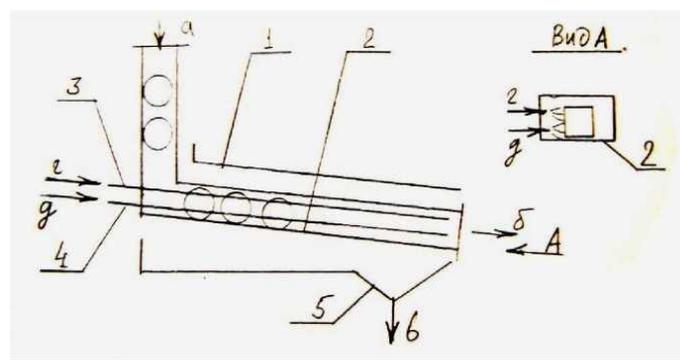


Рисунок 1.13 – Технологическая схема установки для мойки тары: 1 - корпус; 2 - направляющие; 3 - паровой барботёр; 4 - водяной барботёр; 5 - воронка; ф - подача тары на мойку; б - чистая тара; в - вода; г - пар; д - горячая вода

#### Оборудование для мойки стеклянной тары.

Процесс мойки можно вести с предварительным отмоканием и без него. Загрязнения удаляются гидродинамическим воздействием струи моющего раствора и обработкой щетками и ершами. Автоматы для мойки стеклянной тары подразделяются по способу ведения процесса на отмочно-шприцевальные, шприцевальные и щеточные; по числу отмочных ванн; по типу несущего органа-конвейерные, барабанные и карусельные. Наибольшее распространение получили отмочно-шприцевальные автоматы с транспортирующими цепными контурами сложной геометрии для мойки

бутылок и банок, которые устроены принципиально одинаково. Автомат представляет собой сварную конструкцию в которой в соответствии со стадиями обработки тары размещены внизу две отмочные ванны и в верхней части располагаются шприцевальные устройства для обработки щелочными растворами, теплой и холодной водой и ванны для сбора моющих жидкостей. В нижних ваннах установлены теплообменники для подогрева растворов и сетчатый барабан для удаления из ванны смывых этикеток.

Загрязненная тара подается пластинчатым транспортером и переносится валиками механизма загрузки, вращающимися в одном направлении, к криволинейным направляющим и планками задвигается в кассету двухцепного транспортера. В бутылкомоечных автоматах для уменьшения термического боя бутылки дважды орошаются: первый раз на столе загрузки водой температурой 25-30 °С, второй раз перед входом в первую отмочную ванну слабощелочной водой температурой 40- 45°С.

Санитарная обработка оборудования

Цель ее состоит в удалении загрязнений и уничтожении микроорганизмов, для которых остатки продукта являются питательной средой. Микрофлора может заноситься при обработке внутренних поверхностей аппаратов (вакуум-аппаратов, ферментаторов, реакторов, смесителей и т. п.) вручную.

Для обработки внутренних стенок и устройств в аппаратах различной вместимости и назначения предназначена механизированная установка. Она состоит из трубопровода для подачи моющих растворов, реактивной турбинки, соединенной с трубопроводом при помощи муфты. Ввод трубопровода в аппарат осуществляется через фланец на штуцере

В трубопровод под давлением 0,3-0,4 МПа подается моющий раствор, который под действием реактивных сил вращает турбинку, разбрызгивается и обмывает внутреннюю поверхность аппарата. В верхней части сопел турбинки находятся отверстия позволяющие обмывать верхнюю поверхность аппарата. Требуется уделить особое внимание обработке труднодоступных мест, рабочих органов, отверстия в которых забиваются продуктом, а также лотков и форм, в которых при тепловой обработке продукт спекается с их поверхностью.

Мойка и сушка лотков на хлебозаводах производятся в машинах конвейерного или роторного типа, осуществляющих последовательную обработку лотков раствором соды, горячей и холодной водой и паром. На некоторых хлебозаводах применяют установки для обжига хлебных форм с использованием метода объемного термического обезвреживания отходящих дымовых газов.

Особое внимание следует уделять санитарной обработке трубопроводов для жидких пищевых продуктов. Такие трубопроводы моют горячей водой и щелочными растворами не разбирая.

### Контрольные вопросы

1. Наиболее используемые материалы и сплавы для изготовления оборудования пищевых производств.
2. Составляющие технологической машины.
3. Оборудование для выгрузки сырья.
4. Оборудование для отделения посторонних примесей.
5. Типы моечных машин.
6. Оборудование для мойки тары.
7. Оборудование для сортировки сырья.
8. Оборудование для очистки растительного сырья от наружного покрова.
9. Оборудование для мойки сырья.

### **Раздел 2. Технологическое оборудование для механической переработки сельскохозяйственной продукции и полуфабрикатов разделением.**

Производственное оборудование, предназначенное для выполнения технологических операций по переработке сырья в пищевые, кормовые и технические продукты, называют технологическим оборудованием.

Технологическое оборудование, в котором обрабатываемый продукт, не изменяя своих физико-химических и других свойств, изменяет только форму, размеры и т. п., называют машиной. Конструктивная особенность машин – наличие движущихся исполнительных органов, которые механически воздействуют на обрабатываемый продукт.

Технологическое оборудование, в котором обрабатываемый продукт изменяет свои физико-химические свойства или агрегатное состояние, называют аппаратом.

Конструктивная особенность аппарата – наличие определенного пространства (объема) - рабочей камеры (резервуара), в которой происходит воздействие на продукт с целью изменения его свойств. Кроме того, для работы аппаратов применяют различные рабочие жидкости (холодную и горячую воду), газ, пар, паровоздушную смесь, дым и т. д., которые называются тепло- или хладагентами. Взаимодействие рабочей жидкости и обрабатываемого продукта в аппарате может происходить прямым контактом и непрямим. Последнее, как правило, осуществляется через разделяющую поверхность (стенку).

В зависимости от характера цикла работы оборудования оно бывает периодического, полунепрерывного и непрерывного действия. В оборудовании периодического действия продукт подвергается воздействию в течение определенного времени, после которого он выгружается. В оборудовании полунепрерывного действия загрузка продукта и воздействие на нее осуществляются непрерывно в течение всего рабочего цикла, а выгрузка – через определенные промежутки времени. В оборудовании

непрерывного действия загрузка, обработка и выгрузка продукта осуществляются одновременно.

В зависимости от соотношения вспомогательных и основных операций оборудование может быть неавтоматического, полуавтоматического и автоматического действия. В неавтоматическом оборудовании вспомогательные и частично основные операции выполняют с применением ручного труда (оборудование для обработки кишок). В полуавтоматах основные операции выполняет оборудование, а вспомогательные – рабочий. В автоматах все операции выполняются оборудованием.

В зависимости от сочетания технологического оборудования в производственном потоке различают отдельные единицы (выполняют одну операцию); агрегаты (выполняют последовательно различные операции); комбинированное оборудование (выполняет законченный цикл операций) и поточные автоматические линии (выполняют все технологические операции в непрерывном потоке).

Любая единица технологического оборудования состоит из следующих частей: станины (корпуса, рамы, фермы и т. п.), устройства или узлов загрузки (выгрузки) продукта, защиты (блокировки), привода и исполнительного (передаточного) механизма и исполнительных органов.

Станина. Предназначена для крепления всех частей оборудования, и том числе дополнительных устройств (транспортирования, подъема и т. п.), необходимых для работы оборудования. В отдельных видах оборудования (сепараторы и др.) станина кроме основного назначения служит устройством (картером), в котором находится смазка для исполнительного механизма.

Устройство загрузки (выгрузки). Осуществляет периодическую или непрерывную подачу продукта в оборудование, а также может обеспечивать его дозирование по объему или массе в зависимости от требований технологического процесса.

Устройство защиты (блокировки). Предназначено для предотвращения неправильного или несвоевременного включения или отключения отдельных частей оборудования и предохранения их от разрушения при аварии.

Привод. Предназначен для передачи движения через исполнительный механизм на исполнительные органы оборудования. В качестве привода применяют электрические, гидравлические и пневматические.

Исполнительный (передаточный) механизм. Предназначен для передачи движения от привода к исполнительным органам технологического оборудования. Исполнительный механизм характеризуется условиями работы исполнительных органов. Исполнительные механизмы (передаточные устройства) бывают жесткими и гибкими.

Исполнительные органы. Они предназначены для непосредственного оказания на обрабатываемый продукт энергетического (механического, теплового) воздействия или создания условий, обеспечивающих взаимодействие продукта с рабочими средами или энергетическими полями.

По конструкции исполнительные органы бывают лопастными, шнековыми и винтовыми, барабанными, вальцовыми, мембранными и шланговыми, цепными, ленточными, тросовыми, сетчатыми, фрикционными, в виде пары цилиндр-поршень, сопловыми, форсуночными и дисковыми.

По способу воздействия исполнительные органы можно разделить на очищающие, режущие, ударные, стирающие и теплопередающие.

Лопастные исполнительные органы применяют в насосах, мешалках, прессах, шприцах и другом оборудовании. Они бывают двух- и многолопастными, горизонтальными или вертикальным (в зависимости от расположения оси приводного вала), а также эксцентриковыми, с наклонными лопастями и др.

Шнековые и винтовые исполнительные органы наиболее широко по сравнению с другими распространены в технологическом оборудовании мясной промышленности, а именно: в насосах, измельчителях, прессах, шприцах, мешалках и смесителях, дозировочно-формовочных машинах, а также устройствах для загрузки машин и аппаратов.

Барабанные исполнительные органы устанавливают в машинах для мойки и очистки туш скота, посолочных барабанах для шкур, фильтрах, прессах, смесителях, измельчителях, сушилках, стерилизаторах.

Вальцовые исполнительные органы применяют в оборудовании для удаления щетины, отжимных вальцах, шлямовочных и шлямодробильных. пензеловочных машинах и машинах окончательной очистки кишок, а также в дробилках, прессах, сушилках и др. они могут служить загрузочными и транспортирующими устройствами в оборудовании.

Мембранные и шланговые исполнительные органы применяют в насосах и устройствах для подачи рассола при шприцевании окороков и др.

В качестве шланговых исполнительных органов используют трубки (шланги) из мягкой, прочной и эластичной резины.

Цепные, тросовые, ленточные и сетчатые исполнительные органы применяют в основном в подъемно-транспортном оборудовании, а сетчатые — в фильтрах.

Фрикционные исполнительные органы устанавливают в элеваторах, прессах, дымогенераторах, устройствах подъема грузов и др.

Исполнительные органы в виде пары цилиндр-поршень применяют в насосах, шприцах, прессах, формовочном, дозировочном, наполнительном и другом оборудовании.

Сопловые исполнительные органы используют в струйных и вихревых устройствах (насосах). Сопло по конструкции представляет собой специально спрофилированный закрытый канал для разгона жидкости или газа и придания потоку заданного направления.

Форсуночные и дисковые исполнительные органы применяют в машинах и аппаратах для мойки туш, полутуш, шкур, шпарильных чанах и ваннах для полущпарки, опалочных печах, горелках. Форсунка представляет собой устройство с одним или несколькими отверстиями для

распыления жидкости. Различают струйные, центробежные, струйно-центробежные, одно- и двухкомпонентные форсунки.

Очищающие исполнительные органы используют в машинах для мойки туш, скребмашинах, центробежных машинах и очистителях для шерстных и слизистых субпродуктов, а также и машинах для очистки кишок.

Режущие исполнительные органы применяют в основном в оборудовании для измельчения, а также в машинах для разрубки голов, обрубки рогов, отделения конечностей, мездрильных и др. По конструкции они представляют собой одиночные и парные ножи (режущие механизмы). Основная часть ножа - лезвие. Форма лезвий может быть прямой, изогнутой или зубчатой, а заточка - односторонней, двухсторонней: симметричной или асимметричной.

Ударные и истирающие исполнительные органы применяют в дробилках, мешалках, измельчителях и другом оборудовании.

Теплопередающие исполнительные органы применяют в аппаратах для тепловой обработки. В зависимости от конструкции они бывают рубашечными, трубчатыми, пластинчатыми и комбинированными.

Центробежные исполнительные органы применяют в центробежных машинах для обработки шерстных субпродуктов, сепараторах, центрифугах, измельчителях, сушилках, циклонах и др.

Подъемно-транспортное оборудование занимает важное место в работе мясокомбината и объединяет три большие группы: подвесное транспортное оборудование (подвесные пути), оборудование для напольного транспортирования и оборудование для напорного транспортирования продуктов.

Подвесное транспортное оборудование предназначено для транспортирования продуктов переработки скота во время технологического процесса внутри одного цеха, передачи мясопродукции в другие цехи и склады. Для обслуживания подвесного транспортного оборудования применяют различное подъемное оборудование.

Подвесное транспортное оборудование делят на два типа: подвесные пути и подвесные конвейеры. Основные конструктивные элементы подвесных путей – каркас, подвески, рельс, грузонесущий орган и стрелки. Подвесные конвейеры кроме этого имеют тяговый орган, приводную, натяжную и оборотную станции. Перемещение груза на подвесных путях может осуществляться вручную, под действием силы тяжести (наклонные пути) и при помощи других транспортных средств (электропогрузчиков, штабелеров и т. д.). На подвесных конвейерах груз перемещается тяговым органом, который получает движение от приводной станции.

Каркас предназначен для крепления подвесок, приводной и натяжной станции и направляющих устройств. Он состоит из путевых балок, к которым крепятся подвески, и главных балок. Последние крепятся или опираются на детали строительной конструкции здания. При отсутствии каркаса подвески крепятся непосредственно к перекрытию здания – бескаркасные конвейеры.

Грузонесущие органы могут быть съемными и свободно сидящими на рельсе или со встроенными в цепь роликами с грузонесущим звеном. Роликовые грузонесущие органы могут быть с одним или двумя роликами. Уход за ходовыми роликами заключается в их очистке, мойке, смазке и ремонте.

Стрелки предназначены для перевода грузонесущего органа с одного рельса на другой при разветвлении или слиянии рельсов. Их конструкция зависит от профиля сечения рельса, направления движения (одно- или двухстороннее) и способа управления (ручной, дистанционный). Основные детали стрелки – корпус, верхняя откидная плита и нижняя выдвижная плита. В зависимости от направления стрелки бывают правые и левые. Тяговые органы в подвесных конвейерах – пластинчатые и сварные цепи и канаты (тросы).

### **2.1. Оборудование предприятий по первичной переработке животноводческой продукции.**

Оборудование для переработки продукции животноводства можно классифицировать на следующие группы:

- линии убоя скота и птицы;
- для первичной обработки туш свиней;
- обработки продуктов убоя скота и птицы;
- механической обработки мясного сырья;
- тепловой обработки мясного сырья;
- упаковывания мяса и мясных продуктов.

Более подробная классификация, например, оборудования для механической обработки мясного сырья, позволяет разделить его на оборудование для измельчения мяса и шпика, перемешивания мясного сырья, посола мяса и формования мясных продуктов.

Оборудование для обработки и переработки молока по общей классификации делится на оборудование:

- для транспортирования, приемки и хранения молока;
- механической обработки молока;
- тепловой обработки молока;
- производства сливочного масла;
- производства творога;
- производства сыра;
- производства мороженого;
- производства сгущенных молочных продуктов;
- производства сухих молочных продуктов;
- фасования и упаковывания молока и молочных продуктов.

В качестве примера можно также привести общую классификацию оборудования зерноперерабатывающих предприятий. По функциональному признаку и способу воздействия на продукт оно делится на сепарирующее,

весодозирующее, смешивающее, измельчающее, формующее, а также оборудование для гидротермической обработки (ГТО) зерна.

Оборудование для оглушения скота и птицы.

Боксы и конвейеры для оглушения.

Оглушение выполняют с целью обездвиживания животного, лишения его чувствительных восприятий в период посадки на подвесной путь и проведения обескровливания.

Существуют следующие способы оглушения животных: поражение нервной системы электрическим током, поражение головного мозга механическим воздействием, анестезирование диоксидом углерода или иными химическими веществами.

Простейшим механическим способом оглушения животного является удар в лобную часть его головы молотом (деревянным или пневматическим), а также с помощью различных аппаратов, стреляющих пулями или специальными стержнями. Для оглушения свиней применяют гидравлические установки, в которых струя воды под давлением 150...200 МПа воздействует на лобную часть животного в течение 0,01...0,02 с. Одним из видов механического оглушения животных, при котором разрушается спинной мозг, является удар стилетом (специально изготовленный нож в виде кинжала) в промежуток между первым шейным позвонком - атлантом и затылочной костью.

Оглушение животных электрическим током получило наибольшее распространение.

Свиней оглушают током промышленной или повышенной частоты.

Аппараты для оглушения скота установлены в боксах, которые в зависимости от конструктивных особенностей и вида обрабатываемых животных делят на полуавтоматические и автоматические, одинарные и двойные, периодического и непрерывного действия, специализированные (для одного вида животных) и универсальные.

Аппараты для электрооглушения птицы. В аппаратах для электрооглушения птицы ток подводится чаще всего к ногам и голове, но существуют способы подвода тока с двух сторон к голове или к шее и голове птицы. Электрооглушение проводят при движении подвешенной за ноги птицы на конвейере первичной переработки, при этом аппараты устанавливаются под конвейером. Унифицированный аппарат (рис.3.3.) предназначен для электрооглушения кур, бройлеров, уток, гусей и индеек.

Установки открытого и закрытого типов для обескровливания туш животных.

Оборудование для обескровливания птиц.

Закол и обескровливание крупного рогатого скота и свиней проводят в вертикальном или горизонтальном положении, а мелкого рогатого скота – только в вертикальном.

Для закола и обескровливания применяют простые и полые ножи. Полые ножи Я2-НП-1 для обескровливания крупного рогатого скота (рис.

4.1, а) и Я2-НП-2 – свиней (рис. 4.1, б) аналогичны по конструкции и различаются размерами. Полый нож представляет собой трубу 2, к которой приварен заостренный трехгранный наконечник 1, боковые отверстия которого соединены с внутренней полостью трубы. Для лучшего отвода крови делают отверстия овальной 3 или круглой 5 формы. Круглая пластина 4 служит ограничителем при вводе ножа и одновременно закрывает рану. На свободный торец трубы может быть надет резиновый или пластмассовый шланг для отвода крови.

Кровь крупного рогатого скота и свиней собирают и используют на пищевые, медицинские и технические цели, а мелкого рогатого скота – только на технические. При сборе технической крови она после закола стекает в поддоны и желоба, смонтированные под конвейером обескровливания, и оттуда самотеком или насосами передается в баки-сборники. Для предотвращения свертывания крови в поддоны или баки-сборники подается стабилизирующий раствор.

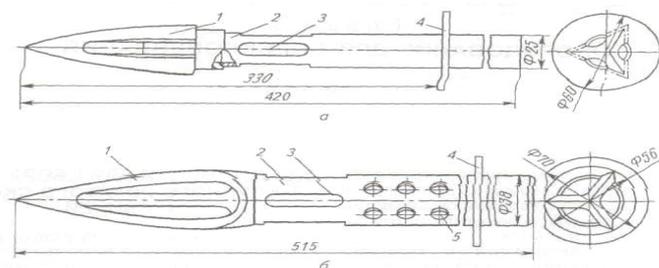


Рисунок 2.1 - Полые ножи для обескровливания: а - крупного рогатого скота; б - свиней; 1 - наконечник; 2 - труба; 3 - овальное отверстие; 4 - ограничитель; 5 - круглое отверстие; б - расширитель.

Сбор крови на пищевые цели осуществляют с помощью полых ножей в установках открытого или закрытого типа при атмосферном давлении или с использованием вакуума. Вакуум применяют в открытых и закрытых установках для интенсификации обескровливания. Пониженное давление в системе может привести к закупориванию отверстий полого ножа и сужению кровеносных сосудов, а следовательно, к ухудшению оттока крови. Поэтому применяют пульсацию давления в ритме работы сердца. После закола животного полым ножом кровь по шлангу сливается в емкости (тазики, бидоны, баки-сборники и др.), где выдерживается до тех пор, пока не будет получено заключение ветсанэксперта о ее пригодности к использованию на пищевые или технические цели. Заключение ветсанэксперта поступает после полного обследования органов животного на конвейере первичной обработки, т. е. в течение 25...30 мин.

В установках открытого типа кровь выдерживают в негерметичных емкостях, а закрытого типа - в герметичных, под вакуумом. В обоих случаях отвод крови может быть произведен без вакуума или с применением вакуума.

Установки для механической съемки шкур бывают периодического и непрерывного действия. В установках периодического действия туша при съемке шкуры находится в неподвижном состоянии; в установках

непрерывного действия шкуру снимают в процессе движения туши на конвейере.

Установка для снятия шкур с туш крупного рогатого скота периодического действия А1-ФУУ состоит из механизма снятия шкуры, фиксатора и станции гидропривода фиксатора.

Механизм снятия шкуры включает следующие основные узлы: металлическую ферму с направляющими специального профиля для тяговой цепи, тяговую цепь с крюками, приводную, натяжную и поворотную звездочки и привод тяговой цепи.

Туша по подвесному пути подается к месту снятия шкуры и с помощью фиксатора растягивается. Для этого передние конечности туши захватывают цепями, а другие концы цепи надевают на крюки каретки при ее нахождении в крайнем верхнем положении. Перемещаясь по направляющим вниз, каретка растягивает тушу. Работой фиксатора управляют с помощью реверсивного золотника.

Фиксатор с гидроприводом обеспечивает равномерное натяжение туши с усилием до 15 кН на протяжении всей съемки шкуры, компенсируя удлинение туши ее постоянным подтягиванием.

Сам процесс съемки шкуры осуществляется при движении тяговой цепи механизма, на крюк которой набрасывают приспособление для захвата шкуры. Снятая шкура падает на стол, где ее освобождают от приспособления, которое передают к месту фиксации следующей туши. Туша без шкуры конвейером перемещается на следующий технологический участок.

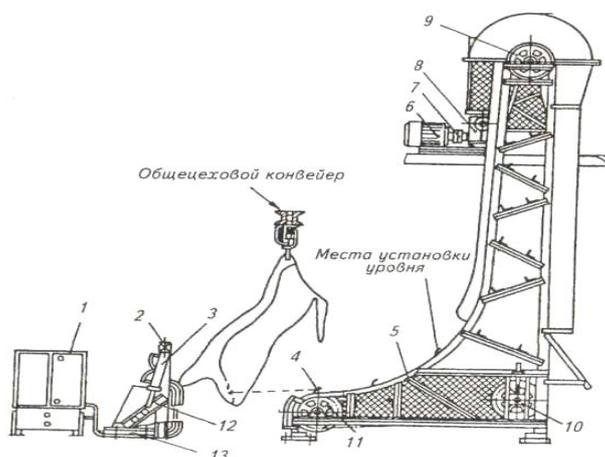


Рисунок 2.2 - Установка для съемки шкур с туш крупного рогатого скота А1-ФУУ: 1— станция гидропривода фиксатора; 2 - фиксатор; 3- гидроцилиндр; 4 - тяговая цепь; 5- механизм снятия шкуры; 6 - электродвигатель; 7 - муфта; 8 - редуктор; 9 - приводная звездочка; 10 - натяжная звездочка; 11 - поворотная звездочка; 12 - каретка; 13 - рама фиксатора

### Контрольные вопросы

1. Устройства загрузки и выгрузки.
2. Подъемно-транспортное оборудование
3. Оборудование для оглушения скота и птицы.
4. Оборудование для обескровливания птиц.

## **2.2. Оборудование для механической переработки сельскохозяйственной продукции разделением.**

### Измельчение материалов

Измельчением называется процесс разделения твердых тел на части под действием механических сил или тепла. Процесс измельчения широко применяется в спиртовом, пивоваренном, крахмало-паточном, свеклосахарном, мясном, мукомольном, консервном и других производствах. Если требуется уменьшить размеры кусков без придания им определенной формы, процесс измельчения называется дроблением; если же одновременно с уменьшением размеров кусков им придается определенная форма, процесс измельчения называется резанием.

При производстве колбасных, кулинарных, консервных мясoproдуктов, пищевых животных жиров, клея, желатина используется оборудование для измельчения. Это ТО делится на оборудование для измельчения твердого сырья мясокостного, мороженого мяса, специй - то силовые измельчители, дробилки, измельчители кости и специй и обор-е для измельчения мягкого сырья – (мышечной, жировой и соединительной ткани) – коллоидные мельницы, волчки, куттеры, шпигорезки. Исполнительным органом для измельчения является режущий механизм. Для среднего измельчения кости и смеси используется силовой измельчитель, для измельчения твердого сырья волчок-дробилка, центробежная роторная дробилка, дробильная установка непрерывного действия, для измельчения блоков замороженного мяса машина Б9-ФДМ-01, измельчитель Я2-ФРЗ-М; для измельчения специй перцемолка. Для измельчения мягкого сырья используются волчки (для мелкого и среднего измельчения сырья) напр. волчок К6-ФВП-120, К7-ФВП-160-2, модульный агрегат ВШ-82. Шпигорезки бывают с дисковыми или пластинчатыми ножами, горизонтальные и вертикальные. Например, горизонтальная гидравлическая шпигорезная машина, для измельчения мяса и шпика машина Я2-ФИА. Для тонкого измельчения мясного мягкого сырья и превращения его в однородную гомогенную массу используются куттеры. В него мясо попадает после предварительного измельчения на волчке. Куттеры бывают периодического и непрерывного действия. На валу установлены серповидные ножи, которые быстро вращаются. Измельчение ведется под вакуумом или в открытых чашах. Куттеры могут совмещать процесс измельчения и перемешивания, напр. куттер Л5-ФКМ используется для окончательного тонкого измельчения мяса и при производстве варено-копченых, полукопченых, сырокопченых и вареных колбас, сосисок, сарделек.

Для обработки мягкого мясного сырья применяют например, коллоидные мельницы К6-ФКМ, измельчитель непрерывного действия А1-ФКЕ/3 .

### Классификация способов дробления

По характеру применяемых усилий способы дробления могут быть классифицированы как дробление при помощи удара, раздавливания,

раскалывания, истирания, разрыва изгиба. На практике часто комбинируют различные воздействия, например сжатие и удар, удар и истирание и т. п.

Выбор того или иного способа воздействия определяется размером кусков и механическими свойствами раздробляемых материалов. Различают дробление крупное, среднее, мелкое и тонкое, а также коллоидный размол

Дробильные машины могут быть разделены на следующие основные группы:

1) щековые или челюстные дробилки. Дробилка применяется для крупного и среднего дробления.

2) конусная или гирационная дробилка.

3) вальцовые дробилки работают при непрерывном нажатии и истирании, а если валок зубчатый, материал дробится путем раскалывания. Дробилки применяются для среднего, мелкого и тонкого дробления;

4) ударные (молотковые) дробилки работают по принципу удара, наносимого движущимися частями, и применяются для среднего, мелкого и тонкого дробления хрупких и не слишком твердых материалов;

5) шаровые и стержневые мельницы работают по принципу удара и истирания между падающими шарами или стержнями и применяются для мелкого и тонкого помола;

6) вибрационные мельницы производят дробление вследствие круговых колебаний корпуса мельницы. Мельницы предназначены для тонкого и сверхтонкого помола, применяются и для тонкого дробления;

7) мельницы с вращающимися частями, в которых материал непрерывно истирается и отчасти раздавливается. Различные типы этих мельниц: жернова, бегуны, дисковая мельница, терка. Все они применяются для мелкого и тонкого дробления;

8) струйные дробилки, использующие для дробления энергию потока газов. Они служат для тонкого дробления;

9) коллоидные мельницы различных конструкций и принципов действия применяются для сверхтонкого дробления.

Устройства для резания пищевых материалов разделены на группы по следующим признакам:

– по назначению: для резания хрупких, твердообразных, упруго-вязко-пластичных и неоднородных материалов; по принципу действия: по виду режущего инструмента: дисковые, струнные, гильотинные, роторные, струйные (жидкостные и пневматические), ультразвуковые, лазерные;

– по характеру движения режущего инструмента: с вращательным, возвратно-поступательным, плоскопараллельным, поворотным, вибрационным;

– по характеру движения материала при резании и по виду его крепления.

– виды режущих инструментов: роторные, гильотинные, дисковые, струйные.

Существует два типа машин для резания замороженного и незамороженного мяса, хлеба, картофеля, свеклы и пр., получившие название волчков.

Конструкция волчков, применяемых в промышленности, скопирована с мясорубок, хорошо известных и распространенных в быту. В волчках используются режущие инструменты трех видов: неподвижные подрезные ножи, ножевые решетки и подвижные плоские ножи.

Оборудование раздавливающего и истирающего действия  
Вальцовый станок.

Назначение: дробление и измельчение зерна и других продуктов.

Принцип работы: с помощью питающих валиков продукт поступает на вальцы, измельчается и поступает в выпускное устройство.

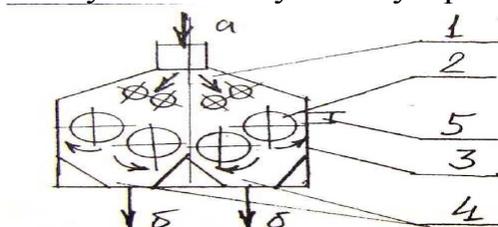


Рисунок 2.3 - Вальцовый станок: 1 - приёмно-питающее устройство; 2 - мелющие вальцы; 3 - корпус; 4 - выпускное устройство; 5- система привалки валцов; а- исходный продукт.

Молотковая дробилка

Используется для дробления продуктов.

Продукт попадает на вращающийся ротор с молотками, отбрасывается к периферии и ударяясь о неподвижную поверхность измельчается.

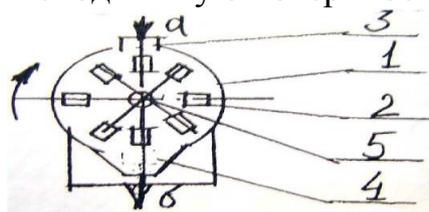


Рисунок 2.4 - Молотковая дробилка: 1 - корпус; 2 - молотки; 3 - приёмное устройство; 4 - выпускное устройство; 5 ротор; а - исходный продукт; б - дроблённый продукт

Оборудование для дробления и измельчения пищевых материалов.

Используется для измельчения пищевых материалов.

Продукт распадается на части под действием динамической нагрузки.

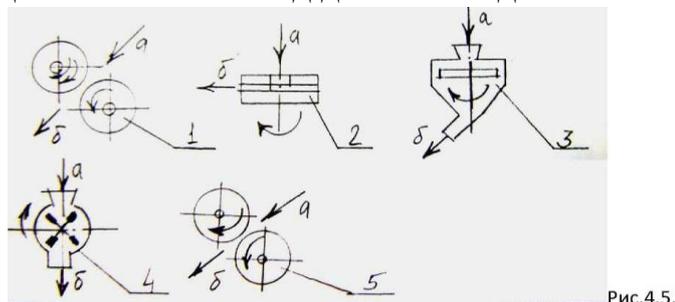


Рисунок 2.5 - Классификация измельчающих машин: 1 - вальцовый станок; 2 - жерновой; 3 - дисковый измельчитель; 4 - молотковая дробилка; 5 - плющильный станок; а - исходный продукт; б - измельчённый продукт

Оборудование раздавливающего и истирающего действия  
Вальцевый станок.

Используется для дробления и измельчение зерна и других продуктов.

С помощью питающих валиков продукт поступает на вальцы, измельчается и поступает в выпускное устройство.

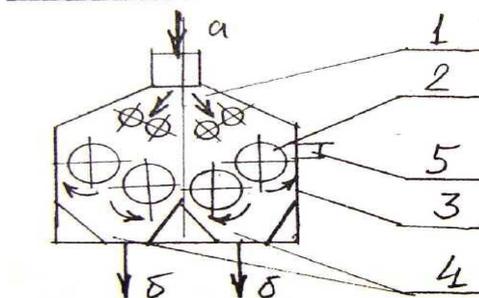


Рисунок 2.6 - Вальцевый станок: 1 - приёмно-питающее устройство; 2 - мелющие вальцы; 3 - корпус; 4 - выпускное устройство; 5 - система привалки валков; а - исходный продукт; б - измельчённый продукт

Молотковая дробилка

Используется для дробления продуктов.

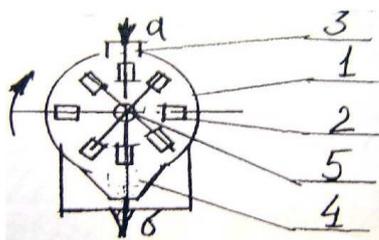


Рисунок 2.7 - Молотковая дробилка: 1 - корпус; 2 - молотки; 3 - приёмное устройство; 4 - выпускное устройство; 5 ротор; а - исходный продукт; б - дроблённый продукт

Продукт попадает на вращающийся ротор с молотками, отбрасывается к периферии и ударяясь о неподвижную поверхность измельчается.

### 2.3. Оборудование для резки пищевых продуктов.

Машины для резки можно классифицировать по следующим признакам:

а) форма ножей:

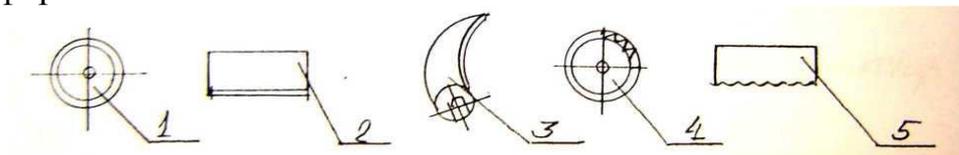


Рис 4.1. Основные формы ножей: 1 – гладкий дисковый; 2 – гладкий плоский;

Рисунок 2.8 - саблеобразный; 4 - зубчатый дисковый; 5 - зубчатый плоский. Назначение: 1 - для мяса рыбы, теста; 2 - мучные изделия; 3 - мелкое дробление рыбы, овощей; 4 - мясо, рыба, тесто; 5 - мучные изделия.

б) форма лезвий.

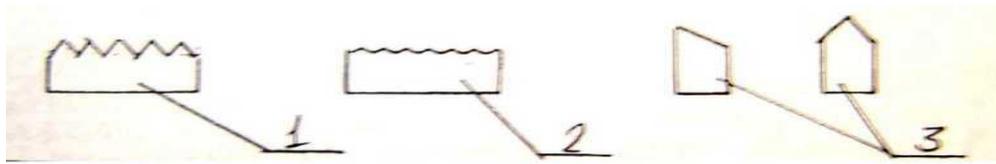


Рис 4.2. Основные формы лезвий:

Рисунок 2.9 - Основные формы лезвий: 1 - острая зубчатая; 2 - дугообразная зубчатая; 3 - гладкая односторонняя или двухсторонняя заточка.

в ) виды резания:

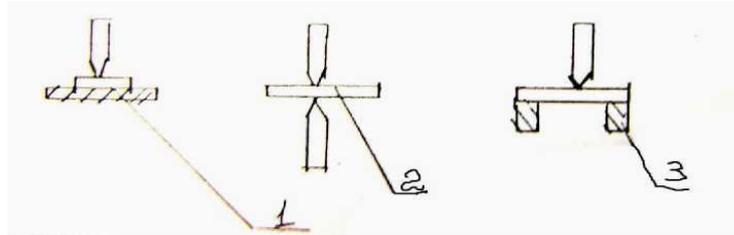


Рис. 4.3. Виды резания:

Рисунок 2.10 - 1 - давление против прочной основы; 2 - контр. Ножами; 3 - свободное. Принцип работы оборудования для резки: режущий орган воздействует механически на разрезаемый материал и разрезает продукт.

Многодисковая корнерезка

Используется для резки плодов.

Принцип работы - плоды разрезаются верхним диском, затем попадают на нижний диск(горизонтальный). В результате продукт выходит в виде кубиков.

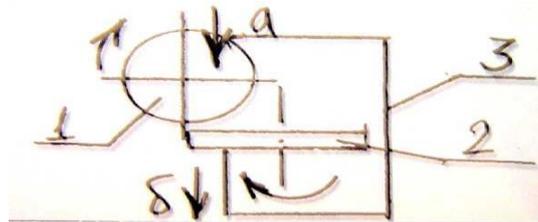


Рисунок 2.11 - Многодисковая корнерезка: 1 - механизм для резки; 2 - ножевой диск; 3 - корпус; а - исходный продукт; б - разрезанный материал (кубики)

Расчетные формулы

Вальцовые дробилки. Основными параметрами, характеризующими работу вальцовых дробилок, являются угол захвата, частота вращения валков, их производительность и потребляемая ими мощность.

Для захвата кусков материала валками должно соблюдаться условие:  $\alpha < 2\varphi$  где  $\varphi$  - коэффициент трения материала о валок, равный 0,37 для пшеницы, ржи и ячменя, 0,33 — для бобов, и 0,28 — для проса.

Предельную частоту вращения валков  $n$  (в об/мин) определяют по формуле

$$n = 616 \sqrt{\varphi / (\rho d_H D)}$$

а предельную окружную скорость вращения валков  $w$  (в м/с)

$$\omega = \pi D n / 60$$

где  $\varphi$  – коэффициент трения;  $\rho$  - объемная масса измельчаемого материала, кг/м<sup>3</sup>;  $d_H$  - начальный диаметр измельчаемого материала, м;  $D$  - диаметр валка, м.

Обычно = 2,5-5 м/с.

Производительность вальцовой дробилки  $G$  (в кг/ч)

$$G = 60 \pi D b l n \rho \psi$$

где  $D$  - диаметр валков, м;  $b$  - ширина зазора между валками, м;  $l$  - длина валка, м;  $n$  - частота вращения валков, об/мин;  $\rho$  – объемная масса измельченного материала, кг/м<sup>3</sup>;  $\psi$  - коэффициент, учитывающий неравномерность питания валков;  $\psi = 0,5-0,7$ .

Если валки вращаются с различной частотой, то их производительность определяют по средней частоте вращения.

Мощность  $N$  (в кВт), потребляемая вальцовой дробилкой,

$$N = 0,117 D l n (120 d_H + D^2)$$

Здесь значения  $D$ ,  $l$  и  $d_H$  даны в м,  $n$  - в об/мин.

Размер поступающих на измельчение частиц должен быть в 20-25 раз меньше диаметра гладких валков и в 10-12 раз меньше диаметра рифленых валков; для дробилок с зубчатыми валками (при измельчении плодов и овощей) отношение  $D / d_H = 2 - 5$

**Задача 1.** Определить частоту и скорость вращения валков вальцовой дробилки, если диаметр валков  $D=0,25$  м, объемная масса измельчаемого проса  $\rho=900$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициент трения его о валок  $f=0,28$  и размер зерен  $d_H=3,5$  мм.

Частота вращения валков согласно формуле

$$n = 616 \sqrt{\varphi / (\rho d_H D)}$$

$$n = 616 \sqrt{0,28 / (900 \cdot 0,0035 \cdot 0,25)} = 367 \text{ об/мин.}$$

Окружная скорость вращения валков по формуле

$$\omega = \pi D n / 60$$

$$\omega = 3,14 \cdot 0,25 \cdot 367 / 60 = 4,8 \text{ м/с,}$$

что согласуется с допустимой скоростью в такой дробилке.

### Контрольные вопросы

1. Типы дробилок.
2. Оборудование раздавливающего и истирающего действия
3. Оборудование для резки пищевых продуктов.
4. Отличие резания от дробления.
5. Принцип действия свеклорезки.

## **2.4 Обработка сырья давлением (прессование и гранулирование)**

Прессование (обработка давлением) – один из широко применяемых в пищевой промышленности механических процессов. Сущность его заключается в том, что обрабатываемый материал подвергается внешнему давлению при помощи специальных механических устройств прессов. При этом преследуются следующие цели:

1) отжатие жидкости при помощи давления применяется: в виноделии для отжатия сока из винограда, в ликерно-водочной промышленности для отжатия сока из ягод и плодов. При помощи давления отжимают растительное масло из семян, сок из сахарного тростника, воду из свекловичного жома (отхода сахарного производства), отделяют жир от шквары. Процесс отжатия неразрывно связан с фильтрацией отжимаемой жидкости через капилляры остатка. Одновременно с удалением жидкости происходит уплотнение и брикетирование остатка;

2) придание пластическим телам определенной геометрической формы (формование и штампование). В этом случае из сложной системы жидкость не отделяется, но обрабатываемая масса принимает необходимую по технологическим пластических материалов применяется в кондитерском и макаронном производстве для придания тесту определенной формы.

3) связывание частиц зернистых сыпучих материалов в более крупные агрегаты определенной формы при помощи связующей жидкости и соответствующего давления (прессование). Прессование получило широкое применение в производстве сахара-рафинада, а также при производстве брикетов свекловичного жома на свеклосахарных заводах и на заводах пищевых концентратов и др.

Прессование (брикетирование). Процесс прессования нашел особенно большое применение в сахарорафинадном производстве. Прессованию подвергается влажная рафинадная кашка, состоящая из отдельных кристаллов и их сростков. Кроме открытых применяются полузакрытые, или дренажные, и закрытые, или зерновые, прессы. В настоящее время почти во всех отраслях пищевой промышленности используются прессы непрерывного действия. К этой группе относятся шнековые отжимающие прессы. Прессы для формования пластических масс применяются главным образом в тех отраслях пищевой промышленности, в которых обрабатываются пластические массы: в кондитерской, макаронной, хлебопекарной. Они употребляются для придания обрабатываемой массе формы без заметного изменения плотности (объема).

Гранулирование – термин, характеризующий дискретные, обособленные частицы, получаемые в промышленности с помощью технических средств. Собрание таких частиц составляет гранулированную сыпучую массу, которая используется в качестве полуфабриката, готового продукта производства, вспомогательного компонента для осуществления или интенсификации процессов. Он не пылит при хранении, занимает меньший объем и не налипает на поверхность рабочих органов

технологических аппаратов; не пылит при транспортировании и расфасовке, что резко сокращает потери на всех этапах движения материала и улучшает санитарные условия труда, особенно в случае использования ядовитых веществ; облегчает и повышает точность дозирования вещества в механизированных и автоматизированных поточных линиях различных производств. Пневмо- и вибротранспорт во многих случаях возможен только с гранулированным не пылящим веществом. Использование корма в виде гранулированных концентратов резко повышает продуктивность, например, птицеферм и рыбных водоемов. Таблетирование - метод образования гранулы путем создания давления на материал, заключенный в определенную форму. Брикет – увеличенная таблетка.

Таблетирование применяется в пищевой - выпускаются таблетки быстрорастворимого зеленого чая, растворимого кофе, байхового чая с комплексом наполнителей, бульонные кубики, некоторые виды конфет, сахар-рафинад, брикеты сухого жома, плавленого сыра, комбикормов, пищевоконцентратов, отходов пищевых производств и др.

Сущность прессования заключается в обработке материала внешним давлением в специальных прессах. Механические прессы бывают периодического и непрерывного действия. Механические прессы периодического действия осуществляются рычажными, винтовыми, гидравлическими и пневматическими.

Механическим прессы непрерывного действия осуществляются шнековыми, вальцовыми, ротационными, штанговыми, кольцевыми, ленточными и дисковыми.

Одна из разновидностей прессования - брикетирование. Брикетированию подвергают преимущественно сыпучие продукты путем их прессования (уплотнения) в замкнутом пространстве под воздействием внешнего давления до плотности, при которой обрабатываемый продукт не может самопроизвольно разрушаться и превращается в монолит-брикет.

При производстве растительных масел прессование - один из основных технологических процессов, с помощью которых из семян масличных культур извлекается масло. На крупных предприятиях прессование как способ извлечения масла из семян предшествует окончательному обезжириванию материала органическим растворителем (экстракция). На предприятиях малой и средней мощности извлечение масла достигается путем однократного или двукратного отжима (прессования) сырья.

Как в первом, так и во втором случае для прессования применяют шнековые прессы непрерывного действия, которые подразделяют на прессы предварительного (неглубокого) съема масла – форпрессы и прессы окончательного (глубокого) съема масла – экспеллеры.

Форпрессы чаще применяют в технологических схемах экстракционных заводов. Производительность их по семенам 70...80т/сут. Съем масла сравнительно невысокий – 60...85 %, масличность жмыха при этом составляет 15...17 %. Частота вращения шнекового вала форпрессов 18...36 мин<sup>-1</sup>, толщина

выходящей ракушки жмыха 8...12 мм. Продолжительность прессования не превышает 80 с.

Производительность прессов глубокого съема масла значительно меньше и составляет 18...30т/сут, а масличность жмыха 4...7 %, что обусловлено длительным нахождением материала в прессе (220...225 с) вследствие медленного вращения вала (5...18 мин<sup>-1</sup>) и небольшой ширины выходной кольцевой щели для жмыха. Толщина ракушки, выходящей из пресса, 3...5 мм. Температура материала, поступающего в пресс окончательного отжима, 110...115 °С.

Главное различие между форпрессами и экспеллерами заключается в конструкции основного рабочего органа шнекового пресса - шнекового вала, который собран из отдельных витков, насаживаемых на общий вал. Для форпрессов характерно уменьшение шага витков от начала к концу вала, при этом в некоторых случаях диаметр тела витка увеличивается. У экспеллеров шаг витков и диаметр тела витков изменяются в значительно меньшей степени.

Принцип работы шнековых прессов заключается в следующем. При вращении шнекового вала, помещенного в барабан, который собран из пластин (называемых зерными) с небольшими зазорами между ними, прессуемый материал транспортируется от места загрузки к выходу. В результате уменьшения свободного объема в межвитковом пространстве материал сжимается, и из образующейся мезги отжимается масло, которое проходит через зазоры в зерном барабане и собирается в поддоне. Отжатый масличный материал (называемый жмыхом) на выходе из зерного барабана встречается с устройством, регулирующим толщину выходной щели и тем самым противодействием во всем шнековом тракте пресса.

Наиболее распространены шнековые прессы марок ФП, МП-68, ЕП-20.

Маслопресс, для выработки масел.

Маслопресс включает станину, зерный барабан, шнековый вал, регулировочное устройство, регулятор питания и привод пресса.

Семена поступают в прессующий шнек, где происходит отжим масла через отверстия зерного барабана.

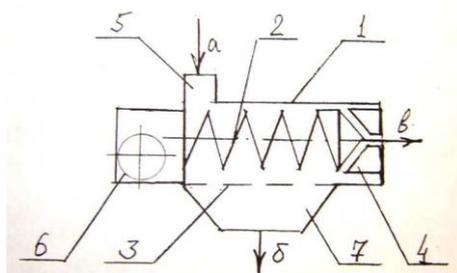


Рисунок 2.12 - Маслопресс: 1 - корпус; 2 - шнек прессующий; 3 - зерный барабан; 4 - регулирующий конус; 5 - приёмное устройство; 6 - привод; 7 - выпуск масла; а - семена; б - масло; в - жмых.

Выделяющееся при прессовании масло выходит через зазоры между зерными планками. Величина зазора между зерными планками зависит от

того, какой съем масла (предварительный или окончательный) производят на прессе, а также от вида перерабатываемого масличного сырья. При предварительном прессовании зазор между планками несколько больше, чем при окончательном. Зазор между зерными планками изменяется от ступени к ступени, уменьшаясь по направлению к выходу прессуемого материала с 1,5 до 0,15 мм. Уменьшение зазора улучшает условия для стока отпрессованного масла. Чем больше давление в прессе, тем меньше должен быть зазор между зерными планками.

Регулирующее устройство конусного типа позволяет изменять давление в рабочей камере пресса. Принцип работы устройства заключается в изменении сечения выходной щели пресса и связанного с ним местного сопротивления.

Регулятор питания обеспечивает равномерную подачу материала в рабочую камеру пресса.

Пак-пресс РОК-200 с тремя поворотными платформами. Пресс может работать как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Давление на мезгу повышают постепенно в зависимости от интенсивности истечения сока. После прекращения вытекания сока давление снижают до нуля и приступают к выгрузке выжимка.

Производительность пресса по яблокам составляет 3000... 5000 кг/ч, расход воды 6,0 м<sup>3</sup>/ч, скорость прессующих транспортеров 0,04...0,12 м/с, установленная мощность привода 28,4 кВт, габаритные размеры 6870 x 2985 x 2570 мм; масса 15 170 кг.

Замес макаронного теста и его последующее формование осуществляются в шнековых макаронных прессах непрерывного действия.

Шнековый макаронный пресс ЛПЛ-2М состоит из привода, дозирующего устройства 2, тестомесителя 3, прессующей головки 4, обдувочного устройства 5, системы трубопроводов и прессующего корпуса 8. Пресс комплектуется механизмом резки 6, набором круглых матриц и вакуумной системой. Все эти узлы и механизмы установлены на общей станине 7.

Матрица – основной рабочий орган пресса – представляет собой металлический диск или прямоугольную пластину со сквозными отверстиями, профиль которых определяет форму изделий.

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

Замес макаронного теста и его последующее формование осуществляются в шнековых макаронных прессах непрерывного действия.

Шнековый макаронный пресс ЛПЛ-2М состоит из привода, дозирующего устройства, тестомесителя, прессующей головки, обдувочного устройства, системы трубопроводов и прессующего корпуса. Пресс комплектуется механизмом резки, набором круглых матриц и вакуумной системой. Все эти узлы и механизмы установлены на общей станине.

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

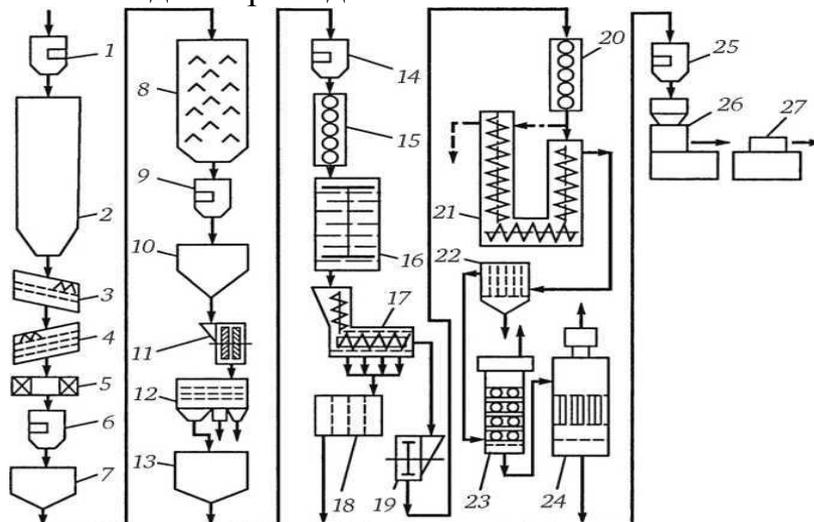


Рисунок 2.13 – Аппаратурно-технологическая схема производства растительных масел: 1, 6, 9,14, 25 - весы; 2 - силос; 3, 4 - ситовые сепараторы; 5 - магнитный уловитель; 7,10,13 - бункера; 8 - шахтная сушилка; 11 - обрушивающая машина; 12 - воздушно-ситовая сортирующая машина; 15 - пятивальцовый станок; 16 - жаровня; 17 - шнековый пресс; 18 - фильтр-пресс; 19 - молотковая дробилка; 20 - вальцовый станок; 21 экстракционный аппарат; 22 - отстойник; 23 - предварительный дистиллятор; 24 - окончательный дистиллятор; 26 - разливочно-укупорочный автомат; 27 - автомат для укладки бутылок в ящики

### Расчетные формулы

Корзиночные прессы. Скорость выделения сока  $\omega$  (в м<sup>3</sup>/т)<sup>5</sup>, отнесенная к единице массы прессуемой виноградной мезги толщиной слоя  $h$  до 30 см, выражается зависимостью

$$\omega_h = 1,465/10^{(0,0332h)}$$

Эффективность процесса прессования прямо пропорциональна объему  $V$  (или массе) мезги, одновременно прессуемой в корзине прессы, и скорости  $\omega_h$  выделения сока.

Зависимости  $\omega_h = 1,465/10^{(0,0332h)}$  соответствуют следующие оптимальные значения геометрических размеров различных прессов:

1) для вертикальных корзиночных прессов при отношении высоты  $H$  корзины к ее диаметру  $D$ , равном 0,8, рекомендуют

$$V = 0,63D^3 \text{ и } h = 0,154D;$$

2) для горизонтальных гидромеханических и поршневых прессов при диаметре корзины  $D$  и длине ее  $L$  рекомендуют

$$V = 0,785D^2L \text{ и } h = 0,25D;$$

3) для пневматических прессов, в которых около 25% объема корзины заняты резиновым баллоном, рекомендуют

$$V = 0,59 D^2 L \text{ и } h = 0,187 D$$

Зависимость скорости выделения сока  $\omega_p$  от величины давления прессования  $p$  (в МПа) выражается формулой

$$\omega_p = 0,1356 + 1,21p - 0,338 p^2$$

Зависимость давления прессования  $p$  (при  $0,1 < p < 1,6$  МПа) от продолжительности процесса  $\tau$  (в мин) при заданном значении  $\omega_h$  рассчитывают по уравнению

$$p = 0,0112 \cdot 10^{0,1932 \cdot \tau^{\omega}}$$

Задача 1. Определить толщину слоя виноградной мезги в корзиночном прессе при относительной скорости выделения сока  $\omega_h = 0,6$  мЗ/т.

Согласно формуле

$$\omega_h = 1,465 / 10^{(0,0332h)}$$

$h = (\lg 1,465 - \lg 0,6) / 0,0332 \lg 10 = 11,68$  см.1. Сущность процесса прессования.

Контрольные вопросы

2. Цели прессования.
3. Перечень оборудования для прессования.
4. Основной рабочий орган пресса.

## 2.5 Сортирование материалов

Сортирование продуктов измельчения по крупности – важнейшая технологическая операция.

В мукомольном производстве при измельчении зерна в вальцовых станках образующиеся продукты резко различаются по крупности. Это значительно затрудняет их дальнейшую обработку. Эффективность операций с этими продуктами на последующих технологических системах в ситовечных машинах и вальцовых станках зависит от характеристики гранулометрического состава поступающих продуктов: чем выше их выравненность по крупности, тем точнее можно отрегулировать режим работы этих систем. Кроме того, при делении продуктов на фракции по крупности одновременно в некоторой степени происходит и разделение их по добротности. Наконец, мука и отруби – конечные продукты помола также выделяются посредством сортирования по размерам на ситах.

Для разделения смеси зернистых материалов используется механическая классификация, которая заключается в рассеве сыпучих материалов на ситах, решетках и т.д. При механической классификации через отверстия просеивающих устройств проходят частицы материала, размеры которых меньше размеров отверстия. Частицы, размер которых больше размеров отверстий возвращаются на дополнительное измельчение.

Мельничные сита изготавливают из различных материалов. По этому признаку различают сита металлотканые (стальные, бронзовые), шелковые и из различных синтетических нитей (капрон, нейлон, полиамидные монопнити и т. п.).

Сита из шелка и синтетических нитей дополнительно подразделяют по типу переплетения нитей: простое полотняное, ажурное, ложное ажурное и т. п. Для плетения используют нити разной толщины, поэтому их выделяют в отдельные группы сита из утяжеленной и облегченной ткани.

В зависимости от толщины нитей и рода их переплетения изменяется коэффициент живого сечения сита, т. е. суммарная величина отверстий на единице площади сита (обычно выражают в %). От величины живого сечения сита и коэффициента трения продукта по ситам зависит севкость сита, т. е. эффективность сортирования частиц продукта.

В пределах каждой группы из разного материала и характера ткани сита различают по номерам. Номер металлотканого сита определяет размер отверстий в свету (мм). Так, если № 1,2, то внутренний размер стороны квадратного отверстия равен 1,2 мм, если 056 (пишется без запятой) – то 0,56 мм и т. д. Номер шелковых мучных сит (из облегченной ткани) и синтетических численно равен числу отверстий сита на длине 1 см; например, № 7 соответствует 7 отверстиям на 1 см, № 49 – 49 отверстиям. При сложном переплетении, когда вдоль основы ткани и утка расположено разное число отверстий, ситам присваивают дробный номер: 45/50, 63/72 и т. п.

В шелковых крупочных ситах (из утяжеленной ткани) номер определяет число отверстий на длине 10 см (№ 80 - 80 отверстий и т. д.).

В некоторых странах для нумерации сит подсчитывают число отверстий на длине 1" = 25,4 мм; эта величина именуется как «меш» (220 меш означает 220 отверстий на 1 дюйм).

Кроме этого иногда используют искусственную нумерацию, например № 000, № 00, № 1 и т. д. Особенности плетения ткани отмечают разным числом крестиков: например, 12х, 12хх, 12ххх.

Переход от одного номера сита к последующему производят по так называемому модулю сита, который определяет отношение размеров стороны ячеек сита. Например, если взять модуль сита равным 1,43, то площадь отверстий сит двух смежных номеров будет различаться в 2 раза. Используют модули от 1,06 и выше.

При необходимости замены сита из другого материала подбирают подходящее по размеру отверстий сито с учетом коэффициента живого сечения. В таблице 1 приведены нумерация и

Задача сортирования продуктов измельчения зерна на сите состоит в разделении его на 2 фракции: сход и проход. Эффективность этого процесса зависит от большого количества факторов: свойств частиц продукта, соотношения масс различных фракций по крупности в продукте, удельной нагрузки на сито, материала сита, размерной характеристики ячеек сита,

особенностей конструкции отсева, частоты его вращения, эксцентриситета и т. п. Многие из этих факторов взаимосвязаны и действуют совместно.

Механическая классификация – сепарирование или грохочение применяется для разделения частиц размером от нескольких сантиметров до долей миллиметра. Разделение проводят на рассеивающих устройствах – грохотах, которые приводятся в колебательное движение кривошипным механизмом. При сотрясении сита отсев проваливается в отверстия, а отход перемещается вдоль сита и поступает на измельчение. Грохоты бывают качающимися, барабанными, вибрационными, дисковыми, роликowymi, колосниковыми и цепными.

Преимущества плоских качающихся грохотов: высокая эффективность, большая производительность, удобство обслуживания и ремонта.

Электростатическая сепарация заключается в том, что частицы сыпучего материала получают электрический заряд. Заряд может быть получен путем непосредственного соприкосновения частиц с заряженным электродом или при передаче заряда частицам от ионизированных молекул воздуха, полученных при коронном заряде. Заряженные частицы в дальнейшем выводятся из зоны коронного заряда и отдают свой заряд вращающемуся заземленному барабану. Если частицы отличаются электропроводностью, то частицы, имеющие меньшую электропроводность, удерживаются на поверхности барабана и снимаются щеткой, а частицы, имеющие большую электропроводность, отдают свой заряд барабану и сбрасываются центробежной силой.

Просеиватель А1-КСБ предназначен для просеивания сыпучих пищевых продуктов (соль, гречневая крупа, пшеничная мука, лущеный горох и др.).

Просеиватель состоит из приемного бункера, станины, рамы, ситового корпуса, эксцентрикового колебателя, сменных рамок с набором решет для просеивания разных продуктов, электропривода, тяги, приспособления для загрузки бумажных мешков с продуктом и двух сменных крышек: 3 — с решеткой для приема скомковавшейся соли в бумажных мешках и 7 — для приема продукта на машину самотеком (рис. 3.1).

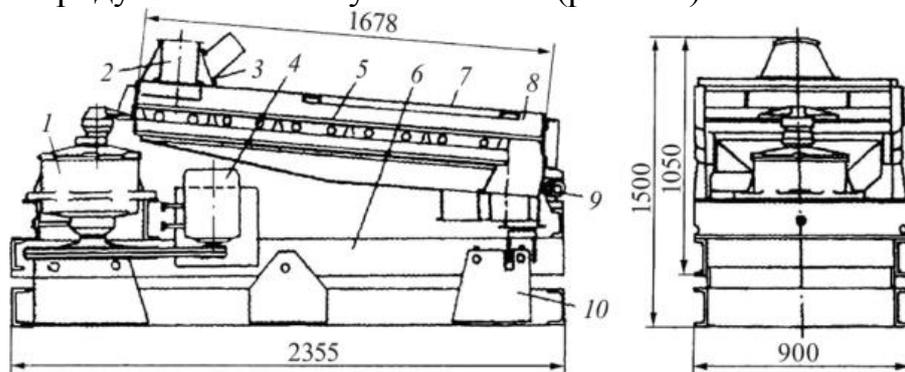


Рисунок 2.14 - Конструкция просеивателя А1-КСБ: 1 - эксцентриковый колебатель; 2 - приемный бункер; 3,7 - крышки; 4 - электропривод; 5 - ситовый корпус; 6 - рама; 8 - сменные рамки; 9 - тяга; 10 - станина

Эксцентриковый колебатель снабжен балансиrom со сменными грузами, предназначенными для уравнивания ситового корпуса при работе машины с разными эксцентриситетами и частотами колебаний.

Исходный продукт поступает на сито, где происходит его разделение на две фракции: сход и проход, которые выводятся из машины отдельно через выводные патрубки в поддоне ситового корпуса.

С целью обеспыливания при работе с сухими сыпучими продуктами крышка ситового корпуса имеет патрубок для подсоединения машины к аспирационной сети.

Для определения оптимальных режимов работы машины на различных видах продуктов по эксцентриситету и частоте колебаний ситового корпуса в пределах технической характеристики машина комплектуется набором сменных шкивов к электродвигателю и эксцентриков к колебателю.

Для растаривания бумажных мешков машина снабжена опрокидывающим столом и специальной крышкой с решеткой для приема бумажных мешков с продуктом, разрезанных вручную на столе.

Техническая характеристика просеивателя А1-КСБ

Производительность, т/ч 1,0

Частота колебаний ситового корпуса, с<sup>-1</sup> 3,3...4,0

Амплитуда колебаний ситового корпуса, мм 25, 30, 35

Угол наклона сит, град 4,5

Расход воздуха на аспирацию, м<sup>3</sup>/с 0,125

Мощность электродвигателя, кВт 1,5

Габаритные размеры, мм 2355x900x1500

Масса, кг 900

Для очистки крупы, муки и других сыпучих материалов от комков и случайных примесей применяют бураты – машины с цилиндрическими или коническими вращающимися барабанами. Поверхность барабана выполнена из сита. Ось бурата с коническим барабаном расположена горизонтально, а с цилиндрическим – с наклоном  $5...10^0$  к горизонту. Под действием силы тяжести при вращении барабана материал перемещается вдоль сита. Проход ссыпается в приемный желоб, установленный под барабаном, и с помощью шнеков удаляется из машины. Отделенная примесь сходит с нижнего края цилиндра и высыпается из машины. Чем выше частота вращения барабана, тем больше производительность бурата. Однако с увеличением частоты вращения возрастает центробежная сила, прижимающая материал к внутренней поверхности барабана. При определенной частоте вращения материал может так прижаться к барабану, что начнет вращаться вместе с ним, перестав перемещаться вдоль сита. Эту предельную частоту вращения барабана можно определить, рассматривая условия равновесия частицы на поверхности вращающегося сита (рис. 3.1). Пусть рассматриваемая частица занимает крайнее верхнее положение. Условием ее равновесия является равенство двух действующих на частицу сил: силы тяжести  $G$  и центробежной силы

Разделение в триере. Машины, разделяющие частицы по форме (триеры), применяют для очистки зерна от сорных примесей, имеющих те же, что и зерно, размеры в поперечном сечении, но обладающих большей или меньшей длиной. Вращающийся барабан триера на внутренней поверхности имеет ячейки полусферической формы. В эти ячейки попадают округлые частицы примеси или частицы дробленого зерна. Частицы эти в ячейках поднимаются вместе с вращающимся барабаном и падают в приемный желоб, установленный в верхней половине барабана. Зерна могут также захватываться ячейками, но благодаря своей длине они вываливаются при подъеме. Увеличение поверхности с ячейками, а значит, и производительности машины достигается путем замены барабана на диски с ячейками на поверхности, установленные параллельно на одном валу. Такой дисковый триер изображен на рис. 4. Рабочий орган триера состоит из ряда кольцевых дисков, на боковых поверхностях которых имеются ячейки.

Машины, на которых осуществляется пневматическое сортирование, называют воздушными сепараторами. Воздушные сепараторы существуют не только в виде самостоятельных машин, но и в виде пневмосепарирующих устройств, входящих в другие зерноочистительные машины, дробилки и т. п. Воздушные сепараторы встраивают в пневмотранспортные установки, в этом случае их называют пневмоаспираторами.

При сортировании в неподвижной жидкости более легкие частицы всплывают на поверхность, а тяжелые опускаются на дно. Гидравлическое сортирование может осуществляться в потоке жидкости с использованием динамического воздействия потока на частицу, как при пневматическом сепарировании. Схема гидравлического сортирования показана на рис. 2.17. Примером гидравлического сепаратора может служить машина для сортирования зеленого горошка по степени спелости, используемая в консервной промышленности. В этой машине, вначале в растворе поваренной соли, смесь разделяется на два потока. Более зрелый горошек оседает в растворе, а зеленый всплывает к поверхности. Затем эти потоки направляются на вращающиеся ситовые барабаны, где от горошка отделяются раствор и мелкая примесь. С одного барабана сходит зрелый горошек, а с другого - незрелый.

Отделение металлических примесей. Случайные металлические предметы, попавшие в перерабатываемое сырье, могут вызвать поломку рабочих органов измельчающих машин. Поэтому отделению металлических примесей в производстве придают особое значение. Простейшее устройство для отделения металлов — **магнитный сепаратор** (рис. 7), составленный из постоянных магнитов. Такие сепараторы устраивают в наклонных желобах, по которым перемещается сырье. Задерживаемые металлические предметы периодически удаляют вручную.

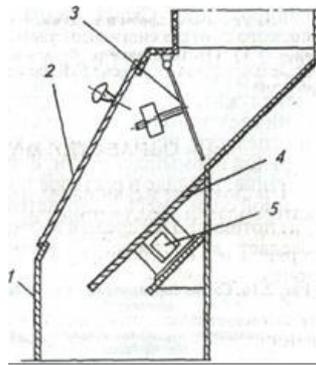


Рисунок 2.15 - Схема магнитного сепаратора с постоянными магнитами: 1 - корпус; 2- крышка люка для ручной очистки магнитного экрана; 3- регулирующая заслонка с противовесом; 4 - магнитный экран; 5- блок магнитов.

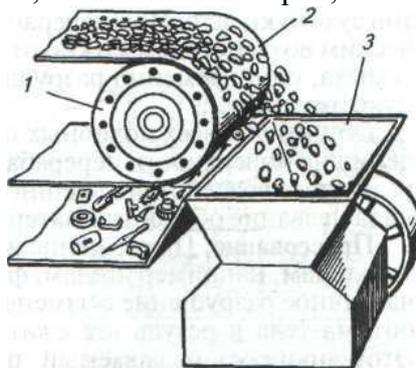


Рисунок 2.16 Схема работы барабанного электромагнитного сепаратора:  
1- сепаратор; 2 - лента транспортера; 3 - бункер

Расчетные формулы

Бурат. Частота вращения  $n$  (в об/мин) барабана радиусом  $R$  (в м)

$$n = 14/\sqrt{R}$$

Производительность бурата  $G$  (в кг/с)

$$G = 0,2\varepsilon \rho n \operatorname{tg}(2\alpha)\sqrt{R^3 h^3}$$

где  $\varepsilon$  - коэффициент разрыхления материала ( $\varepsilon = 0,6-0,8$ );  $\rho$  объемная масса материала,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\alpha$ -угол наклона барабана к горизонту, в град;  $h$  - высота слоя материала, м.

Мощность, потребляемая буратом,  $N$  (в кВт)

$$N = R n(G_b + 13G_m)/29200,$$

где  $G_b$  и  $g_m$  — соответственно масса барабана и загруженного в него материала, кг;  $n$  – частота вращения барабана (об/мин.);  $R$  – радиус барабана, м;

Задача 1. Определить частоту вращения, производительность и потребляемую буратом для муки мощность, если радиус его барабана  $R = 0,4$  м, угол наклона барабана к горизонту  $\alpha = 8^\circ$ , объемная масса сортируемой муки  $\rho = 760 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент разрыхления муки  $\varepsilon = 0,7$ , высота слоя муки на сите  $h = 50 \text{ мм}$ , масса барабана  $G_b = 1000 \text{ кг}$  и масса муки  $G_m = 50 \text{ кг}$ .

Частота вращения барабана

$$n = 14/\sqrt{0,4} = 22 \text{ об/мин}.$$

Производительность бурата

$$G = 0,2 \cdot 0,7 \cdot 760 \cdot 22 \operatorname{tg}(2 \cdot 8) \sqrt{0,4^3 \cdot 0,05^3} = 0,19 \text{ кг/с}.$$

Мощность, потребляемая буратом

$$N = 0,4 \cdot 22 (1000 + 13 \cdot 50)/29200 = 0,5 \text{ кВт}.$$

## Контрольные вопросы

1. Механическая классификация сыпучих материалов
2. Однократное и многократное разделение сыпучих материалов
3. Формы отверстия и размеры сита
4. Грохоты, процесс грохочения.

## 2.6 Разделение неоднородных систем

### Классификация неоднородных систем

Неоднородными или гетерогенными, называются системы, состоящие, как минимум, из двух фаз: дисперсной (внутренней), обычно находящейся в тонкораздробленном состоянии, и дисперсионной (внешней), окружающей частицы дисперсионной фазы.

Суспензии состоят из жидкой дисперсионной и твердой дисперсной фаз. Суспензии в зависимости от размера твердых частиц делятся на грубые с частицами размером  $>100$  мкм; тонкие с частицами размером  $0,1 \dots 100$  мкм и коллоидные растворы, содержащие частицы размерами  $\leq 0,1$  мкм.

Эмульсии состоят из двух жидких фаз, не растворяющихся одна в другой: дисперсионной и дисперсной. Размер частиц дисперсной фазы может колебаться в широких пределах. Под действием силы тяжести эмульсии обычно расслаиваются, однако, если размеры частиц менее  $0,4 \dots 0,5$ , то не расслаиваются.

С увеличением концентрации дисперсной фазы эта фаза может обратиться в дисперсионную. Такой переход называется *инверсией* фаз.

Пены состоят из жидкой дисперсионной и газовой дисперсной фаз. По своим свойствам пены близки к эмульсиям.

Пыли и дымы состоят из газовой дисперсионной и твердой дисперсной фаз. Размеры твердых частиц пылей составляют от 3 до 70 мкм.

Дымы образуются при горении. Размер твердых частиц в дымах составляет  $0,3 \dots 5$  мкм.

Туманы состоят из газовой дисперсионной и жидкой дисперсной фаз. Туманы образуются при конденсации. Размер жидких капель в тумане  $0,3 \dots 3$  мкм. Пыли, туманы и дымы относятся к аэрозолям.

### Методы разделения неоднородных систем

Основные методы разделения неоднородных систем в пищевой промышленности – осаждение, фильтрование и центрифугирование.

Осаждение – процесс разделения жидких и газовых неоднородных систем под действием гравитационных, сил инерции или сил электрического поля.

Фильтрование – процесс разделения жидких и газовых неоднородных систем с использованием пористой перегородки, способной пропускать жидкость или газ, но задерживать взвешенные частицы.

Фильтрование более эффективно для разделения суспензий, эмульсий и пылей, чем осаждение.

Мокрое разделение – процесс улавливания взвешенных в газе частиц жидкостью.

Мокрое разделение – процесс улавливания взвешенных в газе частиц жидкостью.

Применяется для очистки газов и разделения суспензий.

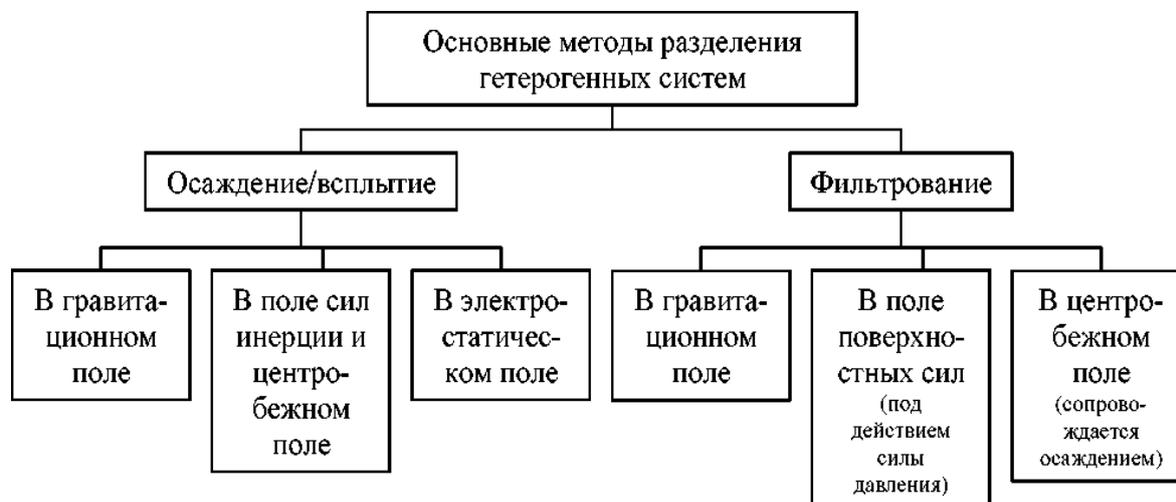


Рисунок 2.17 - Основные методы разделения гетерогенных систем

В пищевых производствах часто возникает задача разделения неоднородных систем на составные части. Для очистки мяса, выделения составных компонентов жидкой фракции, обвалки, жиловки и сортировки мяса, отделения балластных оболочек используют механическое разделение сырья и мясопродуктов. Разделяют мясное сырье отстаиванием, сепарированием, центрифугированием, мембранным разделением, отжимом, прессованием.

Отстойники – используются для грубого, предварительного разделения систем (под действием силы тяжести). Существуют отстойники для жира, отстойник с цилиндрическим отделителем, с коническим отделителем. Для выделения жира, уносимого сточными и промывными водами, используются жироловки малые и большие. Фильтры. С помощью пористой перегородки разделяют компоненты среды. Фильтрующая перегородка зачастую определяет конструкцию аппарата, напр. рамный фильтр-пресс для очистки бульонов желатина, ленточный фильтр для производства костной муки.

Обезвоживание животных жиров, очистку, разделение крови, желатиновых и клеевых бульонов, очистку сточных вод, обработку субпродуктов проводят с помощью сепараторов, центрифуг, центробежных очистителей и машин (под действием центробежных сил). Основной деталью сепараторов и центрифуг является барабан.

Для обезвоживания и очистки животных жиров применяют сепараторы: для жира ИСА-3, с ручной выгрузкой осадка ФК-ЖС, для удаления влаги, например, центрифуга, для вытопки жира и очистки шерстных и слизистых субпродуктов -центробежные машины и очистители, для шпарки и очистки Г6-ФЦШ, для обработки кишок линия ФОК-К, для отжима жира из мясной шквары пресс Е8-ФОБ.

В производстве вина требуется его осветление, т. е. отделение взвешенных твердых частиц от жидкой фазы; пивное сусло отделяют от дробины; в производстве сахара суспензию после сатурационных аппаратов разделяют с целью получения сока, а разделяя утфель, получают кристаллический сахар. В производствах, где для получения продукта (сухого молока, молочно-овощных концентратов) используются распылительные сушилки, отходящие газы улавливаются и очищаются во избежание уноса ценных продуктов и загрязнения окружающей среды.

**Оборудование для отстаивания и осаждения**

Этот способ разделения характеризуется низкой скоростью процесса. Отстаиванием не удается полностью разделить неоднородную смесь. Однако простота способа и низкие энергетические затраты обусловили широкое его применение.

Отстаивание суспензий проводят в аппаратах, называемых отстойниками. Отстойники для сгущения суспензий называют сгустителями, а для классификации твердых частиц на фракции – классификаторами. По принципу действия они делятся на гравитационные отстойники, отстойные центрифуги, гидроциклоны и сепараторы.

При отстаивании происходит разделение неоднородных жидких и газообразных систем под действием гравитационной силы, в результате чего происходит выделение твердых или жидких частиц из суспензий, эмульсий или пылей. Отстаивание проводится в отстойниках различных конструкций. При отстаивании, чтобы частицы успевали выделиться и осесть на дно отстойника без возникновения вихревых потоков, которые вызывают взмучивание и унос частиц, продолжительность пребывания системы в отстойнике должна быть равна или больше времени осаждения частиц и линейная скорость потока должна быть меньше скорости осаждения.

Отстойники бывают периодического, непрерывного и полунепрерывного действия

Отстойник периодического действия представляет собой плоский бассейн без перемешивающих устройств. Бассейн заполняется суспензией, которая отстаивается в нем в течение необходимого для разделения времени. Затем осветленный слой жидкости сливают (декантируют) через штуцера, расположенные выше слоя осадка. Осевший осадок (шлам) выгружают вручную.

Размеры и форма отстойников зависят от концентрации дисперсной фазы и размеров частиц. С увеличением плотности и размеров частиц размеры отстойника уменьшаются. Продолжительность отстаивания зависит от вязкости дисперсионной фазы, которая снижается с повышением температуры. Поэтому для ускорения процесса отстаивания суспензию подогревают (если это не противоречит технологии).

В отстойник полунепрерывного действия с наклонными перегородками суспензия подается через штуцер и направляется с помощью наклонных перегородок попеременно сверху вниз и снизу вверх. Устройство перегородок

увеличивает продолжительность пребывания суспензии и площадь поверхности отстаивания. Шлам собирается в конических бункерах и по мере накопления удаляется из них через краны.

Отстаивание под действием сил тяжести

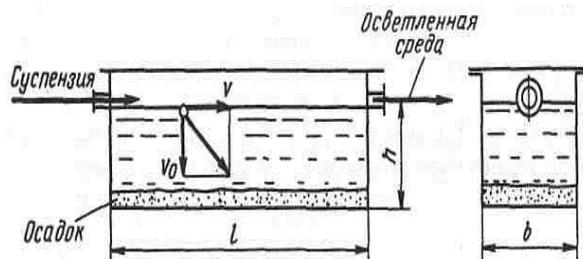


Рисунок 2.18 - Схема прямоугольного отстойника

Отстойник периодического действия представляет собой плоский бассейн без перемешивающих устройств. Бассейн заполняется суспензией, которая отстаивается в нем в течение необходимого для разделения времени. Затем осветленный слой жидкости сливают (декантируют) через штуцера, расположенные выше слоя осадка. Осевший осадок (шлам) выгружают вручную.

Отстойник полунепрерывного действия с наклонными перегородками.

Суспензия в отстойник подается через штуцер и направляется с помощью наклонных перегородок попеременно сверху вниз и снизу вверх.

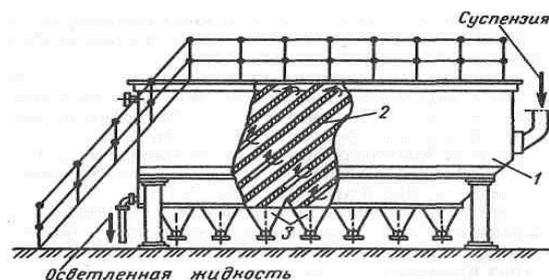


Рисунок 2.19 - Отстойник полунепрерывного действия с наклонными перегородками:

1 – корпус; 2 – наклонные перегородки; 3 – бункера.

Устройство перегородок увеличивает продолжительность пребывания суспензии и площадь поверхности отстаивания. Шлам собирается в конических бункерах и по мере накопления удаляется из них через краны. Осветленная жидкость отводится через верхний штуцер.

Непрерывнодействующий отстойник с гребковой мешалкой представляет собой цилиндрический резервуар с коническим днищем и внутренним кольцевым желобом вдоль верхнего края отстойника. Мешалка с наклонными лопастями, на которых расположены гребки для перемещения осадка к разгрузочному люку, вращается с переменной частотой от 0,02 до 0,5 мин<sup>-1</sup>. суспензия непрерывно подается по трубе в середину резервуара. Осветленная жидкость переливается в кольцевой желоб и отводится из отстойника. Шлам удаляется при помощи диафрагменного насоса.

Широко распространены отстойники непрерывного действия с гребковой мешалкой (рис. 48, 49). Они представляют собой цилиндрический резервуар с коническим днищем. В резервуаре расположена мешалка,

снабжённая гребками, которые непрерывно перемещают осадок к центральному разгрузочному штуцеру. Кроме того, гребки мешалки разрушают слой осадка, способствуя удалению из него макрообъёмов жидкости, то есть способствуют обезвоживанию осадка.

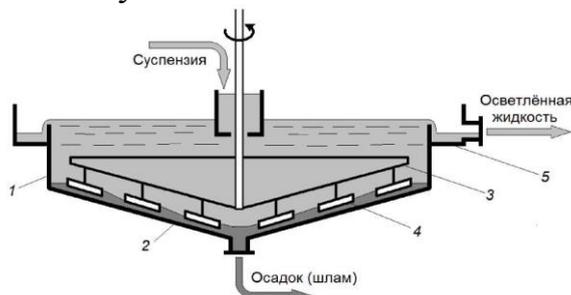


Рисунок. - 2.20 - Отстойник непрерывного действия: 1 - корпус; 2 - днище; 3 - гребковая мешалка; 4 - нож (гребок); 5 – кольцевой желоб для стекания осветленной жидкости

Отстойники с гребковой мешалкой обеспечивают однородность осадка и позволяют освободить его от воды до концентрации твёрдой фазы 35-55 %. Работа таких отстойников полностью автоматизирована. К недостаткам этих аппаратов следует отнести их громоздкость; диаметр нормализованных аппаратов от 1,8 до 30 м, в отдельных случаях применяются отстойники диаметром до 100 м.

Отстойник для непрерывного разделения эмульсий состоит из нескольких частей. Эмульсия подается в левую часть отстойника, откуда поступает в среднюю сепарационную камеру. Перегородки 2 позволяют регулировать высоту уровня смеси. В сепарационной части исходная смесь разделяется на составляющие под действием сил тяжести. Легкая жидкость поднимается и вытекает из отстойника через верхний штуцер. Тяжелая жидкость опускается, проходит под правой перегородкой 3 и вытекает через нижний штуцер. Каналы для выхода жидкости образуют сообщающиеся между собой сосуды.

Осаждение под действием центробежной силы

Процесс разделения суспензий в отстойных центрифугах складывается из стадий осаждения твердых частиц на стенках барабана и уплотнения осадка.

Для разделения жидких неоднородных систем в центробежном поле применяются следующие машины:

1. Центрифуги периодического, полунепрерывного, непрерывного действия. В основном используются центрифуги непрерывного действия. К ним относятся сепараторы и сверхцентрифуги для разделения эмульсий, а также горизонтальные шнековые осадительные центрифуги.

2. Тарельчатые сепараторы предназначены для разделения эмульсий и осветления тонких суспензий. Преимущество сепараторов в них можно очень быстро и стерильно разделить смеси.

3. Циклоны:

а) аэроциклоны – для разделения газовых неоднородных систем (НС). Получили широкое применение в пищевых производствах. С их помощью

улавливают частицы сахара, барды, сухого жома после сушилок, очищают воздух и газы от крупных взвесей.

б) гидроциклоны – для разделения жидких неоднородных систем (НС). В пищевом производстве получили предпочтение перед громоздкими отстойниками. Применяются в сахарном, пищевом, спиртовом, крахмало-паточном производствах.

3. Электрофилтры. Для осаждения твердых и жидких частиц, взвешенных в газе.

#### Центрифуги

Они могут быть с вертикальным или горизонтальным расположением вала и барабана, периодического, полунепрерывного (суспензия подается непрерывно, а осадок выгружается периодически) и непрерывного действия.

Отстойная центрифуга периодического действия и ручной выгрузкой осадка.

Она состоит из барабана, насаженного на вал и помещенного в корпусе. Под действием центробежной силы, возникающей при вращении барабана твердые частицы осаждаются в виде сплошного слоя на стенке барабана, а осветленная жидкость переливается в кожух и удаляется через расположенный внизу патрубков. По окончании процесса осадок выгружается из центрифуги.

Процесс в отстойной центрифуге состоит из разделения (осаждения) суспензии и отжима или уплотнения осадка.

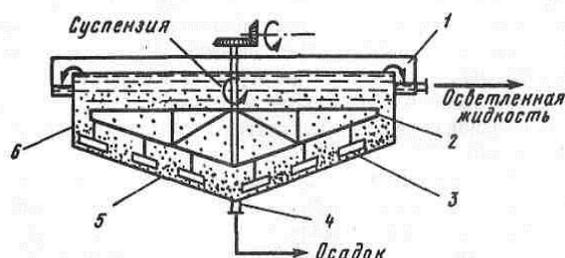


Рисунок 2.21 – Отстойная центрифуга периодического действия и ручной выгрузкой осадка

Для создания центробежных сил используют два приема:

– поток жидкости или газа вращается в неподвижном аппарате, который называется циклоном;

– поток поступает во вращающийся аппарат, называемый центрифугой или сепаратором.

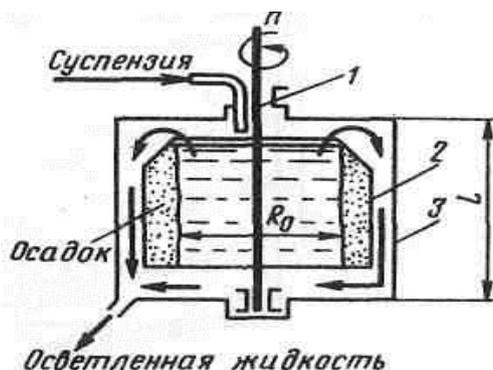


Рисунок 2.22 - Отстойная центрифуга: 1- вал; 2 - барабан; 3 - корпус.

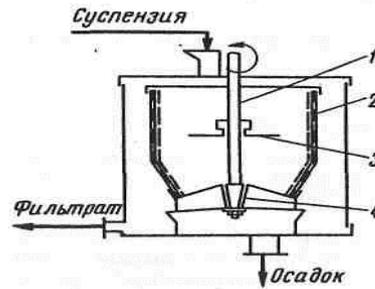


Рисунок 2.23 - Центрифуга с гравитационной выгрузкой осадка: 1-вал; 2– барабан; 3– распределительный диск, 4-упорная втулка

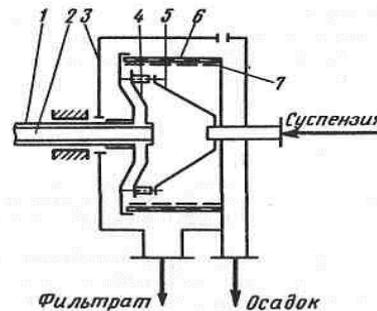


Рисунок 2.24 - Центрифуга непрерывного действия с пульсирующей выгрузкой 1 – полый вал; 2 – шток; 3 – корпус; 4 – поршень-толкатель; 5 – приемный конус; 6 – барабан; 7 – сито

Сепаратор жидкостный для очистки жидких пищевых продуктов.

Суспензия поступает в сепаратор через трубу 5. Частицы с большей плотностью чем жидкость под действием центробежных сил движутся к стенкам барабана и выводятся через выпуск 2. Осветлённая жидкость выходит через выпуск 3

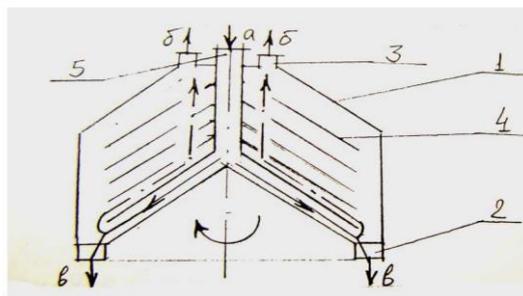


Рис.4.10. Сепаратор жидкостный:

Рисунок 2.25 – Сепаратор жидкостный: 1 - корпус; 2 - выпуск осадка; 3 - выпуск лёгкой фракции; 4 - тарелка перфорированная; 5 - приемное устройство; а - исходная смесь, б - очищенная жидкость; осадок.

### Гидроциклоны

Применяют для осветления, обогащения суспензий, классификации твердых частиц по размерам от 5 до 150 мкм, а также для очистки сточных вод после мойки пищевых агрегатов.

Корпус гидроциклона состоит из верхней цилиндрической части и конического днища. Качество разделения в гидроциклонах зависит от угла конусности. Оптимальным считают угол, равный 10...15°. При таком угле

удлиняются коническая часть гидроциклона и путь твердых частиц и, следовательно, увеличиваются время пребывания частиц и качество разделения.

Суспензия подается тангенциально в цилиндрическую часть и приобретает вращательное движение

Фильтрованием называется процесс разделения суспензий, пылей и туманов через пористую (фильтровальную) перегородку, способную пропускать жидкость или газ, но задерживать взвешенные в них частицы. Фильтрование осуществляется под действием разности давлений перед фильтрующей перегородкой и после нее, или в поле центробежных сил.

В качестве фильтрующих материалов применяют: песок, гравий для фильтрования воды, различные ткани, сетки, пористые материалы, керамику.

По целевому назначению процесс фильтрования может быть очистным или продуктивным.

Очистное фильтрование применяют для разделения суспензий, очистки растворов от разных включений. В этом случае целевым продуктом является фильтрат.

Назначение продуктового фильтрования – выделение из суспензий диспергированных в них продуктов в виде осадка. Целевым продуктом является осадок.

Виды фильтрования:

1. Фильтрование с образованием осадка на поверхности фильтрующей перегородки. Это имеет место, когда диаметр пор твердых частиц больше диаметра пор перегородки. Этот способ осуществим при концентрации твердой фазы суспензии более 1 мас. %.

2. Фильтрование с закупориванием пор происходит, когда твердые частицы проникают в поры фильтровальной перегородки. По мере работы фильтр регенерирует, промывая обратным током жидкости, либо прокалывая металлические фильтровальные перегородки.

Движущая сила и скорость процесса

Движущая сила процесса фильтрования – разность давлений по обе стороны фильтровальной перегородки либо центробежная сила.

Движущая сила процесса фильтрования – разность давлений по обе стороны фильтровальной перегородки либо центробежная сила.

Скорость процесса прямо пропорциональна разности давлений и обратно пропорциональна сопротивлению осадка. Процесс описывается уравнением:

$$\frac{dV}{Fd\tau} = \frac{\Delta P}{m(R_0 + R_{\phi.n.})},$$

где:  $V$  - объем фильтра,  $m^3$ ;

$F$  - площадь поверхности фильтрования,  $m^2$ ;

$\tau$  - продолжительность фильтрования, с;

$\Delta P$  - перепад давлений,  $H/m^2$ ;

$\mu$  - вязкость жидкой фазы,  $H \cdot \frac{с}{м^2}$  ;

$R_0, R_{ф.п.}$  - сопротивление осадка и фильтровальной перегородки,  $м^{-1}$ .

Оборудование для фильтрования.

По принципу действия фильтровальное оборудование делится на оборудование, работающее при постоянном перепаде давления, либо при постоянной скорости фильтрования.

По способу создания перепада давления на фильтровальной перегородке делятся на работающие под вакуумом либо под избыточным давлением.

В зависимости от организации процесса – на оборудование непрерывного и периодического действия.

Нутч – фильтр. Он может работать как под вакуумом, так и под избыточным давлением. Широко распространен в малотоннажных производствах. Суспензию и воздух сжатый подают через отдельные штуцера, фильтрат удаляется через спускной кран 4.

Цикл работы фильтра состоит из заполнения его суспензией, фильтрования суспензии под давлением, удаления осадка с фильтровальной перегородки при вращающейся мешалке и регенерации фильтровальной перегородки.

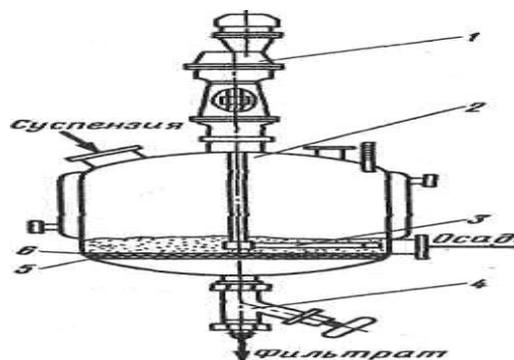


Рисунок 2.26 - Нутч – фильтр с перемешивающим устройством: 1–привод; 2– корпус фильтра; 3 – мешалка; 4 – спускной кран; 5 – фильтровальная перегородка; 6 – фильтровальная ткань.

Рамный фильтр – пресс. Используется для осветления виноматериалов, вина, молока, пива. Фильтрующий блок состоит из чередующихся рам и плит с зажатой между ними фильтровальной тканью или картоном. Рамы и плиты зажимаются винтом.

Каждая рама и плита имеют каналы для ввода суспензии и промывной жидкости. При фильтровании суспензия под давлением подается через каналы в рамах и плитах и распределяется по всем рамам.

При промывке осадка жидкость проходит обратным током. При этом каналы всех нечетных плит должны быть закрыты.

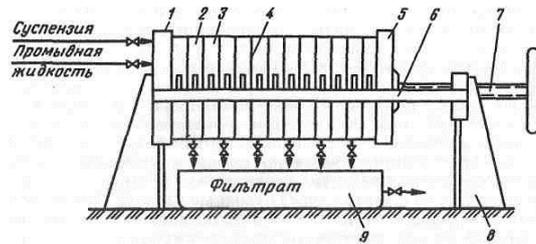


Рисунок 2.27 - Рамный фильтр-пресс: 1 – упорная плита; 2 – рама; 3 – плита; 4 – фильтровальная перегородка; 5 – подвижная плита; 6 – горизонтальная направляющая; 7 – винт; 8 – станина; 9 – желоб.

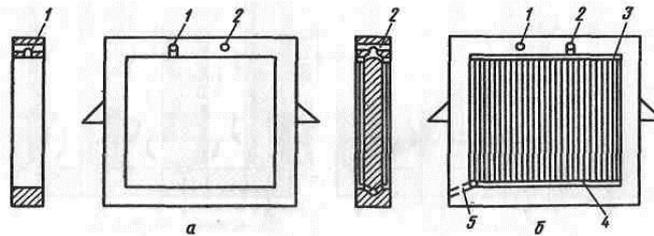


Рисунок 2.28 - Рама (а) и плита (б) фильтр – пресса: 1,2 – каналы для ввода суспензии и промывной жидкости; 3 – дренажный канал; 4 – сборный канал; 5 – отводный канал.

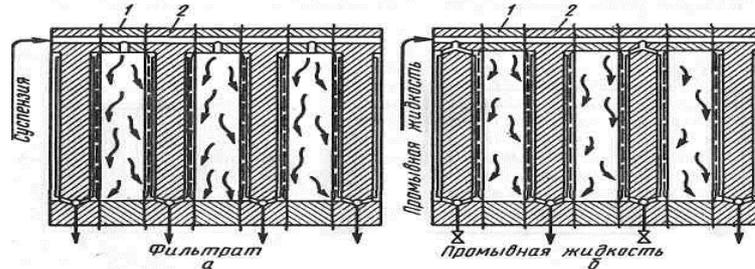


Рисунок 2.29 – Схема работы рамного фильтр-пресса: 1- рама; 2- плита

Фильтр – пресс автоматизированный камерный с механизированной выгрузкой осадка используется для разделения тонкодисперсных суспензий с концентрацией  $10 \dots 500 \text{ кг/м}^3$  при температурах до  $80^\circ\text{C}$ . Фильтр периодического действия. Принцип работы аналогичен предыдущему, но фильтры установлены горизонтально.

Барабанные вакуум-фильтры (рис.5) применяются при непрерывном разделении суспензий концентрацией  $50 \dots 500 \text{ кг/м}^3$ . Вращающийся горизонтальный перфорированный барабан разделен перегородками на несколько одинаковых секций, которые за один оборот барабана проходят несколько рабочих зон: фильтрования, обезвоживания, промывки, удаления осадка и регенерации фильтровальной ткани. Управляет этим распределительная головка. В стадии фильтрования зона фильтра соединяется вакуумом и фильтрат из корыта проходит через фильтровальную ткань.

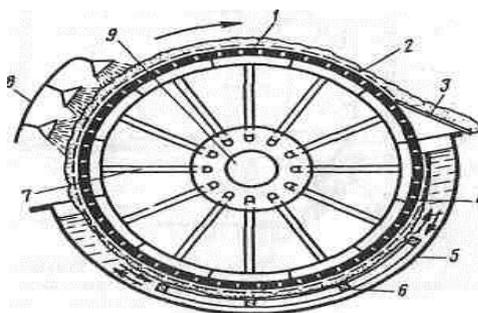


Рисунок 2.30. – Барабанный вакуум-фильтр с распределительной головкой: 1 – перфорированный барабан; 2 – фильтровальная ткань; 3 – ножевое устройство; 4 – секция; 5 – корыто; 6 – мешалка; 7 – труба; 8 – разбрызгиватель; 9 – распределительная головка.

### Фильтрующие центрифуги

Они бывают периодического и непрерывного действия. Отличием фильтрующих центрифуг от отстойных является то, что они имеют перфорированный барабан, обтянутый фильтровальной тканью.

В саморазгружающихся центрифугах осадок удаляется под действием сил тяжести. Суспензия подается на загрузочный диск при вращении барабана с низкой частотой. Нижняя часть барабана имеет коническую форму, благодаря этому осадок сползает со стенок и удаляется через нижний ток.

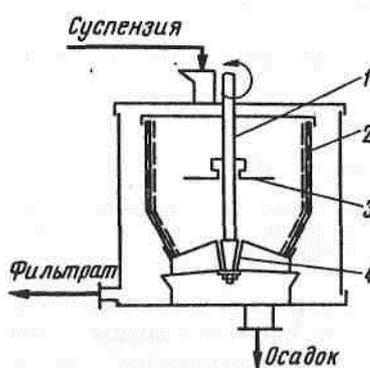


Рисунок 2.31 - Центрифуга с гравитационной выгрузкой осадка: 1 – вал; 2 – барабан; 3 – распределительный диск, 4- упорная втулка

### Разделение газовых гетерогенных систем

Газовые гетерогенные системы делятся на две группы: механические и конденсированные, отличающиеся друг от друга главным образом размером частиц. Механические газовые системы, получаемые в процессах, где твёрдые или жидкие частицы механически распределяются в газовой фазе, имеют размеры частиц 5-50 мкм. Конденсированные газовые системы получают при конденсации частиц из газа или при химическом взаимодействии двух газов. Размеры частиц в конденсированных газовых системах составляют 0,01-0,3 мкм. Указанные выше размеры частиц гетерогенных газовых систем являются в значительной мере условными. Следует указать, что частицы конденсированных систем могут объединяться в более крупные агрегаты. С другой стороны, при распыливающей сушке или обжиге сыпучих материалов часто образуются частицы, приближающиеся по размерам к конденсированным.

Взвешенные частицы размером ниже 2 мкм находятся в так называемом броуновском движении, возникающем вследствие теплового движения молекул газовой среды, что значительно затрудняет их разделение. Частицы меньше 0,1 мкм практически уже не оседают под влиянием силы тяжести и могут находиться во взвешенном состоянии неограниченно долгое время.

В производственных процессах часто приходится проводить разделение газовых неоднородных систем для очистки газов от взвешенных в них твёрдых и жидких частиц. Применяемые методы очистки могут быть разделены на следующие основные группы:

1. Механическая или сухая очистка, при которой осаждение частиц происходит под действием силы тяжести, инерции или центробежной силы.

2. Мокрая очистка путём пропускания газа через слой жидкости или орошения его жидкостью.

3. Фильтрация газов через пористые материалы, не пропускающие частицы.

4. Электрическая очистка газов путём осаждения на электродах взвешенных в газе частиц в электрическом поле высокого напряжения.

Оборудование для очистки газов от взвешенных частиц под действием силы тяжести, такие как пылеосадительные газоходы и пылеосадительные камеры, отличаются низкой степенью очистки (которая обычно не превышает 30-40 %). Причём частицы размером менее 5 мкм вообще не отделяются от газа в таких аппаратах. Помимо низкой эффективности эти пылеосадительные аппараты отличаются громоздкостью и поэтому в настоящее время практически не используются. Для увеличения скорости осаждения частиц и для более полной очистки используют действие центробежной силы, развиваемой газовым потоком в центробежных аппаратах - циклонах.

Для увеличения скорости осаждения частиц и для более полной очистки используют действие центробежной силы, развиваемой газовым потоком в центробежных аппаратах - циклонах.

Внешний вид циклона показан на рис. 66, схема – на рис. 67. Циклон состоит из цилиндрического корпуса с коническим днищем. Запылённый газ вводится в корпус тангенциально через штуцер со скоростью 20-30 м/с. Благодаря тангенциальному вводу он приобретает вращательное движение вокруг трубы, расположенной по оси аппарата. Частицы пыли под действием центробежной силы отбрасываются к стенкам корпуса.

Вращающийся поток газа постепенно достигает нижней части аппарата, где попадает в центральную трубу. По центральной трубе газ движется вверх, сохраняя вращательное движение, и отводится через верхний штуцер.

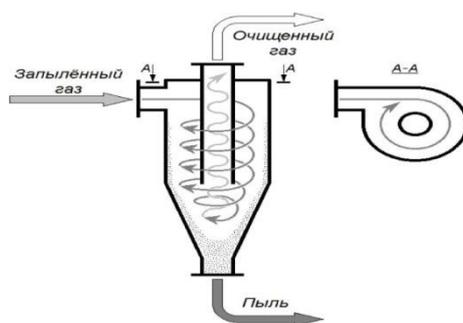


Рисунок 2.32 - Схема циклона

Большая часть частиц осаждается в корпусе аппарата, в центральной трубе происходит доочистка газа от мелких частиц, чему способствует меньший, по сравнению с корпусом, радиус трубы, и, как следствие, большая центробежная сила. Осевшая пыль скапливается на коническом днище аппарата и удаляется через нижний штуцер.

Циклоны характеризуются простотой конструкции, отсутствием движущихся частей, возможностью обработки химически агрессивных сред. Они более компактны, чем аппараты для гравитационного осаждения, и обеспечивают при этом более высокую степень разделения.

К недостаткам циклонов относятся сравнительно высокое гидравлическое сопротивление, невысокая степень улавливания частиц размером менее 10 мкм, механическое истирание корпуса аппарата твёрдыми частицами, чувствительность к колебанию нагрузки по газу.

Степень очистки газа в циклонах тем больше, чем выше фактор разделения  $K_p$ , представляющий собой отношение центробежного ускорения к ускорению свободного падения. Фактор разделения можно повысить либо увеличением скорости газового потока, либо уменьшением радиуса вращения. Однако увеличение скорости сопряжено с резким возрастанием гидравлического сопротивления и увеличением турбулентности потока (которая ухудшает осаждение). В то же время уменьшение радиуса циклона приводит к уменьшению его производительности. Поэтому при больших расходах запыленного газа вместо одного циклона большого диаметра применяют несколько циклонов меньшего диаметра, объединённых в одном корпусе. Такие аппараты называют батарейными циклонами.

#### Центробежный скруббер

Мокрую очистку применяют для очистки газов от пыли и тумана. В качестве промывной жидкости обычно используют воду, реже - водные растворы соды, серной кислоты и других веществ.

Центробежные скрубберы относятся к полым скрубберам, где поверхностью контакта фаз между газом и жидкостью является поверхность капель и стекающей по стенкам аппарата плёнки. В центробежных скрубберах (рис. 69) процесс мокрой очистки интенсифицируется благодаря проведению его в поле центробежных сил.

Запылённый газ поступает в скруббер со скоростью порядка 20 м/с через входной патрубок прямоугольного сечения, расположенный тангенциально, и приобретает вращательное движение. Внутренняя часть

корпуса непрерывно орошается из сопел. Струя жидкости, выходящая из сопла, направляется в сторону вращения очищаемого газа тангенциально к поверхности корпуса и смачивает её. Далее жидкость тонкой плёнкой стекает по поверхности корпуса. Частицы пыли, взвешенные в поднимающемся по винтовой линии потоке газа, под действием центробежной силы отбрасываются к стенкам скруббера, смачиваются плёнкой жидкости и улавливаются ею. Жидкость с поглощённой пылью (суспензия) выводится из аппарата через штуцер в коническом днище. Очищенный газ выходит через верхний патрубок.

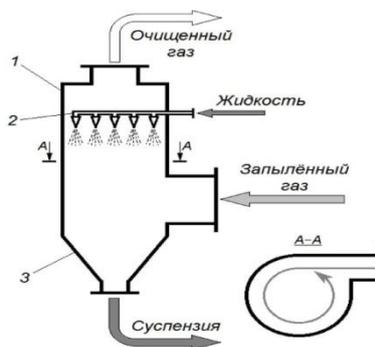


Рисунок 2.33 – Схема центробежного скруббера: 1 - корпус; 2 - кольцевая оросительная труба с форсунками; 3 - коническое днище

Центробежные скрубберы, объединяя в себе достоинства циклонов и аппаратов для мокрой очистки газов, отличаются повышенной степенью улавливания пыли: частицы размером 2-5 мкм улавливаются на 90 %, а размером 1520 мкм - более чем на 95 %. Гидравлическое сопротивление центробежных скрубберов ниже гидравлического сопротивления циклонов (500-800 Па), а расход жидкости ниже, чем в других аппаратах мокрой очистки (0,1-0,2 м на 1000 м очищаемого газа).

Недостатки центробежных скрубберов - общие для аппаратов мокрой очистки: увлажнение очищаемого воздуха и образование суспензии, требующей дальнейшего разделения или утилизации.

#### Барботажный (пенный) пылеуловитель

Барботажные пылеуловители используют для очистки сильно запыленных газов. В таких аппаратах жидкость, взаимодействующая с газом, приводится в состояние подвижной пены, что обеспечивает большую поверхность контакта фаз. Барботажный пылеуловитель (рис. 70) выполняется в виде цилиндрического или прямоугольного корпуса, в котором находится перфорированная тарелка. Промывная жидкость подается на тарелку через боковой штуцер, а в нижнюю часть аппарата подается запыленный газ, который проходит через отверстия в тарелке и барботирует через жидкость, превращая её в слой подвижной пены. В слое пены пыль поглощается жидкостью, часть которой удаляется из аппарата через переливной порог, а другая часть сливается через отверстия в тарелке, промывая их и улавливая в подтарелочном пространстве крупные частицы пыли. Образующаяся суспензия выводится через штуцер в коническом днище аппарата. Обычно для очистки газов достаточно одной тарелки, но

при большом пылесодержании и высоких требованиях к качеству очистки возможно использование аппаратов с двумя-тремя тарелками.

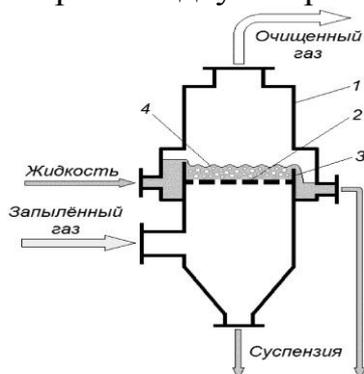


Рис. 70. Схема барботажного (пенного) пылеуловителя.

Рисунок 2.34 – Барботажный пылеуловитель: 1 - корпус; 2 - перфорированная тарелка; 3 - переливной порог; 4 - барботажный слой

### Трубчатый электрофильтр

По форме электродов электрофильтры делятся на трубчатые и пластинчатые, а в зависимости от влажности газового потока - на сухие и мокрые. В сухих электрофильтрах очистка газа происходит при температуре выше точки росы и улавливается сухая пыль. Мокрые электрофильтры предназначены для удаления влажной пыли, а также для осаждения взвешенных в газе капель жидкости.

Трубчатый электрофильтр представляет собой аппарат, в котором расположены осадительные электроды, выполненные в виде труб диаметром 150-300 мм и длиной 3-4 м. По оси труб проходят коронирующие электроды из проволоки, которые подвешены к раме. Запылённый газ подаётся в нижнюю часть аппарата и движется вверх внутри труб-электродов. Под действием электростатического поля взвешенные в газе частицы пыли поляризуются и оседают на электродах. С электродов пыль удаляют путём их встряхивания, при этом пыль сыпается в бункер и выводится через нижний штуцер. Очищенный газ выходит из аппарата сверху.

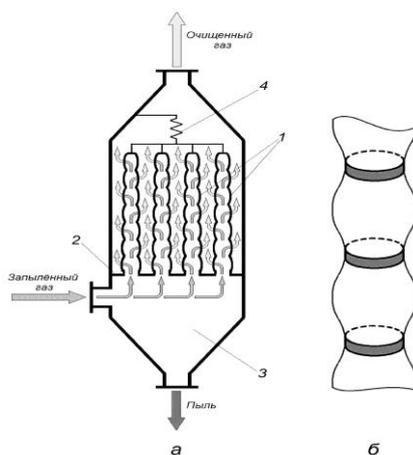


Рисунок 2.35 – Схема рукавного фильтра (а) и участка рукава с кольцами жёсткости (б): 1 - рукава; 2 - трубчатая решётка; 3 - разгрузочный бункер; 4 - устройство для встряхивания рукавов

Поведение жидкостей характеризуется некоторым критерием, который называется критерием Рейнольдса. Значение  $Re$  есть величина безразмерная, (как коэффициент). Значение критерия Рейнольдса равняется

$$Re = w d \rho / \mu = \frac{m/c \cdot m \cdot kg/m^3}{kg/(m \cdot c)} = \frac{m \cdot m \cdot kg \cdot m \cdot c}{kg \cdot c \cdot m^3}$$

Сокращаются в числителе  $m, m, m$  и в знаменателе  $m^3$ ,  $kg$  в числителе  $kg$  в знаменателе,  $сек$  в числителе и  $сек$  в знаменателе. Никаких размерностей не остается, поэтому называется безразмерная величина.

Расчетные формулы

Величина центробежной силы  $P_{ц}$  (в Н), действующей на частицу,

$$P_{ц} = m \omega^2 R = m \varpi^2 / R,$$

где  $m$  — масса частицы, кг;  $\omega$  - угловая скорость, рад/с.

$$\omega = 2\pi n / 60 = \pi n / 30 = \omega / R$$

$w$  - окружная скорость вращения, м/с;

$$\varpi = 2\pi R n / 60 = \omega R$$

$R$  - радиус вращения частицы, м;  $n$  - частота вращения барабана, об/мин.

Фактор разделения

$$\Phi = \omega^2 R / g = w^2 / (Rg) = \pi^2 n^2 R / (900g) \approx n^2 R / 900 .$$

Скорость центробежного осаждения  $\omega_{ос}$  (в м/с)

$$w_{ос} = d^2 \omega^2 R (\rho_{ч} - \rho_c) / (18\mu_c) = d^2 \omega^2 (\rho_{ч} - \rho_c) / (18R \mu_c)$$

Внутренний диаметр  $d$  (в м) гидроциклона

$$d = 1,66 \alpha^{0,143} V^{0,715} / p^{0,36},$$

где  $\alpha$  - угол конусности, рад;  $V$  - производительность гидроциклона по суспензии, м<sup>3</sup>/ч;  $p$  — напор, под которым суспензия входит в гидроциклон, Па.

Диаметр частиц  $d_{ч}$  (в мкм), выделяемых в гидроциклоне

$$d_{ч} > 4,1 \cdot 10^5 \cdot \alpha^{0,35} \cdot d^{0,2} / p^{0,25} \sqrt{\mu_c / \Delta\rho(1-\varphi)}^{4,65}$$

где  $\mu$  - динамическая вязкость среды, Па-с;  $\Delta\rho$  - разность плотностей частиц и среды, кг/м<sup>3</sup>;  $\varphi$  - объемная доля твердой фазы в суспензии.

Задача 1. Определить предельный диаметр жировых шариков и количество сливок и отсепарированного молока, выделяемых в сепараторе производительностью  $V = 0,0014$  м<sup>3</sup>/с, если угловая скорость барабана  $\omega = 628$  рад/с, число тарелок  $z = 110$ , угол наклона образующей тарелки  $\alpha = 45^\circ$ ,  $R_6 = 140$  м,  $R_m = 47$  мм, плотность молока  $\rho_c = 1024$  кг/м<sup>3</sup>, плотность жировых шариков  $\rho_{ш} = 900$  кг/м<sup>3</sup>, динамическая вязкость молока  $\mu_m = 0,001$  Па-с, жирность молока  $Ж_m = 4,5\%$ , жирность сливок  $Ж_c = 35\%$ , жирность отсепарированного молока  $Ж_o = 0,03\%$  и КПД сепаратора  $\beta = 0,6$ .

Из формулы

$$V = d_{ш}^2 \omega^2 z \operatorname{tg} \alpha (R_6^3 - R_m^3) (\rho_c - \rho_{ш}) \beta / (8,6\mu_c)$$

находим предельный диаметр выделяемых жировых шариков

$$d_{ш} = \sqrt{8,6 V \mu_c / (\omega^2 z \operatorname{tg} \alpha (R_6^3 - R_m^3) (\rho_c - \rho_{ш}) \beta)}$$

$$d_{ш} = \sqrt[3]{8,6 \cdot 0,0014 \cdot 0,001 / 628^2 \cdot 110 \operatorname{tg} 45^\circ (0,14^3 - 0,047^3) (1024 - 900) 0,6} = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 1,2 \text{ мкм}$$

Количество получаемых сливок согласно формуле

$$V = d_{ш}^2 \omega^2 z \operatorname{tg} \alpha (R_б^3 - R_м^3) (\rho_c - \rho_{ш}) \beta / (8,6 \mu_c)$$

$$G_c = 0,0014 \cdot 1024 (4,5 - 0,03) / 35 - 0,03 = 0,183 \text{ кг/с}$$

Тогда объем отсепарированного молока

$$V_0 = V_m - V_c = 0,0014 - 0,183 / 900 = 0,0012 \text{ м}^3/\text{с}$$

Известно, что жидкость при движении находится в трех режимах:

1. Ламинарный; 2. Переходный 3. Турбулентный.

Каждый из этих режимов определяется значением числа Рейнольдса.

Если число Рейнольдса меньше двух, то любая жидкость сохраняет спокойное течение, которое называется ламинарным. Если больше двух начинается неспокойное, волнообразное течение, которое называется переходным. При значении числа Рейнольдса больше 500 устанавливается турбулентный режим.

Расчетные формулы

### Контрольные вопросы

1. Неоднородные и гетерогенными системы.
2. Методы разделения неоднородных систем
3. Оборудование для отстаивания и осаждения.
4. Оборудование для осаждения под действием центробежной силы
5. Оборудование для фильтрования.
6. Принцип работы центробежного скруббера

## Раздел III. Технологическое оборудование для обработки сырья и полуфабрикатов соединением

Цели и способы перемешивания

Потребность в выполнении технологической операции соединения может возникать при смешивании различных компонентов; для вымешивания сырья до нужной консистенции; в процессе приготовления эмульсий и растворов; для достижения однородности продукции в течение определенного времени; в случае, когда необходимо интенсифицировать тепло- и массообменные процессы.

Выбор способа перемешивания и оборудования для выполнения этой операции определяется его целью и агрегатным состоянием обрабатываемых сред.

Перемешивание в жидкой среде применяют при получении суспензий и эмульсий.

При смешивании пластичных и сыпучих материалов ставится задача получения однородной массы основного вещества с различными твердыми, жидкими и пластичными добавками.

При перемешивании интенсифицируются тепловые, диффузионные и биохимические процессы.

Для перемешивания используют смесители различных конструкций.

Качество перемешивания характеризуется степенью (равномерностью) смешивания фаз.

### **3.1. Перемешивание жидких сред**

Для перемешивания жидких сред используют несколько способов: пневматический, циркуляционный, статический и механический с помощью мешалок.

Пневматическое перемешивание осуществляют с помощью сжатого газа (в большинстве случаев воздуха), пропускаемого через слой перемешиваемой жидкости. Для равномерного распределения газа в слое жидкости газ подается в смеситель через барботер.

Барботер представляет собой ряд перфорированных труб, расположенных у днища смесителя по окружности или спирали.

В ряде случаев перемешивание осуществляется с помощью эжекторов.

Интенсивность перемешивания определяется количеством газа, пропускаемого в единицу времени через единицу свободной поверхности жидкости в смесителе.

Пневматическое перемешивание имеет ограниченное применение. Оно используется тогда, когда допускается взаимодействие перемешиваемой жидкости с газом.

Циркуляционное перемешивание осуществляют с помощью насоса, перекачивающего жидкость по замкнутой системе смеситель - насос - смеситель.

Интенсивность циркуляционного перемешивания зависит от кратности циркуляции, т. е. отношения подачи циркуляционного насоса в единицу времени к объему жидкости в аппарате. В ряде случаев вместо насосов могут применяться паровые эжекторы.

Статическое смешивание жидкостей невысокой вязкости, а также газа с жидкостью осуществляется в статических смесителях за счет кинетической энергии жидкостей или газов.

Статические смесители устанавливают в трубопроводах перед реактором или другой аппаратурой или непосредственно в реакционном аппарате.

Простейшими статическими смесителями являются устройства с винтовыми вставками различной конструкции.

Геометрические характеристики отдельного элемента определяются углом и направлением закручивания, а также соотношением диаметра и длины. Количество установленных элементов зависит от вязкости, а также от соотношения вязкостей смешиваемых жидкостей: чем выше вязкость и различие в вязкости жидкостей, тем больше устанавливают элементов.

Статические смесители используют также при получении эмульсий. Вихревой эмульсор для получения эмульсии жирофосфатидной смеси в обезжиренном молоке (заменитель цельного молока). Вихревой эмульсор обеспечивает высокую эффективность эмульгирования при давлении 0,3...0,36 МПа, прост в изготовлении и эксплуатации. Принцип его действия заключается в использовании эффекта центробежной форсунки при каскадном истечении жидкости. Получаемая эмульсия с размером частиц до 3 мкм не расслаивается в течение 24 ч.

В перерабатывающих производствах наибольшее распространение получило механическое перемешивание.

Механическое перемешивание используют для интенсификации гидромеханических процессов (диспергирования), тепло- и массообменных, биохимических процессов в системах жидкость – жидкость, газ – жидкость и газ – жидкость – твердое тело. Осуществляют его с помощью различных перемешивающих устройств – мешалок. Мешалка представляет собой комбинацию лопастей, насаженных на вращающийся вал.

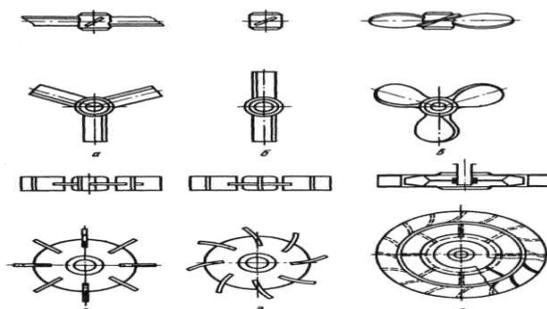


Рисунок 3.1 - Типы мешалок: а-трехлопастные, б-двухлопастные, в - пропеллярные, 2 - открытая турбинная с наклонными лопастями.

По частоте вращения делятся на тихоходные и быстроходные. Тихоходные – лопастные, ленточные, якорные, и шнековые мешалки. Частота вращения 30..90 об/мин. Окружная скорость на конце лопасти для вязких жидкостей 2..3 м/с

Быстроходные – пропеллерные и турбинные мешалки. Частота вращения 100..3000 об/мин, окружная скорость 3..20 м/с.

Все перемешивающие устройства, применяемые в пищевых производствах, можно разделить на две группы: в первую группу входят лопастные, турбинные и пропеллерные, во вторую - специальные - винтовые, шнековые, ленточные, рамные, ножевые и другие, служащие для перемешивания пластичных и сыпучих масс.

Лопастные, ленточные, якорные и шнековые мешалки относятся к тихоходным: частота их вращения составляет  $30...90 \text{ мин}^{-1}$ , окружная скорость на конце лопасти для вязких жидкостей - 2...3 м/с.

Преимущества лопастных мешалок - простота устройства и невысокая стоимость. К недостаткам относится создаваемый слабый осевой поток жидкости, что не обеспечивает полного перемешивания во всем объеме

смесителя. Усиление осевого потока достигается при наклоне лопастей под углом  $30^\circ$  к оси вала.

Якорные мешалки имеют форму днища аппарата. Их применяют при перемешивании вязких сред. Эти мешалки при перемешивании очищают стенки и дно смесителя от налипающих загрязнений.

Шнековые мешалки имеют форму винта и применяются, как и ленточные, для перемешивания вязких сред.

К быстроходным относятся пропеллерные и турбинные мешалки: частота их вращения составляет от 100 до 3000  $\text{мин}^{-1}$  при окружной скорости 3...20 м/с.

Пропеллерные мешалки изготавливают с двумя или тремя пропеллерами. Они обладают насосным эффектом и используются для создания интенсивной циркуляции жидкости. Применяются для перемешивания жидкостей вязкостью до 2 Па·с.

Турбинные мешалки изготавливают в форме *a* - трехлопастная; *b* - двухлопастная; *в* - пропеллерная; *г* - открытая турбинная; *д* - открытая турбинная с наклонными лопастями; *е* - закрытая турбинная с плоскими, наклонными и криволинейными лопастями. Они бывают открытого и закрытого типов. Закрытые мешалки имеют два диска с отверстиями в центре для прохода жидкости. Для одновременного создания радиального и осевого потоков применяют турбинные мешалки с наклонными лопастями. Турбинные мешалки обеспечивают интенсивное перемешивание во всем рабочем объеме смесителя. Для уменьшения кругового движения жидкости и образования воронки в смесителе устанавливаются отражательные перегородки.

#### Перемешивание пластичных масс

При перемешивании пластичных масс, например при получении теста, не только смешиваются различные компоненты, но и тесто при этом разминается, насыщается воздухом и приобретает определенные свойства.

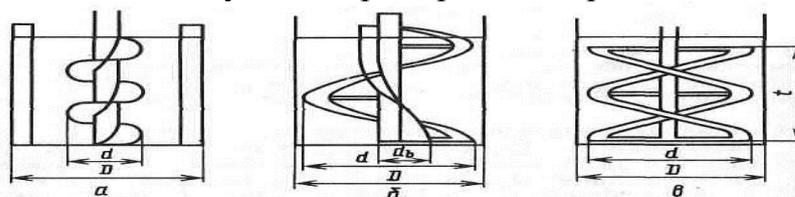


Рисунок 3. 2 - Схемы шнековых (а) и ленточных (б, в) мешалок.

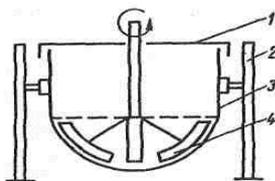


Рисунок 3.3 - Аппарат для приготовления теста: 1 – крышка, 2 – стойка, 3 – корпус, 4 – месильные устройства.

Месильные устройства 4 расположены под  $90^\circ$  – частота вращения мешалки 12 об/мин. Статическое перемешивание осуществляется в статических смесителях за счет кинетической энергии жидкостей или газов.

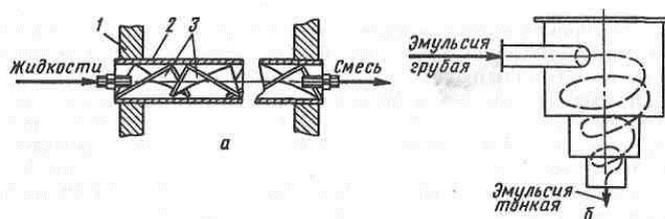


Рисунок 3.4 - Статические смесители: а – цилиндрический с выставными элементами: 1- фланец. 2-корпус. 3-смешивающие элементы. б – эмульсор вихревой.

### 3.2. Перемешивание сыпучих материалов

Для перемешивания сыпучих материалов в пищевых производствах используют смесители, работающие в других отраслях, а также смесители специально сконструированные для смешивания определенных материалов. Различают смесители непрерывного и периодического действия.

Смесители периодического действия: барабанные, ленточные, центробежные, центробежные, червячно – лопастные, пневмосмесители. Смесители непрерывного действия: барабанные, червячно – лопастные, роторные.

Смесители также делятся на тихоходные и скоростные.

Скоростные смесители бывают одно и двух ступенчатыми. Одна ступень может быть обогреваемой, а другая - охлаждаемой.

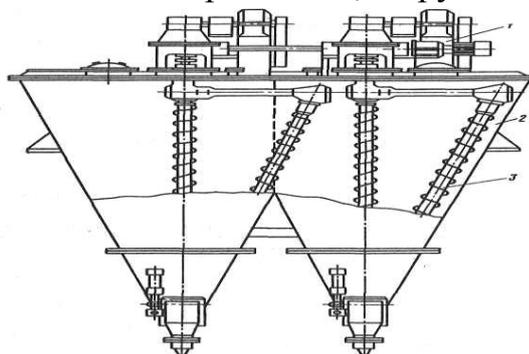


Рисунок 3.5 - Планетарно-червячный смеситель: 1-привод, 2-конический корпус, 3-перемешивающие устройства.

Наклонный червяк вращается вокруг своей оси (60 об/мин) и вокруг оси конуса (1,58 об/мин). Размеры перемешивающих зерен не более 10м.

Для обеспечения однородного состояния продукции в течение определенного времени служат гомогенизаторы.

Жидкие продукты, такие, как молоко и сливки, обрабатывают в гомогенизаторах клапанного типа.

Принцип действия гомогенизаторов этого типа заключается в следующем. Молоко в цилиндре гомогенизатора сжимается с помощью плунжера при давлении 15...20 МПа. Выход его из цилиндра возможен только при подъеме клапана, который прижат к седлу пружиной. Она отрегулирована таким образом, что клапан перемещается только при достижении в цилиндре рабочего давления.

Гомогенизация может происходить только при условии, что молочный жир находится в жидком состоянии, поэтому температура гомогенизируемого продукта должна составлять 45...85<sup>0</sup> С.

В мясной промышленности при производстве колбасных изделий, фаршевых консервов, полуфабрикатов, при производстве соленых и копченых мясопродуктов, пищевых жиров, переработке крови, желатина используется процесс механического перемешивания. Применяется оборудование периодического действия – это фаршемешалки и непрерывного действия. – фаршесмесители. Процессы бывают открытые и вакуумные, фаршемешалки вакуумные, фаршесмесители периодического действия с отъемной чашей, смеситель А1-ФЛБ/1, А1-ФЛВ/2, лопастной фаршесмеситель, вибросмеситель, например, для пельменного теста, вакуумный вибросмеситель.

Для перемешивания пластично-вязких (тестообразных) продуктов применяют фаршемешалки, смесители, тестомесильные машины и гомогенизаторы-пластификаторы. Смесители и гомогенизаторы относятся к оборудованию непрерывного действия, все остальные машины - к оборудованию периодического действия.

Эффективность перемешивания мясного сырья зависит главным образом от конструктивных особенностей и типа фаршемешалок. В зависимости от расположения рабочих органов в резервуаре они делятся на вертикальные и горизонтальные.

В фаршемешалках первого типа перемешивающее устройство закреплено на вертикальном валу, опускаемом в чашу-резервуар; в фаршемешалках второго типа перемешивающие рабочие органы, которые могут представлять собой шнеки, лопасти или лопатки, закреплены на одном или двух горизонтальных валах.

При двухвальной системе перемешивания валы вращаются навстречу друг другу с одинаковой или разной скоростью.

Фаршемешалки могут быть с открытым и герметичным резервуарами. Последние оснащают вакуумными насосами. Цвет и консистенция продукта, получаемого в вакуумных фаршемешалках, улучшаются, а уровень микробиологической обсемененности снижается.

В зависимости от способа выгрузки фаршемешалки бывают с поворотным, опрокидывающимся и неподвижно закрепленным резервуаром. Загрузка может быть ручной или механизированной. В последнем случае фаршемешалки оснащают специальными подъемниками-опрокидывателями транспортных тележек.

Вибрационная обработка фарша под вакуумом при производстве вареных и полукопченых колбас позволяет значительно интенсифицировать процесс его приготовления без предварительной выдержки сырья в посоле. При этом достигаются оптимальные значения структурно-механических свойств фарша. Воздействие вибрации способствует удалению воздуха из обрабатываемого фарша, что позволяет получить стабильную фаршевую

массу, снижает пористость колбас, уменьшает появление бульонных и жировых отеков готовых изделий.

Вибросмеситель – предназначен для посола и перемешивания мяса и фарша под вакуумом при производстве ветчинных и колбасных изделий. Он состоит из станины, вибратора, смесителя, вакуумной и пневматической систем, электрооборудования и подъемника.

Вибратор генерирует механические колебания, которые через корпус смесителя и перемешивающие органы передаются мясному сырью.

Привод вибратора состоит из электродвигателя, клиноременной передачи, подшипникового промежуточного узла, карданного вала.

Смеситель служит для перемешивания компонентов фарша под одновременным воздействием механических колебаний и вакуума, а также для выгрузки готового продукта через переднее окно корпуса. Он представляет собой сборную конструкцию, состоящую из сварного корпуса (дежи); двух перемешивающих шнеков; верхней и передней крышек, обеспечивающих герметичность внутренней полости корпуса смесителя; двух пар силовых пневмоцилиндров, установленных на боковых стенках корпуса и предназначенных для открывания и закрывания крышек с помощью системы рычагов, а также привода, передающего вращение шнекам. Привод состоит из электродвигателя, клиноременной передачи, редуктора и карданного вала.

Вакуумная система предназначена для создания в емкости смесителя давления 0,04...0,02 МПа и включает в себя вакуумную станцию, состоящую из вакуумного водокольцевого насоса ВВН-1,5М, магистрали подачи воды к вакуумному насосу и обратного клапана, вакуум-провода, соединяющего вакуумную станцию и вакуумный блок (предназначен для контроля вакуумметрического давления в смесителе, удаления из отсасываемого воздуха взвешенных частиц мясного сырья и создания в деже смесителя давления, равного атмосферному, после окончания перемешивания и виброобработки фарша), входного вакуумного клапана, который служит для забора удаляемого воздуха из внутренней зоны корпуса смесителя.

Пневматическая система служит для очистки и подготовки сжатого воздуха, который поступает из пневмомагистрали цеха, и подачи его к силовым узлам - пневмоцилиндрам крышек смесителя.

Электрическая схема вибросмесителя обеспечивает его функционирование в двух режимах: перемешивание с вибрацией и перемешивание в ручном режиме. Для этого на пульте автоматического управления расположен трехпозиционный тумблер, имеющий три положения: первое – режим виброобработки; второе — режим перемешивания; третье – нейтральное, при котором возможна ручная загрузка сырья и выгрузка фарша.

Для механизации загрузки в смеситель мясного сырья и других компонентов предусмотрен подъемник, который состоит из станины, привода, каретки, захвата для фиксации тележки. После подъема на

необходимую высоту захват поворачивает тележку на 135° для выгрузки содержимого в смеситель.

Перед началом загрузки трехпозиционный тумблер устанавливают в нейтральное положение.

Гомогенизатор-пластификатор состоит из станины, корпуса со шнеками, приемного бункера и привода, который позволяет регулировать частоту вращения подающих шнеков (с помощью вариатора) в пределах 0,2...0,387 с<sup>-1</sup>. Частота вращения ротора с лопастями не регулируется и составляет 11,86 с<sup>-1</sup>.

Для предотвращения налипания масла рабочие органы гомогенизатора смазывают перед началом работы специальным горячим раствором. Производительность гомогенизатора зависит от частоты вращения подающих шнеков и составляет 760... 1520 кг/ч. Мощность привода 18,3 кВт.

Гомогенизаторы используются также для обработки расплавленной сырной массы при производстве плавящихся сыров.

Для перемешивания сыпучих материалов при производстве комбикормов используют смесители различных конструкций. По принципу работы их делят на смесители непрерывного и периодического действия.

К группе смесителей непрерывного действия относятся горизонтальные, двухвальные смесители.

Смеситель применяют для смешивания муки при ее витаминизации, для предварительного смешивания микродобавок с наполнителем при производстве премиксов. Два параллельно расположенных лопастных шнека вращаются в противоположных направлениях. Один шнек (подающий) перемещает основную массу продукта от входа к разгрузке, другой (возвращающий) подает часть продукта в обратном направлении.

Угол наклона лопастей к оси подающего шнека 14°, возвращающего – 12°. Шаг подающего шнека 120 мм, возвращающего – 105 мм. Диаметры обоих шнеков одинаковы и составляют 160 мм.

Компоненты из приемного патрубка поступают в шнек, который смешивает их и перемещает к выходному патрубку. Одновременно часть продукта перебрасывается на второй, параллельный шнек, с помощью которого она возвращается вновь к приемному отверстию. Остальная часть продукта достигает выходного патрубка и выгружается.

#### Расчетные формулы

Основными показателями, характеризующими процесс перемешивания, являются эффективность перемешивания и расход энергии на проведение процесса.

Эффективность перемешивания и смешивания жидких, сыпучих и пластических сред оценивается степенью однородности  $\beta$  получаемой смеси.

$$\beta = 1 - (a/v)$$

где  $a$  - среднее для нескольких зон объема отклонение от средней концентрации, %;  $b$  - средняя концентрация основного компонента в любой пробе смеси, взятой из различных зон аппарата, %;

$$b = V_T \rho_T \cdot 100 / (V_{ж} \rho_{ж} + V_T \rho_T)$$

где  $V_T$  и  $V_{ж}$  - объемы твердых частиц и жидкости, м<sup>3</sup>;  $\rho_T$  и  $\rho_{ж}$  - плотности твердых частиц и жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

Частоту вращения мешалки  $n$  (в об/с), при которой достигается практически равномерное распределение составных частей во всем объеме суспензии, находят по формуле

$$n = C_1 \sqrt{(\Delta \rho_{дч}/\rho_c)(D^{X_1}/d^{Y_1})}$$

где  $\Delta \rho$  - разность плотностей частиц и среды, кг/м<sup>3</sup>;  $d_{ч}$  - эквивалентный диаметр твердых частиц, м;  $D$  и  $d$  - внутренний диаметр аппарата и диаметр мешалки, м;  $\rho_c$  - плотность среды или смеси, кг/м<sup>3</sup> (если плотности смешиваемых компонентов различаются более чем на 30%, то в расчетах принимают плотность смеси, рассчитанную по формуле

$$\rho_c = \rho_T \varphi + \rho_{ж}(1 - \varphi)$$

Значения коэффициента  $C_1$  показателей степеней  $X_1$  и  $Y_1$  приведены в табл.2.

Частоту вращения  $n$  (в об/с) мешалки при перемешивании эмульсий рассчитывают по формуле

$$n = C_2 \Delta \rho^{0,315} \sigma^{0,185} D^{X_2} / (\rho_c^{0,5} d^{Y_2})$$

где  $\sigma$  - поверхностное натяжение смеси, Дж/м<sup>2</sup>. Значения коэффициента и показателей степеней  $X_2$  и  $Y_2$  приведены в табл. X-2

Мощность  $N_p$  (в Вт), потребляемая мешалкой в рабочий период,

$$N_p = K_N d^5 n^3 \rho$$

где  $d$  - диаметр мешалки, м;  $n$  - частота вращения мешалки, об/с;  $\rho$  - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $K_N$  - коэффициент мощности (для модельных мешалок)  $K_N$  находят в зависимости от типа мешалки и критерия Рейнольдса для мешалки.

$$Re_M = n d^2 \rho / \mu$$

При отношении  $(H/D \neq 1)$  значение  $N_p$  умножают на поправочный коэффициент  $f_H$

$$f_H = \sqrt{H/D}$$

Шероховатость внутренних стенок аппарата, наличие в ней змеевика и гильзы для термометра характеризуют следующими множителями для  $N_p$ :  $f_{ш} = 1- 1,2$  - для очень шероховатых стенок;  $f_3 = 2-3$  - при наличии змеевика вдоль вертикальных стенок или у днища аппарата;  $f_r = 1,1$  - при наличии гильзы для термометра.

При коэффициенте  $f_H = 1,3$ , учитывающем пусковой момент и КПД передачи  $\eta = 0,8-0,85$  необходимую мощность электродвигателя для мешалки  $N_{дв}$  (в кВт) определяют по формуле

$$N_{дв} = 1.3 N_p f_H f_{ш} f_3 f_r / 1000 \eta$$

При расчете пневматического перемешивания определяем расход газа (воздуха) и необходимое давление его.

Объемный расход газа (воздуха)  $V$  (в  $\text{м}^3/\text{ч}$ ) при атмосферном давлении находят по формуле

$$V = 10^{-5} K F p$$

где  $K$  – опытный коэффициент ( $K=0,24-0,3$  – при слабом перемешивании  $K=0,35-0,5$  – при умеренном и  $K=0,45-0,6$  – при интенсивном перемешивании);  $F$  – поверхность жидкости в аппарате,  $\text{м}^2$ ;  $p$  – давление воздух (газа), Па.

При расчете барботеров расход воздуха на  $1 \text{ м}^2$  свободной поверхности жидкости принимают равным  $0,4 \text{ м}^3/\text{мин}$  – для слабого перемешивания;  $0,8 \text{ м}^3/\text{мин}$  – для умеренного и  $1 \text{ м}^3/\text{мин}$  – для интенсивного перемешивания.

**Задача 1.** Определить мощность электродвигателя и частоту вращения лопастной мешалки диаметром  $d=1 \text{ м}$  и шириной  $b = 0,1 \text{ м}$ , установленной в аппарате диаметром  $D=1,5 \text{ м}$  для перемешивания жидкости слоем  $H=1,2 \text{ м}$  с твердыми частицами, если плотность жидкости  $\rho_{\text{ж}} = 1100 \text{ кг}/\text{м}^3$  и вязкость ее  $\mu_{\text{ж}} = 0,024 \text{ Па}\cdot\text{с}$ . Массовое содержание твердой фазы в жидкости  $X_{\text{T}} = 18\%$ , эквивалентный диаметр твердых частиц  $d_{\text{ч}} = 3 \text{ мм}$  и плотность их  $\rho_{\text{ч}}=1500 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Аппарат с шероховатыми внутренними стенками имеет змеевик вдоль вертикальных стенок и гильзу для термометра.

Решение. Так как плотности перемешиваемых компонентов суспензии различаются более чем на 30%, то в расчетах  $n$  и  $\text{Re}_M$  принимаем плотность смеси, рассчитанную по формуле

$$\rho_{\text{с}} = 1 / [\chi_{\text{T}} / \rho_{\text{T}} + (1 - \chi_{\text{T}}) / \rho_{\text{в}}]$$

$$\rho_{\text{с}} = 1 / [0,18/1500 + (1 - 0,18)/1100] = 1149 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

Объемная доля твердой фазы в суспензии по формуле

$$\varphi = \chi_{\text{T}} \rho_{\text{с}} / \rho_{\text{T}} = 0,18 \cdot 1149 / 1500 = 0,138$$

Динамическая вязкость смеси по формуле

$$\mu = \mu_{\text{с}} (1 + 2,5 \varphi) = 0,024 (1 + 2,5 \cdot 0,138) = 0,0389 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

Приняв для лопастной мешалки  $C_1 = 46,4$  и показатели степеней  $C_1 = 0$  и  $Y_1=1$ , найдем частоту вращения мешалки по формуле :

$$n = C_1 \sqrt{(\Delta \rho_{\text{дч}} / \rho_{\text{с}}) (D^X / d^Y)}$$

$$n = 46,4 / ((1500 - 1100) 0,003 / 1.149)^{1,5} = 1,64 \text{ об}/\text{с}.$$

Число Рейнольдса для мешалки рассчитаем по формуле

$$\text{Re}_M = n d^2 \rho / \mu$$

$$\text{Re}_M = 1,64 \cdot 1,0^2 \cdot 1149 / 0,0389 = 48 441.$$

Согласно полученному значению  $\text{Re}_M = 48441$  для модельной лопастной мешалки № 2 с отношениями  $D/d = 2$  и  $b/d = 0,885$  в аппарате со змеевиком величина коэффициента мощности  $K_N=1,6$ .

Для принятой к установке мешалки

$$D/d = 1,5/1,0 = 1,5; \quad H/D = 1,2/1,5 = 0,8; \quad b/d = 0,1/1,0 = 0,1.$$

В связи с отсутствием геометрического подобия, модельной и принятой мешалки введем, к величине  $K_N$  поправочные множители

$$f_D = (1,5,2)^{1,1} = 0,73; f_h = (0,8/1,0)^{0,6} = 0,87; f_b = (0,1/0,885)^{0,3} = 0,96.$$

Тогда

$$K_{NI} = K_N f_D f_h f_b = 1,6 \cdot 0,73 \cdot 0,96 \cdot 0,87 = 1,09.$$

Мощность, потребляемую мешалкой в рабочий период, найдем по формуле

$$N_p = K_N d^5 n^3 \rho = 1,09 \cdot 1,0^5 \cdot 1,64^3 \cdot 1149 = 5524 \text{ Вт.}$$

Так как высота слоя жидкости в аппарате не равна его диаметру, то поправочный множитель  $f_H$  по формуле

$$f_H = \sqrt{H/D}$$

Учитывая шероховатость стенок аппарата, наличие в нем змеевика гильзы для термометра, примем соответствующие множители:  $f_{ш}=1,15$ ,  $f_3=2$  и  $f_r=1,1$ .

Тогда с учетом пускового момента  $f_H=1,2$  и КПД передачи  $\eta=0,85$  мощность электродвигателя для мешалки определим по формуле:

$$N_{дв} = 1,3 N_p f_H f_{ш} f_3 f_r / 1000 \eta = 1,2 \cdot 5524 \cdot 0,89 \cdot 1,15 \cdot 2 \cdot 1,1 / (1000 \cdot 0,85) = 17,5 \text{ кВт.}$$

### **Контрольные вопросы**

1. Перемешивание жидких сред
2. Механическое перемешивание.
3. Типы мешалок. Тихоходные мешалки.
4. Быстроходные мешалки.
5. Перемешивание сыпучих материалов.
6. Оборудование для перемешивания пластично-вязких продуктов.
7. Вибросмесители.

## **Раздел 4. Технологическое оборудование для механической переработки сельскохозяйственной продукции формованием.**

### **4.1 Оборудование для формования при переработки продукции животноводства**

Механическое воздействие на сырье для придания ему необходимой формы и размеров называется формованием. Эта технологическая операция – одна из основных при производстве колбасных и кулинарных изделий (котлеты, пельмени, мясные хлеба и т. п.), и поэтому от ее выполнения зависят не только выход, но и качественные показатели готовой продукции.

Оборудование для формования может быть периодического и непрерывного действия, открытого (продукт контактирует с окружающей средой) и закрытого (вакуумного) исполнения.

Для наполнения колбасной оболочки фаршем служат шприцы. Конструктивно они делятся на гидравлические и пневматические периодического действия и механические непрерывного действия.

Колбасные оболочки наполняют фаршем с помощью специальных металлических трубок-цевок. В зависимости от вида колбас диаметр сменных цевок может составлять 10... 100 мм. Шприцы комплектуют одной или несколькими (чаще всего двумя) цевками.

Если процесс наполнения оболочек фаршем осуществляется под вакуумом, то такие шприцы называются вакуумными. Как правило, это непрерывно действующее оборудование.

Кулинарные изделия формируют с помощью оборудования непрерывного действия – котлетных, пельменных и пирожковых автоматов, а также машин для формования мясных хлебов. Это оборудование применяют как самостоятельно, так и в составе комплексов и поточных линий.

Машина для формования мясных хлебов предназначена для наполнения металлических форм фаршем. Она состоит из цепного конвейера, станины, питателя, прижимной плиты, горловины, шнеков, бачка для смазки форм, лотка-наполнителя.

Пустые формы вручную устанавливают на лоток-наполнитель и перемещают к конвейеру. Поочередно при переходе с лотка на стол конвейера они захватываются закрепленным на конвейере пальцем, который подает и устанавливает формы под прижимную плиту на горловине. Через нее формы размером 268 x 126 x 110 мм наполняются фаршем под давлением, создаваемым шнеком. Время наполнения одной формы 5,35 с. В момент наполнения форма механически поджимается к верхней плите. По мере наполнения каждой формы с помощью конечного выключателя останавливают шнеки питателя.

Наполненная форма выталкивается из-под горловины очередной пустой формой, конечный выключатель срабатывает, запуская шнек. Операция повторяется. Производительность машины 500 кг/ч, мощность установленного электродвигателя 2,6 кВт, габаритные размеры 1205 x 1790 x 1520 мм, масса без фарша 600 кг.

Отдельную группу оборудования образуют специальные автоматы для формования колбасных изделий с изготовлением оболочки из рулонного материала. В зависимости от направления потока фарша в машине различают горизонтальный и вертикальный автоматы для производства колбасных изделий. Отечественная промышленность выпускает горизонтальный автомат Л5-ФАЛ для производства колбасных изделий, а также два вертикальных автомата: М1-ФУ-2Р-1 для формования вареных колбас и М1-ФУ-2Т для формования ливерных колбас. Для формования сосисок предназначены автоматы В6-ФСБ, АФСБ-500 и АФС-1000.

Автомат Л5-ФАЛ предназначен для образования двухслойной оболочки из целлофановой ленты, наполнения ее фаршем, формования колбасного батона, изготовления скрепок и наложения их на концы батонов,

а также для автоматического отделения батонов один от другого путем разрезания перемычки между ними. Производительность автомата 1000..1200 кг/ч, занимаемая площадь 10,8 м<sup>2</sup>, масса 900 кг.

Для наполнения колбасной оболочки фаршем служат шприцы. Конструктивно их делят на гидравлические и пневматические периодического действия и механические непрерывного действия (рис. 13.1). Колбасные оболочки наполняют фаршем с помощью специальных металлических трубок-цевок. В зависимости от вида колбас диаметр сменных цевок от 10 до 100 мм. Шприцы имеют одну или несколько (чаще всего две) цевок.

Простейший шприц выполняет роль насоса, а более совершенная его конструкция - дозирующего устройства. Они состоят из цилиндра с поршнем, ручного привода последнего и сменных цевок. Механизм привода - рейка, соединенная с поршнем, и шестерня, насаженная на рукоятку и входящая в зацепление с рейкой.

Для заполнения шприца фаршем рейка перемещается рукояткой в крайнее верхнее положение. Поршень выходит из цилиндра, и в полость цилиндра загружается фарш. Затем поршень вводят в цилиндр, и рейка зацепляется с шестерней. На цевку надевают колбасную оболочку с предварительно перевязанным одним концом. При повороте рукоятки фарш поршнем выдавливается через цевку в оболочку. Вместимость цилиндра таких шприцев 6, 9 или 12 л. Обычно они укомплектованы четырьмя сменными цевками для оболочек различных диаметров.

Гидравлические шприцы по принципу работы аналогичны ручным, разница лишь в том, что движение поршня происходит с помощью гидравлического привода.

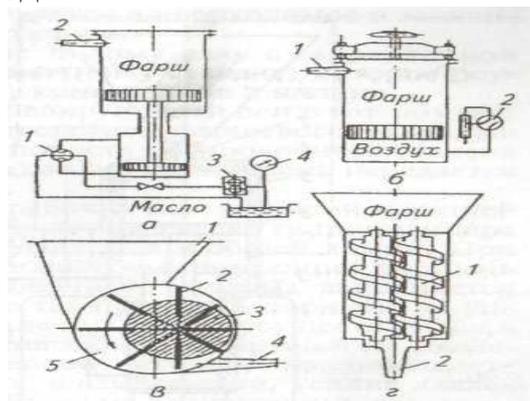


Рисунок 4.1 - Схема работы шприцев: а - гидравлического периодического действия: 1 - кран; 2 - цевка; 3 - насос; 4 - манометр; б - пневматического периодического действия: 1 - цевка; 2 - кран; в - ротационного лопастного непрерывного действия: 1 - бункер; 2 - лопасть; 3 - ротор; 4 - цевка; 5 - корпус; г - шнекового непрерывного действия: 1 - шнек; 2 - цевка.

Вакуумный шприц ФШ2-ЛМ (рис. 13.2) состоит из сварной станины с бункером, привода, вакуумной системы и педали включения. В верхней части станины закреплен корпус рабочих шнеков. Двухцевочная конструкция вакуумных шприцев значительно повышает их производительность по сравнению с одноцевочными.

Шнеки – одноходовые винты противоположной навивки, вращающиеся навстречу друг другу. Привод шнеков – асинхронные электродвигатели, клиноременные передачи и редукторы. Вакуумная система состоит из двух масляных шестеренных насосов, связанных с электродвигателями эластичными муфтами, масляного бачка, двух вакуумных головок, отстойников и соединительных резиновых трубок.

Работа вакуумного шприца заключается в следующем. Фарш загружают в бункер, откуда шнеками он подается в трубопровод и далее в цевку. Перед включением привода шнеков на цевку надевают оболочку, закрепленную с одной стороны шпагатом или клипсой. По мере наполнения шпагат (клипса) перемещается вдоль цевки. При достижении требуемой длины батона оператор отключает привод шнеков и перевязывает или клипсует оболочку с другой стороны.

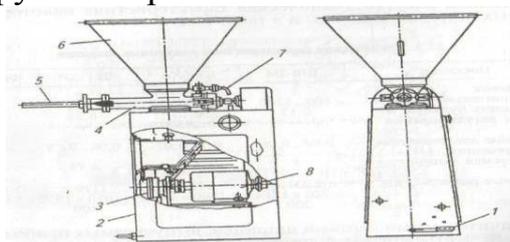


Рисунок 4.2 - Двухцевочный вакуумный шприц ФШ2-ЛМ: 1 - педаль включения; 2 - станина; 3 - масляный шестеренный насос; 4 - корпус рабочих шнеков; 5 - цевка; 6 - бункер; 7 - вакуумная головка; 8 - электродвигатель.

В колбасном и кулинарном производстве (котлеты, пельмени) применяют процесс формования. Перед тепловой обработкой он является заключительной стадией механического воздействия. Оборудование для формования бывает периодического действия -шприцы, нагнетатели и непрерывного действия – автоматы (котлетный, пельменный, пирожковый, формования колбасных изделий), машина для формования мясных хлебов.

Шприцы в зависимости от расположения цилиндра бывают вертикальные и горизонтальные, а в зависимости от способа привода в действие поршня, подающего фарш в цевку (трубка на которую надевают оболочку и через которую происходит наполнение оболочки фаршем, идущим из шприца под давлением) подразделяются на гидравлические, пневматические и механические. Наиболее распространены гидравлические шприцы, их можно использовать для шприцевания колбас любого вида. Например, шприц-дозировщик гидравлический Е8-ФНА-01 для производства штучных сосисок, сарделек, полукопченых и копченых колбас, шприц гидравлический периодического действия ГШУ-2, шприц вакуумный ШФВ-2.78, шприц одноцевочный ВЗ-ФКА, который вакуумирует, дозирует колбасные оболочки и образует перемычки путем перекрутки при производстве сосисок и сарделек.

Котлетный, пельменный и пирожковый автоматы относятся к формовочным. Например, дозировочно-формовочный автомат - для изготовления шницелей, котлет, биточков, машина для формования мясных

хлебов ФФ»Х для наполнения металлических форм фаршем, комплекс оборудования ВЗ-ФФБ – для формования батонов варенных колбас в искусственную гофрированную оболочку. Также при производстве колбасных изделий и полуфабрикатов применяют поточные линии для формирования мясопродуктов, например, линия используется для механизации процесса производства вакуумированного фарша сырокопченых колбас, транспортирования и шприцевания его в колбасную оболочку. В ее состав входят куттер, вакуум пресс, насосная станция, шприц, шкаф управления, комплект трубопроводов, линия предназначена для механизированного производства пельменей с автоматическим взвешиванием доз, фасованием пельменей в пачки, автоматической упаковкой их по 24 шт. в пакет.

Сырье (фарш) для производства большинства кулинарных изделий относят к пластично-вязким продуктам. Поэтому принцип работы формовочных автоматов основан на вытеснении соответствующего объема фарша и придания ему определенной формы при заданной массе.

Устройство, работающее по принципу однорядного формования, реализовано в котлетном автомате АК2М-40. Оно состоит из вращающегося горизонтального стола (рис. 13.3, а), имеющего пять гнезд, в каждом из которых перемещается поршень со штоком. При совмещении гнезда стола с отверстием в бункере поршень находится в нижнем положении и гнездо заполняется фаршем. При дальнейшем перемещении стола поршень со штоком под действием копира поднимается и, подходя к диску, выталкивает котлету на поверхность стола. Диск снимает котлету со стола и передает ее на дальнейшую обработку.

Многорядный барабанный формователь является основой котлетного автомата К6-ФАК-50/75 и состоит из барабана (рис. 13.3, б), вращающегося вокруг горизонтальной оси. На двух диаметрально расположенных образующих барабана имеется по пять гнезд. В верхнем положении цилиндров с поршнями гнезда с помощью питателя заполняются фаршем. При повороте барабана на 180° ролики штоков выталкивают с помощью поршней пять котлет на лоток.

К многорядным формователям относится устройство, исполнительным органом которого является циклично перемещающаяся плита с гнездами (рис. 13.3, в). В процессе работы плита может занимать два крайних положения. В крайнем правом положении гнезда в плите заполняются из бункера фаршем. В крайнем левом положении из гнезд с помощью поршней котлеты выталкиваются на лоток.

В формователе рис. (13.2, г) валик имеет карманы определенной вместимости. Питатель подает фарш в соответствующий карман, а валик при вращении штампует на ленту котлеты.

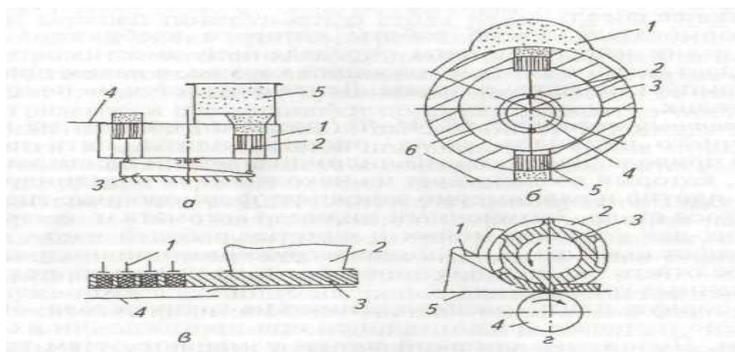


Рисунок 4.3 - Схема работы устройств для формирования котлет: а - однорядного типа: 1 - стол; 2 - поршень; 3 - копир; 4 - диск; 5 - питатель; б - многорядного типа: 1 - питатель с избыточным давлением фарша; 2 - ролик; 3 - барабан; 4 - кулачок; 5 - поршень; 6 - лоток; в - с многогнездовой плитой: 1 - поршень; 2 - питатель; 3 - плита; 4 - лоток; г - с карманами: 1 - питатель; 2 - карман; 3 - валик; 4 - поддерживающий валик; 5 - лента.

Пельменный автомат СУБ-2-67 (рис. 13.3) предназначен для приготовления пельменей из теста и мясного фарша. Он действует непрерывно. При движении конвейерной ленты барабаны вращаются и, прокатываясь по начиненным фаршем тестовым трубкам, штампуют пельмени, которые на подкладной доске образуют четыре ряда. Ячейки барабана имеют разделительные и клеящие кромки. При нажиме штампов на тестовую трубку, заполненную фаршем, последний оттесняется по ячейкам, освобождая место для склеивания и разделения пельменей. При дальнейшем нажиме штампов пельмени склеиваются. Разделительная кромка продавливают тесто насквозь, образуя промежутки между пельменями. При нормальном технологическом процессе получают крепко пельмени, расстояние между которыми равно 3...5 мм.

Перед штампующими барабанами установлен мучной бункер с ворошителем. Он имеет отверстия, через которые на проходящие под ним тестовые трубки с фаршем сыплется мука. Это предотвращает прилипание пельменей к ячейкам барабанов. Попадающая на тестовые трубки мука разравнивается двумя резиновыми скребками, укрепленными на бункере. Управление работой автомата осуществляется с помощью пульта.

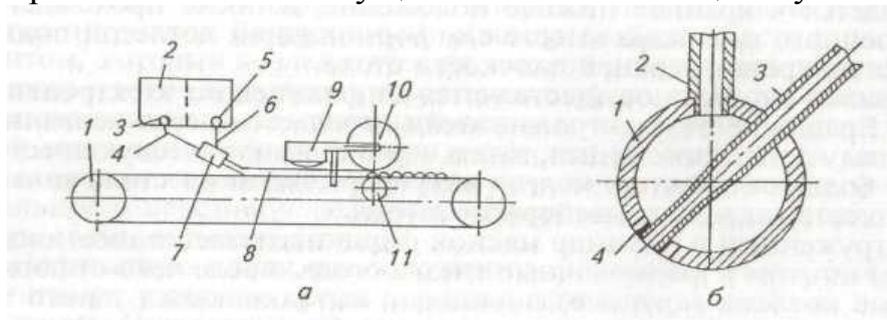


Рисунок 4.4 – Схема работы пельменных автоматов: а - принципиальная схема пельменных автоматов: 1 - ленточный конвейер; 2 - двоянный бункер для теста и фарша; 3, 5 - вытеснители для теста и фарша; 4, 6 - подающие трубки для теста и фарша; 7 - формующее устройство; 8 - овальная трубка для теста и фарша; 9 - мучной бункер с ворошителем; 10 - штампующий барабан; 11 - поддерживающий ролик; б - формующее устройство: 1- баллон; 2, 3 - подводящие трубки для теста и фарша; 4 - овальная щель для теста.

## 4.2 Технологическое оборудование для формования при переработке продукции растениеводства

Оборудование для формования путём выдавливания (экструзии).

Оборудование для формования путём надавливания.

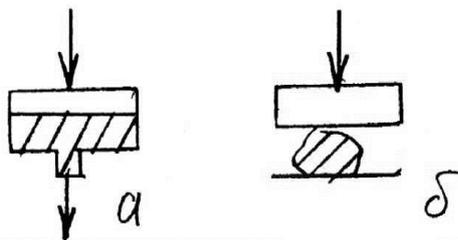


Рисунок 4.5 - Принципиальные схемы оборудования для формования:  
а-оборудование для выдавливания; б - оборудование для надавливания

### Формования путём выдавливания

Замес теста и его формование производится в шнековых макаронных прессах непрерывного действия. Современная схема замеса теста и его формование представляют собой непрерывный цикл. Вначале мука и вода с различными обогатительными и вкусовыми добавками равномерно дозируются в заранее заданном соотношении в тестосмеситель пресса, затем интенсивно перемешиваются до получения однородной мелкокомковатой массы.

Из смесителя тесто поступает в шнековую камеру, где под действием вращающегося шнека постепенно уплотняется и перемещается в предматричную камеру, из которой пластицированное под большим давлением формуется через специальные матрицы. После формования изделия обдуваются воздухом и подаются на разделку.

В процессе замеса перед поступлением в шнековую камеру тесто вакуумируется, т. е. из него удаляется воздух. Это позволяет, во-первых, получить макаронное тесто более плотной структуры, повысить механическую прочность высушенных изделий; во-вторых, это один из способов торможения реакции окисления кислородом воздуха пигментных веществ группы каротиноидов, придающих изделиям приятный желто-кремовый цвет. Следует отметить, что в некоторых макаронных прессах более ранних конструкций тесто вакуумируется в шнеко-вой камере, но такой способ малоэффективен.

Цель формования – придать макаронному тесту форму, характерную для данного вида изделий, которая сохранялась бы на последующих стадиях производства. Существующее оборудование обеспечивает два способа формования макаронных изделий – прессование и штампование; предпочтение отдается прессованию.

В зависимости от формы и размера формирующих отверстий матрицы получают прессованием следующие типы изделий: трубчатые, нитеобразные, лентообразные и фигурные.

Штампованием изготавливаются только фигурные изделия плоской (треугольники, квадратики) или пространственной (бантики, ушки, галстучки и т. п.) формы.

Процесс штампования заключается в высечке на штампаине из плотно калиброванной тестовой ленты, отпрессованной через специальную матрицу, изделий необходимой формы.

Шнековые макаронные прессы непрерывного действия предназначены для приготовления теста и формования из него сырых макаронных изделий. Основными узлами современных прессов являются дозатор муки и воды, тестосмеситель, прессующий корпус с головкой и матрица. Каждый пресс оборудован системой вакуумирования.

Прессы различаются конструкцией дозатора, числом камер тестосмесителя и их расположением, количеством прессующих шнеков, конструкцией прессующих головок, формой матриц и местом вакуумирования (рис. 2.1, табл. 2.1).

В макаронной отрасли находятся в эксплуатации шнековые прессы различной модификации отечественной конструкции, из них пресс. Это однокамерный пресс, одношнековый, с прессующей головкой для круглых матриц, с вакуумированием теста в шнековом канале. Основными недостатками прессы являются малая продолжительность замеса и отсутствие эффективного вакуумирования, что не позволяет получать на них макаронные изделия из специальной муки.

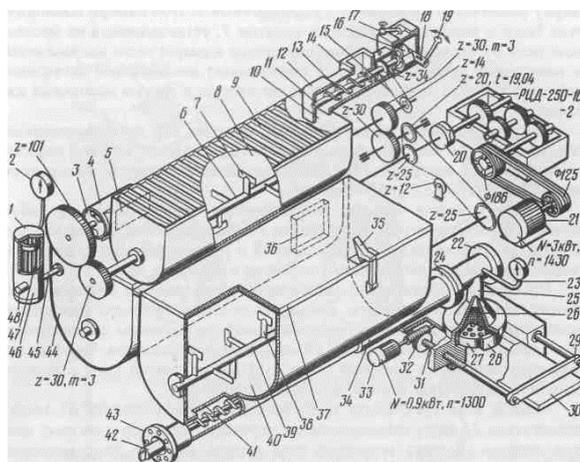


Рисунок 4.6 - Схема макаронного прессы Б6-ЛПШ-500: 1 - фильтр; 2 - вакуумметр; 3 - роторный питатель; 4 - вакуумный затвор; 5 - окно; 6, 39 - валы месильные; 7, 38 — месильные лопатки; 8, 40, 44 - месильные камеры; 9 - крышка; 10 - отверстие в корпусе дозатора; 11 - полый вал; 12 - корпус дозатора; 13, 42 - шнеки; 14 - приемный патрубок; 15 - цепная передача; 16 - крыльчатка; 17 - вентиль; 18 - прорезь; 19 - рукоятка; 20 - муфта кулачковая; 21, 33 - электродвигатели; 22 - пробка; 23 - манометр; 24, 43 - фланцы; 25 - прессующая головка; 26 - предохранительная сетка; 27 - матрица; 28 - кольцо; 29 - траверса; 30 - направляющая; 31 - винт; 32 - червячный редуктор; 34 - охлаждающая рубашка; 35 - зажимы; 36, 41 - окна; 37 - крышка из органического стекла; 45, 48 - патрубки; 46 - корпус фильтра; 47 - фильтрующая поверхность

### Шнековый экструдер

Используется в производстве макаронных и др. изделий.

Выдавливание жгутов перерабатываемой массы с помощью нагнетателя (шнека) через формирующие отверстия матрицы.

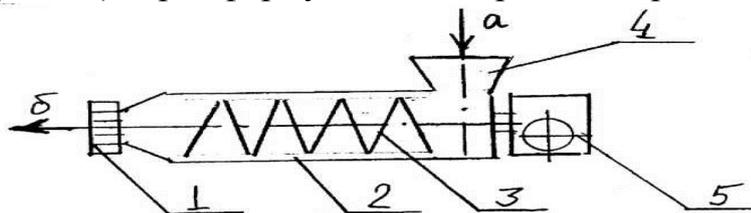


Рис.6.2 Техническая схема шнекового экструдера.

Рисунок 4.7 - Техническая схема шнекового экструдера: 1 - матрица, 2 - корпус, 3 - нагнетательный шнек, 4 - загрузочная воронка, 5 - привод, а - продукт, б – жгуты.

### Макаронный пресс

Используется в производстве макаронных изделий.

Мука, вода и другие ингредиенты смешиваются в смесителе и поступают в шнековый канал. Шнек под давлением продавлиывает тесто через матрицу. Получаемые жгуты теста обдуваются воздухом для подсушки и отрезаются.

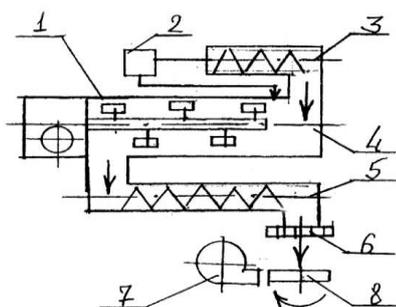


Рис.6.3. Технологическая схема макаронного прессы:

Рисунок 4.8 - Технологическая схема макаронного прессы: 1-корпус, 2-дозатор воды, 3-дозатор муки, 4-тестомеситель, 5-прессующий шнек, 6-матрица, 7-вентилятор, 8-отрезные устройства.

### Тестоокруглительная машина

Используются для округления тестовых заготовок.

Куски теста поступают на дно вращающейся чаши и перемещаются по спиральному желобу вверх, приобретая шарообразную форму.

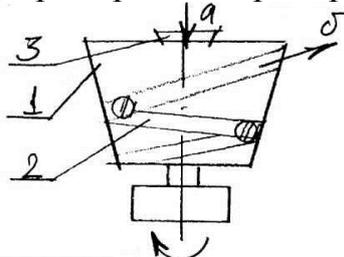


Рисунок 4.9 - Технологическая схема тестоокруглительной машины: 1 - чугунная чаша, 2 - спиральный желоб, 3 - приёмная воронка, а - кусок теста, б - шар из теста.

Для формования карамели из жгута применяются машины: цепные карамелережущие, цепные карамелештампующие, цепные карамелешлифующие, рольные карамелеформирующие, ротационные

карамелеформующие, монпансейные формующие, формующие-заверточные. Производительность цепных карамелеформующих машин определяем по формуле

$$G_{ц} = 60VC/(kl)$$

где  $V$  – линейная скорость формующих цепей, м/мин;  $c$  – коэффициент использования машины;  $k$  – количество карамели в 1 кг, шт;  $l$  – шаг формующей цепи, м.

#### Расчетные формулы

Шнековые прессы. Производительность шнекового пресса для винограда или масличных семян  $G$  (в кг/с) можно рассчитать по формуле

$$G = 0,013 (D^2 - d^2) \text{tn } \rho (1 - K_{в}) \eta$$

где  $D$  – диаметр шнека, м;  $d$  – диаметр вала шнека, м ( $d \approx 0,35D$ );  $t$  – шаг витка шнека, м ( $t \approx 0,58D$ );  $\rho$  – средняя объемная масса прессуемого материала, кг/м<sup>3</sup>;  $n$  – частота вращения шнека, об/мин;  $K_{в}$  – коэффициент, учитывающий обратное движение прессуемого материала вдоль винтового канала и через радиальный зазор между шнеком и перфорированным цилиндром (зеером): для выходной щели пресса шириной 6,5-12 мм при прессовании хлопковых и подсолнечных семян  $K_{в} = 0,75-0,5$ ; для виноградной мезги величину  $K_{в}$  в зависимости от частоты вращения  $n$  (в об/мин) шнека определяют по формуле

$$K_{в} = 0,918 - 0,016n$$

$\eta$  – КПД пресса ( $\eta = 0,5-0,8$  и зависит от величины зазора между шнеком и перфорированным цилиндром).

Для нагнетающих шнековых формовочных прессов диаметр прессовой матрицы находят из уравнения

$$G = 0,785 D^2 f \omega \rho$$

где  $G$  – производительность пресса, кг/с;  $D$  – диаметр матрицы, м;  $f$  – доля живого сечения отверстий от общей площади матрицы ( $f = 0,04-0,08$ );  $\omega$  – скорость выхода массы, м/с;  $\rho$  – плотность формуемого материала, кг/м<sup>3</sup>

Задача 1. Определить диаметр матрицы нагнетающего шнекового формовочного пресса для дрожжей, если производительность его  $G = 0,14$  кг/с, скорость выхода массы  $\omega = 0,2$  м/с, плотность дрожжей  $\rho = 1100$  кг/м<sup>3</sup> и доля живого сечения матрицы  $f = 0,06$ .

Из формулы

$$G = 0,785 D^2 f \omega \rho$$

находим диаметр матрицы

$$D = \sqrt{G / 0,785 f \omega \rho} = \sqrt{0,14 / 0,785 \cdot 0,06 \cdot 0,2 \cdot 1100} = 0,116 \text{ м.}$$

Контрольные вопросы:

1. Оборудование для формования при переработки продукции животноводства.

2. Многорядный барабанный формователь.
3. Технологическое оборудование для формования при переработке продукции растениеводства.
4. Формования путём выдавливания.
5. Оборудование для формования котлет ипельменей.

## **Раздел 5. Технологическое оборудование для проведения тепловых и массообменных процессов**

### **5.1 Технологическое оборудование для проведения тепловых процессов**

На перерабатывающих предприятиях тепловая обработка является одной из основных технологических операций. На предприятиях пищевой промышленности тепловая обработка производится при нагревании и охлаждении сред, сгущении растворов и соков, конденсации паров, испарении влаги при высушивании материалов, замораживании продуктов и др. Все эти процессы связаны с передачей тепла продукту или отнятием от него тепла и могут происходить лишь при наличии разности температур между теплообменивающимися средами.

К теплообменным относятся такие технологические процессы, в которых осуществляется подвод или отвод теплоты: нагревание и охлаждение, испарение (в том числе и выпаривание), конденсация. Теплообмен между двумя теплоносителями через разделяющую их твердую стенку называется теплопередачей. Теплоноситель – это движущаяся среда (газ, пар, жидкость), используемая для переноса теплоты. В качестве теплоносителей в пищевой промышленности наибольшее распространение получили насыщенный водяной пар, вода, дымовые газы, воздух, а в качестве хладагентов - аммиак, фреоны, рассол хлорида кальция, воздух, азот.

Нагревание как технологическая стадия присутствует практически во всех пищевых производствах. Например, при непосредственном контакте теплоносителя (насыщенного водяного пара) с нагреваемым продуктом осуществляется вытопка пищевого животного жира из мягкого жирсырья, варка колбасных и соленых изделий. Дымовые газы используются для копчения мясо- и рыбопродуктов, колбас. Горячий воздух (или инертный газ) применяется при получении сухих молочных продуктов и т.д.

Нагревание через контактную стенку, например пастеризация или стерилизация, занимает очень важное место в любой пищевой технологии. Например, в молочной промышленности эта операция является обязательной при получении любых молочных продуктов, т.к. преследуется цель инактивации микрофлоры для правильного осуществления дальнейшего технологического процесса.

Для охлаждения продуктов в пищевой технологии до 15-20° С используют воду и воздух. Для охлаждения продуктов до более низких температур используют низкотемпературные хладагенты - холодильные

рассолы, хладоны, аммиак и др. Охлаждение также является очень важной стадией в пищевых производствах. Сырье, полуфабрикаты и готовую продукцию охлаждают после термообработки для дальнейших операций. Холодильная обработка используется как вариант консервирования и резервирования продуктов.

Выпаривание – это процесс концентрирования растворов твердых нелетучих или малолетучих веществ путем испарения летучего растворителя и отвода образовавшихся паров. В пищевой технологии выпаривают, как правило, водные растворы (сахарные сиропы, овощные соки для получения паст, молоко и др.).

Процессы массообмена, в которых исходный и конечный продукты обмениваются веществом, организуют для получения в концентрированном виде продуктов, содержащихся в сырье в малых концентрациях. Эти процессы ведут в массообменных аппаратах.

Теплообмен – самопроизвольный необратимый процесс переноса теплоты от более нагретых к менее нагретым.

Теплота – энергетическая характеристика процесса теплообмена, которая определяется количеством энергии передаваемой от одного тела к другому.

К теплообменным процессам относятся: нагревание, испарение, (выпаривание), охлаждение, конденсация.

Теплопередача

Теплопередача – теплообмен между двумя теплоносителями через разделяющую их твердую стенку.

Теплоноситель – движущая среда (газ, пар, жидкость), используемая для переноса теплоты.

В процессах теплопередачи участвуют не менее двух сред (веществ) с различными температурами. Среда с более высокой температурой (отдающая тепло) называется – горячим теплоносителем, а среда с более низкой температурой (воспринимающая тепло) – холодным теплоносителем или хладоагентом.

В пищевой промышленности используют чаще всего в качестве теплоносителя- водяной пар, дымовые газы, хладоагент – аммиак, фреоны, рассол хлорида кальция, воздух, азот.

Теплопередача может происходить в стационарных и нестационарных условиях. Стационарные условия имеют место в непрерывных технологических процессах, нестационарные – в аппаратах периодического действия.

Основными кинетическими характеристиками теплопередачи являются: средняя разность температур, коэффициент теплопередачи, количество передаваемой теплоты.

Связь между количеством передаваемой теплоты и площадью поверхности теплообмена определяется основным уравнением теплопередачи:

$$dQ = kF \Delta t_{cp} d\tau,$$

где Q- Количество передаваемой теплоты  
 K- Коэффициент теплопередачи  
 $\Delta t_{cp}$  -разность температур между средами  
 $\tau$  - продолжительность процесса

Движущей силой процесса является  $\Delta t_{cp}$ .

Для стационарного процесса это уравнение принимает следующий вид:  
 $Q = KF \cdot \Delta t_{cp}$  - количество теплоты, передаваемой в единицу времени.

Теплопередача может осуществляться: теплопроводностью, тепловым излучением и конвекцией.

Теплопроводность.

Теплопроводностью называется процесс переноса тепла в результате теплового движения и взаимодействия микрочастиц.

В результате теплопроводности температура выравнивается.

Поверхность тела, все точки которой имеют одинаковую температуру, называется изотермической поверхностью.

Температурный градиент:

$$\text{grad } t = \lim_{\Delta e} \frac{\Delta t}{\Delta e} = \frac{\partial t}{\partial e}$$

Основной закон теплопроводности

Этот закон установил Фурье. Закон гласит так: количество теплоты, переданное теплопроводностью, пропорционально градиенту температуры, времени и площади сечения  $dF$  перпендикулярного направления теплового потока:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial e} F d\tau,$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности среды,  $\frac{B_T}{M \cdot K}$ ;

Основной закон теплопередачи – закон Ньютона:

количество теплоты  $dQ$ , переданные от поверхности теплообмена к потоке жидкости или газа, прямо пропорционально площади поверхности  $F$ , разности температур поверхности  $t_{ct}$  и ядра потока  $t_f$  и продолжительности процесса:

$$dQ = \alpha(t_{ct} - t_f) F d\tau,$$

где  $\alpha$  коэффициент теплоотдачи  $\left[ \frac{B_T}{m^2 \cdot K} \right]$

для стационарного процесса:

$$Q = \alpha(t_{ct} - t_f) F$$

Движущей силой является разность температур.

Нагревание, испарение, охлаждение и конденсация

Нагревание водой, водяным насыщенным паром, вод острым паром, топочными газами, электрическим током.

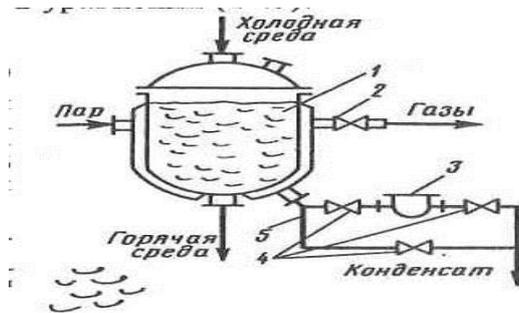


Рисунок 5.1 - Схема установки конденсатоотводчика: 1 – теплообменник, 2 – продувной вентиль, 3 - конденсатоотводчик, 4- вентиль, 5 – отводная линия

Испарение – используют в пищевой промышленности для охлаждения и опреснения воды, концентрирования растворов, например сахарных, разделения жидких смесей.

Расход теплоты:

$$Q = Wr,$$

где  $W$  - масса испаренной жидкости;

$r$  – теплота парообразований.

Конденсация.

1. Поверхностная конденсация.

2. Конденсация при смешивании теплоносителей:

– охлаждение водой,

– льдом,

– воздухом.

– с помощью холодильных устройств.

### Теплообменное оборудование

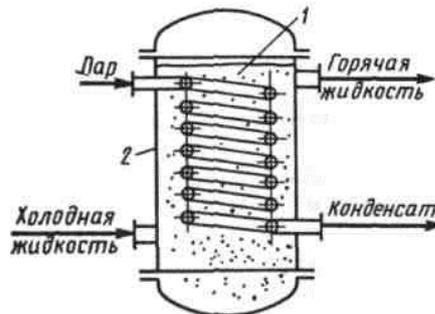


Рисунок 5.2 – Погружной змеевиковый теплообменник: 1 – змеевик, 2- корпус

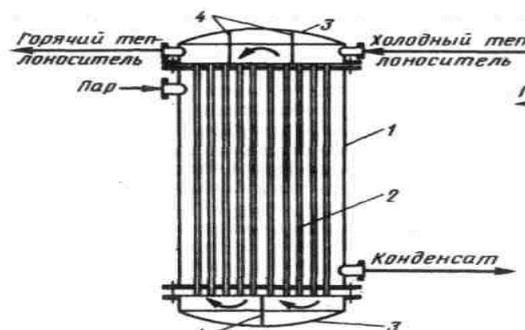


Рисунок 3 - Схема многоходового теплообменника ( по трубному пространству): 1- корпус, 2- греющая труба, 3- днище, 4- перегородки

Теплоиспользующие аппараты, используемые в пищевом производстве для проведения теплообменных процессов, называют теплообменниками. По принципу действия они делятся на: рекуперативные, регенеративные и смесительные. В рекуперативных теплообменниках теплоносители разделены стенкой и теплота передается от одного теплоносителя к другому через разделительную стенку. В них одна и та же поверхность попеременно омывается горячим и холодным теплоносителями. Теплообменная поверхность аккумулирует теплоту горячего теплоносителя и отдает ее холодному теплоносителю.

Технологическое оборудование для проведения тепло- и массообмена при обработке сырья и полуфабрикатов.

Таблица 5.1 - Классификация процессов

Характеристика процесса	Примеры
Чистый теплообмен (массообмен играет подчиненную роль)	Нагревание, охлаждение, замораживание, конденсация, выпаривание
Совмещенный тепло- и массообмен в технологических процессах	Сушка, дистилляция, ректификация, выпечка, обжарка, адсорбция, абсорбция
Чистый массообмен (теплообмен играет подчиненную роль)	Экстракция, мембранные процессы, кристаллизация

К оборудованию для осуществления чистых процессов теплообмена относят теплообменники-подогреватели, охладители, выпарные установки, конденсаторы, электронагреватели с нагревом в поле токов промышленной и высокой частоты и др.

Наиболее характерный пример совмещенного тепло- и массообмена в технологических процессах – тепловая сушка.

К совмещенным процессам тепло- и массообмена относят дистилляцию и ректификацию, например в производстве этилового спирта.

Теплообменники. В зависимости от способа передачи тепла теплообменники можно разделить на две основные группы:

1) поверхностные (рекуперативные), в которых передача тепла от одной среды к другой происходит через разделяющую стенку (поверхность нагрева);

2) смещения (контактные), в которых процесс теплообмена между средами происходит в результате их непосредственного соприкосновения, т. е. наряду с теплообменом имеет место массообмен.

Изготавливаются теплообменники из различных металлов, главным образом из углеродистых, легированных сталей и меди. Выбор металла диктуется в основном его коррозионной стойкостью и теплопроводностью.

По конфигурации поверхности теплообмена теплообменники бывают кожухотрубчатые, спиральные, ребристые, пластинчатые, змеевиковые, комбинированные; по характеру рабочих сред – парожидкостные, жидкостно-жидкостные, газожидкостные, газо-газовые и парогазовые; по компоновке однокорпусные, многокорпусные, рубашечные, погружные, оросительные; по направлению потока рабочих сред прямого тока, противоточные, перекрестного тока, смешанного тока; по назначению – подогреватели, холодильники; по числу ходов одноходовые, многоходовые.

Примером простейшего наиболее распространенного типа подогревателя служит одноходовой трубчатый теплообменник. Для интенсификации процесса массообмена в межтрубном пространстве устанавливают перегородки.

Теплообменник имеет большую поверхность нагрева и большое поперечное сечение всех трубок. В связи с этим скорость движения подогреваемой жидкости в трубах мала, что снижает коэффициент теплопередачи.

Кожухотрубчатые теплообменники могут располагаться при необходимости в вертикальной или горизонтальной плоскости.

Широкое распространение в пищевой промышленности приобрели элементные теплообменники типа «труба в трубе», пластинчатые теплообменники, в которых конструкция теплопередающего элемента пластин – обеспечивает высокий коэффициент теплопередачи и компактную поверхность нагрева.

Теплообмен при непосредственном соприкосновении теплоносителя с нагреваемой жидкостью отличается наибольшей интенсивностью. Примером может служить конденсатор смешения.

Смесительные теплообменники бывают мокрого и сухого типов. В них теплота передается от одного теплоносителя к другому при их смешении. Примеры смесительных теплообменников мокрый прямоточный конденсатор, противоточный сухой конденсатор.

Оборудование для тепловой обработки продукции животноводства включает в себя, в начальной стадии обработки, оборудование для шпарки (кратковременная теплообработка поверхности туш, шерстных, слизистых субпродуктов) при температуре теплоносителя (вода, пар) – 51-83° и опаливания – для тепловой обработки поверхности мясного сырья для его дальнейшей обработки.

Напр. чан шпарильный конвейеризированный; печь оплочная, горелка факельная.

Оборудование для выпечки и тепловой обработки пищевых продуктов.

Кондитерская печь. Бланширователь, Автоклав.

Кондитерская печь.

Используется для выпечки изделий из теста

Тестовые заготовки загружаются в печь. Устанавливается  $t$  и время выпечки согласно технологической инструкции, и после истечения

установленного времени готовые хлебобулочные изделия вынимаются из печи.

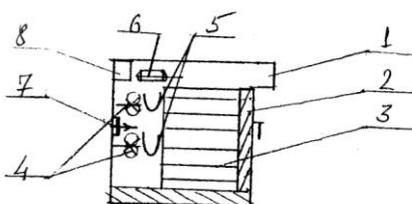


Рис.7.4. Технологическая схема кондитерской печи

Рисунок 5.4 – Технологическая схема кондитерской печи: 1 - корпус, 2 - термоизолятор, 3 -противни, 4 - вентиляторы, 5 - нагреватели (ТЭНы), 6 - привод, 7 - парообразователь, 8 - бачок для воды.

### Бланширователь

Для бланшировки плодов и овощей.

При бланшировании пар подается через барабан в ванну с водой, при этом продукт находящийся на ленте транспортёра нагревается

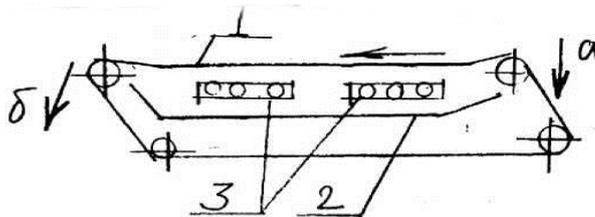


Рис.7.5. Технологическая схема бланширователя:

Рисунок 5.5 1 – ленточный транспортёр, 2-ванна с водой, 3-барботер, а-продукт, б - бланшированный продукт.

### Автоклав

Используется в производстве для стерилизации фасованных продуктов

Наполненную банками с продуктом корзину устанавливают в автоклав, сразу заполняется водой, а через барботер подаётся пар (в цехе ТЭНы). Воздушным компрессором создается и поддерживается постоянное давление. По истечении времени необходимые для стерилизации, горячая вода постепенно вытесняется холодной водой. После охлаждения корзины с банками вынимаются из автоклава.

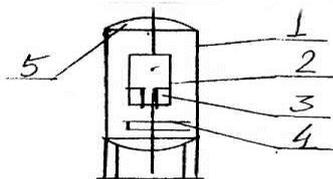


Рисунок 5.6 – Технологическая схема автоклава 1-корпус(цилиндрический стальной сосуд), 2 - сетка для банок, 3 – банки, 4 – нагреватель, 5 - крышка круглая

### Выпаривание

Тепловой процесс, при котором из жидкого продукта удаляется при кипении часть воды в виде пара, в связи с чем увеличивается кол-во сухих веществ называется выпариванием. На мясоперерабатывающих

предприятиях выпаривают бульоны мясные, желатиновые, клеевые и экстракты для медицинских препаратов. При этом используются вакуум-выпарная установка, трехкорпусная вакуум-выпарная установка.

Выпаривание – процесс концентрирования (сгущения) растворов, суспензий и эмульсий при кипении. Концентрация растворенных веществ увеличивается из-за превращения в пар растворителя или дисперсионной среды эмульсий и суспензий.

Выпаривают водные растворы самых разных веществ (соки), эмульсии (молоко), суспензии (барду) и пр. При выпаривании вода из раствора удаляется в виде пара, а растворенное вещество или дисперсная фаза эмульсий и суспензий остается в неизменном количестве.

В качестве греющего агента при выпаривании используют водяной пар, который называют греющим или первичным. Пар, образующийся при выпаривании кипящего раствора, называют вторичным.

Процессы выпаривания проводят под вакуумом, при повышенном и атмосферном давлениях.

Однокорпусные выпарные установки применяют лишь в производствах малой мощности для сгущения относительно небольших количеств раствора, когда экономия теплоты не имеет большого значения.

Процесс тепловой обработки мяса и мясопродуктов до состояния кулинарной готовности в воде, острым паром или смесью пара и воздуха при температуре ниже  $100^{\circ}\text{C}$  в специальных камерах, автоклавах под давлением, открытых котлах и электромагнитном поле СВЧ называется варкой. Оборудование применяемое для варки бывает периодического (котлы, ванны, камеры) и непрерывного (бланширователи, термокоагуляторы) действия. Котлы для варки мясопродуктов бывают с загрузкой и выгрузкой вручную и с опрокидывающимися и неопрокидывающимися резервуарами. Например котел с опрокидывающимся резервуаром, котел для варки и бланшировки субпродуктов и варки окороков, термокоагулятор применяют для непрерывной тепловой фаршевых мясопродуктов, котел вакуумный КВМ-4,6М для производства технических жиров, варки, стерилизации и обезвоживания, печь ротационная К7-ФП2-Г для запекания мясных хлебов, буженины и др. изделий без оболочки, стерилизации мяса. Для охлаждения и дозирования кровяной сыворотки, пищевого рассола и воды используется охладитель-дозатор А1-ФЛВ/3, охладитель жира Д5-ФОП.

Однократная тепловая обработка продукта, при которой уничтожаются вегетативные формы микроорганизмов называется пастеризацией. Пастеризации подвергаются паштеты, консервы детского питания, ветчинные консервы в вертикальных или ротационных аппаратах. С помощью трубчатых теплообменников пастеризуют пюреобразные, гомогенизированные консервы детского питания. При стерилизации на микроорганизмы действуют высокие температуры, способствующие уничтожению или подавлению их жизнедеятельности. Микроорганизмы погибают при нагревании в течение нескольких минут при тем-ре  $60-65^{\circ}\text{C}$ , а

споры более устойчивы. Погибают они только при воздействии на них в течении нескольких минут температуры порядка 180 С. Для стерилизации консервов используется автоклав вертикальный двухкорзиночный Б6-КА2-2МП. Процесс управляется как автоматически, так и вручную. Используются также гидростатический стерилизатор А9-ФСА, трехбарабанный стерилизатор роторного типа,

Для выработки пищевых костных жиров используют свежую кость крупного рогатого скота, получаемую в колбасных и консервных цехах. Вытапливание проводят двумя способами: мокрым и сухим. При вытопке мокрым способом сырье непосредственно соприкасается с водой, при сухом воду не добавляют, а влага, которая содержится в сырье во время вытопки испаряется в атмосферу или удаляется вакуум-насосами. Для вытопки жира мокрым способом применяют автоклавы периодического действия. Автоклав представляет собой котел с паровой рубашкой. Котел закрывается чугунной сферической крышкой. Внутри автоклава имеется шарнирная труба для слива жира, а в центре днища – кран для спуска шквары и воды. Пары, выходящие из автоклава, проходят через конденсатор. Агрегаты непрерывного действия это - автоклав К7-ФА2-Ж, агрегат непрерывного обезжиривания кости, диффузор К7-ФВ1-Г-3 для обесклеивания костного шрота (сыпучий продукт, отход маслобойного производства, используется как корм для скота). Жиры вытапливают в автоклавах при температуре 110-120 С и давлении внутри котла 1,5-2,2 атм. Продолжительность вытопки 3-4 часа. Вытопку жира сухим способом производят в горизонтальных вакуумных котлах, который представляет собой цилиндр с паровой рубашкой и лопастной мешалкой.

#### Варочный котёл

Используется для выпаривания воды, нагрева продуктов, варка, разваривания.

После набора продукта в котёл, в паровую рубашку подают горячий пар. После окончания процесса варки прекращают подачу пара и продукт вынимают из аппарата.

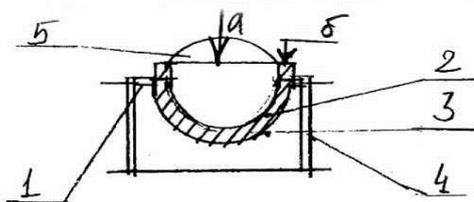


Рис.7.7. Технологическая схема варочного котла

Рисунок 5.7 – Технологическая схема варочного котла: 1 – корпус, 2 – паровая рубашка, 3 – котёл, 4 – стойки, 5 – крышка, а – продукт, б – пар

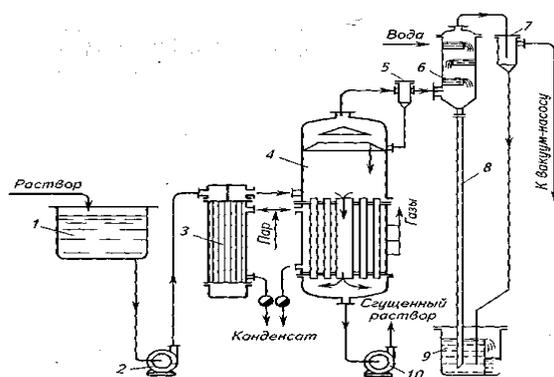


Рисунок 5.8 - Схема однокорпусной вакуум-выпарной установки

Выпарные аппараты. Основное назначение выпарных аппаратов концентрирование растворов, выделение из них растворенного вещества в чистом виде. На пищевых предприятиях выпаривают обычно водные растворы: свекловичные соки, сиропы, молоко, барду, пектиновый клей и пр. Наряду с этим они снабжают завод греющим паром за счет отбираемых вторичных паров, в то же время обеспечивая котельные установки и другие технологические производства горячими конденсационными водами.

Существуют выпарные аппараты периодического и непрерывного действия.

По расположению поверхности нагрева выпарные аппараты бывают вертикальные, горизонтальные и наклонные.

Конфигурация поверхности нагрева может быть трубчатая, кольцевая, змеевиковая, ребристая, рубашечная.

Выпарные аппараты делят на аппараты с однократной и многократной циркуляцией. Различают аппараты с принудительным движением раствора, с организованной естественной циркуляцией, если имеется определенный циркуляционный контур, и с неорганизованной естественной циркуляцией, когда жидкость кипит (например, между трубками). Для обогрева выпарных аппаратов в основном применяется водяной пар.

Применяются вертикальные выпарные аппараты с выносной греющей камерой, а также с выносной циркуляционной трубой.

В результате увеличения скорости циркуляции повышается коэффициент теплоотдачи от стенки к кипящей жидкости, уменьшается отложение накипи, что позволяет значительно сократить поверхность нагрева, уменьшить длительность пребывания соков при высоких температурах. Применение скоростей циркуляции более 4 м/с неэкономично, так как увеличение расхода электроэнергии на привод насоса не окупается весьма незначительным ростом коэффициента теплопередачи. Основным недостатком аппаратов с принудительной циркуляцией — дополнительная, затрата электроэнергии на перекачивание жидкости

Для выпаривания чистых некристаллизирующихся растворов и растворов, чувствительных к высоким температурам, применяются пленочные выпарные аппараты. К недостаткам аппарата можно отнести трудоемкость очистки от накипи из-за большой длины труб; трудность поддержания оптимальных условий выпаривания из-за высокой скорости

процесса. Весьма чувствительны такие аппараты к неравномерной подаче раствора, сложно обеспечить в них и равномерную толщину пленки выпариваемого раствора.

Пленочные аппараты широко используются для выпаривания фруктовых соков, молока, желатина, глюкозы и др.

Для повышения интенсивности теплообмена в выпарном аппарате надо обеспечить максимально возможную скорость циркуляции раствора. При большой скорости циркуляции увеличивается коэффициент теплопередачи и создаются благоприятные условия для предупреждения отложения осадков на поверхности теплообмена

Принцип действия многокорпусных выпарных установок основан на многократном использовании теплоты греющего пара, поступающего в первый корпус. Все последующие корпуса обогреваются вторичным паром, поступающие из предыдущего корпуса

В каждый из корпусов трехкорпусной выпарной установки рабочие тела подаются так же, как в однокорпусном аппарате. Сгущенный раствор из первого корпуса подается вместо свежего раствора во второй корпус, а из второго - в третий. После третьего корпуса он отводится как готовый продукт.

В связи с тем, что второй и все последующие корпуса многокорпусной выпарной установки обогреваются вторичным паром предыдущих корпусов, их теплоснабжение является бесплатным для цеха выпарных аппаратов. Цеху котельной или поставщикам ретурного пара (выделяющегося из кипящего раствора) оплачивается только теплоснабжение первого корпуса. Именно это и служит причиной широкого распространения многокорпусных выпарных аппаратов.

В каждом из корпусов многокорпусной установки подогрев раствора обеспечивается за счет разности температур греющего пара и кипящей жидкости. Эта разность температур создается в результате уменьшения давления над кипящей жидкостью в последующих корпусах по отношению к предыдущим.

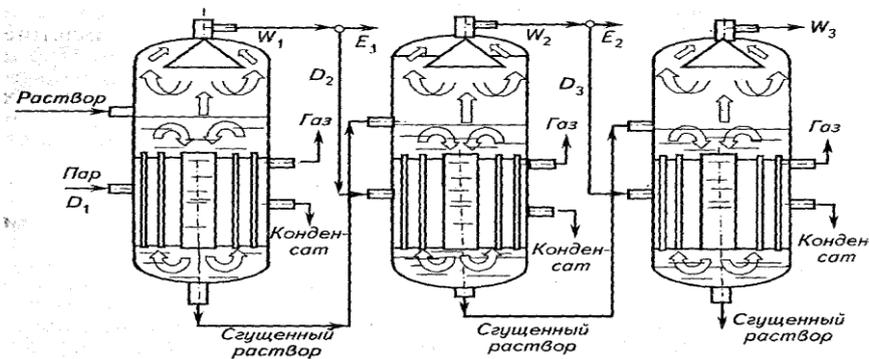


Рис. 26.3. Схема трехкорпусной вакуум-выпарной установки

Рисунок 5.9 - Схема трехкорпусной вакуум-выпарной установки

Сгущаемый раствор перетекает из предыдущего корпуса в последующий благодаря разности давлений в них. При его переходе в последующий корпус происходит «самоиспарение» – частичное выкипание воды за счет избыточной теплоты, появляющейся в продукте при

уменьшении давления. Более концентрированные растворы при этом находятся при более низких температурах, что предотвращает их термическое разложение.

Возможна обратная схема подачи раствора - вначале в последний корпус, а потом насосами – во второй и первый. В этой схеме подачи самоиспарение раствора в корпусах отсутствует. Ее преимущество - уменьшение вязкости загустевшего раствора при повышении его температуры. Это улучшает циркуляцию и теплообмен в аппарате.

Конденсация – переход вещества из газообразного состояния ; жидкое или кристаллическое. Применяют конденсацию для ее создания разрежения в выпарных аппаратах, для использования теплоты конденсации в теплообменниках с паровым обогревом, для разделения систем, состоящих из компонентов с различными температурами сжижения, для создания вакуума путем конденсации паров, для утилизации теплоты испарения и др. Конденсация осуществляется в поверхностных или контактных (смесительных конденсаторах).

Камеры и шкафы для термической обработки подразделяют на варочные, обжарочные, копильные, климатические, охлаждающие, универсальные. В одной камере можно совмещать несколько процессов, например варку и копчение, сушку и климатизацию, холодное копчение и созревание. Универсальные камеры позволяют осуществлять большинство тепловых процессов. В таких камерах в диапазоне температуры до 100°С в течение одного технологического процесса можно по выбору проводить обжарку, сушку, копчение, шпарку, душирование или варку горячим воздухом, а также запекать продукцию при температуре до 150 °С.

Варка – один из основных процессов термической обработки колбасных изделий, при котором они прогреваются до определенной температуры с целью денатурации белков мяса, превращения части коллагена в глютин, образования специфических аромата и вкуса, а также уничтожения большей части (до 98 %) вегетативных форм микрофлоры фарша.

Процесс варки осуществляется путем погружения в жидкость, орошения горячей жидкостью, а также обработки паром, пароводяной и паровоздушной смесями, продуктами горения, электроэнергией и облучением. Наибольшее распространение получили первые три способа варки, которые не требуют сложного оборудования и позволяют обрабатывать большое количество продукции.

Разварники крахмалосодержащего сырья. Разваривание сырья на спиртовых заводах может осуществляться непрерывным и периодическим способами.

Периодическое разваривание применяется при переработке цельного зерно-картофельного сырья и грубодробленого зерна пленчатых культур. В связи с периодичностью работы разварника снижается степень использования вторичного пара. Кроме того, около 20% рабочего времени

затрачивается на вспомогательные операции (загрузку, выгрузку и др.), процесс невозможно автоматизировать.

Непрерывное разваривание более эффективно (расход пара на 15—20% ниже, а выход выше). Возможность автоматизации процесса, улучшение условий обслуживания обеспечили его широкое применение на спиртовых заводах.

Из непрерывных схем наиболее распространены в настоящее время схемы с колонными аппаратами и трубчатым разварником.

Автоклавы. В консервной промышленности применяются вертикальные и горизонтальные автоклавы периодического действия. Широкое распространение получили вертикальные автоклавы для стерилизации продуктов, фасованных в жестяную или стеклянную тару. Горизонтальные автоклавы позволяют стерилизовать продукты, расфасованные в жестяную тару.

Автоклав оснащен предохранительным и продувным кранами, спускной трубой в днище, циркуляционным контуром для измерения температуры. От числа сеток или корзин зависит высота автоклава.

Загрузка и разгрузка производятся с применением гидравлических, электромагнитных или механических устройств.

Созданы конструкции бессеточных автоклавов. Загрузка осуществляется ленточными транспортерами. Автоклав наполовину заполнен водой заданной температуры. Выгрузка производится через нижний люк.

Горизонтальные автоклавы изготавливаются в виде горизонтально установленного на опорах цилиндрического сосуда, закрываемого с торцовых сторон крышками. В качестве греющего агента в горизонтальных стерилизаторах применяется пар.

Стерилизаторы. Непрерывно действующие стерилизаторы имеют ряд преимуществ перед периодически действующими (более высокая температура, более интенсивный теплообмен). Они бывают роторные (барабанные) с гидростатическим противодавлением и горизонтальные с пластинчатым транспортером. Они различаются протяженностью, конфигурацией и числом каналов. Может быть несколько транспортеров с носителями для тары.

Стерилизаторы с противодавлением имеют несложную конструкцию и высокую производительность, но в то же время громоздки и не позволяют оперативно изменять температуру стерилизации.

К оборудованию для варки мяса и мясных продуктов относят чаны и варочные котлы.

Чаны выпускают стационарными или опрокидывающимися, с паровым или огневым обогревом, с выгрузкой вручную или механизированной, путем опрокидывания резервуара или корзины, располагающейся внутри резервуара. Чаны бывают открытыми или с откидывающейся крышкой.

Для тепловой обработки мясных продуктов на малых и средних предприятиях наибольшее распространение получили паровые и

электрические пищеварочные котлы. Они представляет собой сосуд цилиндрической формы с эллиптическим днищем и паровой рубашкой. Он смонтирован на полых цапфах, через одну из которых подводится пар в паровую рубашку, а через другую отводится конденсат. Внутри котел выполнен из нержавеющей стали. Для продувки парового пространства, пуска воды и удаления воздуха из паровой рубашки в нижней и верхней частях котла имеются пробно-спускные краны. Давление в паровой рубашке контролируют с помощью манометра.

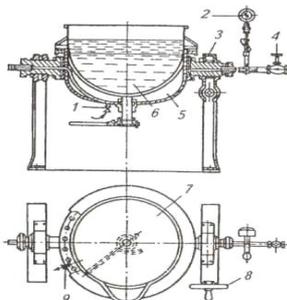


Рисунок 5.10 - Паровой варочный котел: 1, 9 - пробно-спускные краны; 2 - манометр; 3 - цапфа; - паропровод с краном; 5 - паровая рубашка; 6 - емкость; 7 - съемная крышка; 8 - штурвал опрокидывателя.

Пищеварочный электрический котел КПЭ-100 представляет собой варочный сосуд с двумя стенками, облицованными листами из эмалированной стали. Пространство между внешней стенкой и облицовкой заполнено тепловой изоляцией. В нижней части смонтирован парогенератор, выполненный в виде прямоугольной стальной коробки с вмонтированными в ней шестью ТЭНами. Пространство между двумя стенками котла представляет собой герметичную пароводяную рубашку.

Котел работает в двух режимах. Первый обеспечивает автоматическое отключение пяти ТЭНов от сети при достижении давления верхнего заданного предела и включение их после снижения давления до нижнего предела; второй - автоматическое отключение всех ТЭНов от сети после установления в пароводяной рубашке заданного давления. Время закипания содержимого варочного котла не более 1 ч. Мощность электронагревателей 15 кВт. Масса котла 210 кг.

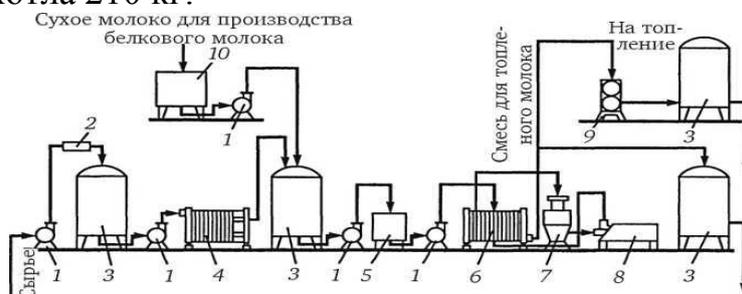


Рисунок 5.11 - Аппаратурно-технологическая схема линии производства пастеризованного молока: 1 - центробежные насосы; 2 - счетчик-расходомер; 3,10 - емкость; 4 - пластинчатый охладитель; 5 - уравнильный бачок; 6 – пастеризационно-охладительная установка; 7 - сепаратор-молокоочиститель; 8 - гомогенизатор; 9 - пластинчатый сепаратор.

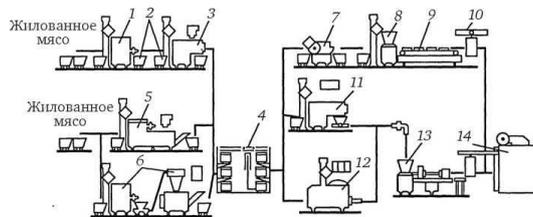


Рисунок 5.12 - Аппаратурно-технологическая схема производства вареных колбас: 1 - волчок; 2 - напольная тележка; 3 - смеситель; 4 - камера созревания; 5 - посолочный агрегат; 6 - комплекс оборудования для посола мяса; 7 - куттер; 8 - шприцующая машина; 9 - конвейерный стол; 10 - колбасные рамы; 11 - измельчитель; 12 - машина для тонкого измельчения; 13 - агрегат для формования колбас; 14 - термокамера

### Оборудование для копчения.

Обработка мясопродуктов пропитыванием коптильными веществами, в виде коптильного дыма или нанесение на поверхность мясопродуктов тонкого слоя коптильной жидкости называется копчением. На предприятиях изготавливают полукопченые, сырокопченые и варено-копченые колбасы. Для копчения используют автокоптилки, универсальные термокамеры, коптильные шкафы и термоагрегаты. Термоагрегаты используются для непрерывной термообработки мясопродуктов. В них несколько аппаратов объединяются в один и бывают цепными (люлечными) или рамными, а по характеру перемещения внутри агрегата – проходными или тупиковыми, по траектории движения – однолинейными, кольцевыми или карусельными. Термокамеры бывают одно- и много камерными, стационарные и нестационарные. Одной из важнейших частей оборудования для копчения – дымогенератор с непрерывной и периодической подачей опилок. Пример термокамеры это – стационарная коптильная камера, автокоптилка малая АМ-360. В настоящее время для малых мясоперерабатывающих производств выпускаются термокамеры и термошкафы с загрузкой продуктов до 150 кг. Для крупных предприятий выпускают автоматизированную термокамеру Д5-ФТГ.

Универсальные и коптильные камеры укомплектовывают дымогенераторами, вырабатывающими дым из опилок или мелкой щепы в результате их тления. Дымогенераторы бывают встроенными, монтируемыми внутри двери или сбоку от нее, а также отдельно стоящими, сбоку камеры.

Термокамера состоит из корпуса и облицовки, между которыми расположен термоизолирующий материал. Термокамера оснащена блоком электронагревателей, центробежным вентилятором, тремя медными термопреобразователями для замера «сухой» температуры в камере, «влажной» температуры и температуры в центре продукта, соленоидным клапаном с форсунками и трубопроводом впрыскивания воды. На крыше камеры установлены фильтр очистки водопроводной воды и клапан управления системой водяной завесы в дымогенераторе.

Раму с продуктом загружают в камеру по направляющим. Через проем в крышке камеры поступает дым из дымогенератора. Продолжительность

подсушки 15...25 мин, обжарки 30... 140, варки 30... 100, копчения 360... 1440 мин. Время разогрева камеры до температуры 90°C составляет 10 мин.

Дымогенератор предназначен для беспламенного сжигания опилок с целью получения дыма и его последующей подачи в камеру. Перед тем как загрузить опилки в кассету (емкостью 12дм<sup>3</sup>), их смачивают водой в соотношении 10:1. Влажные опилки вручную зажигают с помощью горсти сухих опилок. При максимальной тяге воздуха опилки полностью сгорают за 1,5 ч. Во время работы дымогенератора поддон заполняют водой на высоту 10...20 мм.

Автоматизированную термокамеру применяют для тепловой обработки колбасных изделий на крупных предприятиях. Она состоит из нескольких камер, гребенок, щитов управления, обеспечивающих единый технологический цикл тепловой обработки колбасных изделий.

Для регулирования количества воздуха и дыма, а также влажности рабочей среды, излишки которой необходимо удалить, установлены заслонки. Управление заслонками дистанционное (пневматическое), а их положение контролируется с помощью ламп, имеющих на верхней дверке шкафа управления.

Для загрузки колбасных изделий в автоматизированную термокамеру предусмотрены подвесные рамы размерами 1200x1000x1650 мм и напольные рамы размерами 1200x1000x2000 мм. Управление обработкой сосисок, сарделек и других колбасных изделий диаметром 65, 80, 95, 100, 120 мм может быть ручное дистанционное (со щита) и автоматическое дистанционное (программное).

Дымовоздушная смесь, применяемая при обжарке, а также холодном и горячем копчении, должна удовлетворять технологическим требованиям как по температуре, так и по своему составу. Дым, используемый в термокамерах и коптильных агрегатах, получают в результате сухой перегонки древесины твердых пород — в нем не должно быть продуктов полного сгорания топлива и веществ, ухудшающих качество и товарный вид продукции.

Дымогенераторы, работающие от сгорания опилок или древесины, получили наибольшее распространение. Они универсальны и просты в обслуживании, но малоэкономичны и трудно поддаются автоматизации.

Дымогенераторы выполняют в виде камер, в которые топливо подают вручную или механически на пол, колосниковую решетку, плиту, в тележке или коробе.

Древесные опилки загружают в бункер дымогенератора (рис. 15.1). Из бункера они подаются шнеком на колосниковую решетку, где перемешиваются и равномерно распределяются с помощью ворошителя. Воздух, необходимый для горения опилок, нагнетается вентилятором под решетку. Полученный дым смешивается с воздухом до необходимой температуры и густоты. Смесь очищается в фильтре и с помощью вентилятора отводится через патрубок к потребителю.

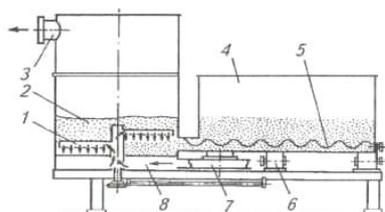


Рисунок 5.13 - Схема дымогенератора: 1 - ворошитель; 2 - деревянные опилки; 3 - дымовой патрубок; 4 - бункер для древесных опилок; 5 - подающий шнек; 6 - привод; 7 - вентилятор; 8 - воздухораспределитель

Дымогенератор Д9-ФД2Г (рис. 15.2) получил в последнее время широкое распространение. Он представляет собой аппарат прямоугольной формы, состоящий из двух камер — сгорания опилок и очистки дыма. Над камерой сгорания имеется бункер для загрузки опилок с ворошителем и оросителем для гашения пламени водой в случае воспламенения опилок. Под камерой установлен ящик для сбора золы. Из ящика ее выгружают лопаткой. Опилки поджигают с помощью электронагревателей мощностью 3,2 кВт.

В камере очистки установлены фильтры для удаления из дыма канцерогенных и смолистых веществ, дегтя и золы. Для вытяжки дыма над ней смонтирован вентилятор, приводимый в работу электродвигателем мощностью 0,55 кВт. Время возгорания опилок с момента включения электронагревателей 4...6 мин. Температура получаемого дыма на выходе генератора 30...60 °С. Производительность не менее 515 м<sup>3</sup>/ч. Для управления работой дымогенератора служит пульт. Площадь, занимаемая оборудованием, 1,32 м<sup>2</sup>, масса его 650 кг.

Различают холодное и горячее копчение. Холодное копчение проводят при 18...30°С в течение 2...5 сут. Горячее — при температуре 35...50°С в течение 12...48 ч. Холодному копчению подвергают сырокопченые, горячему — полукопченые и варено-копченые колбасы.

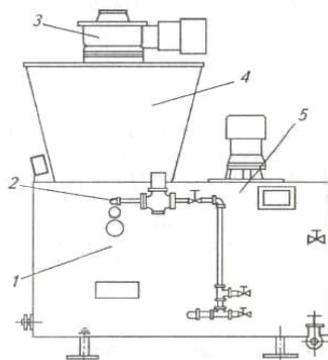


Рисунок 5.14 - Дымогенератор Д9-ФД2Г: 1 - камера сгорания; 2 - ороситель; 3 - вентилятор; 4 - камера очистки; 5 - ворошитель опилок

Стационарная коптильная камера представляет собой одно- или многоэтажное кирпичное сооружение. В нижней части расположена топка, где сжигают топливо для получения дыма или обогрева камеры. Она оборудована подвесными путями для подачи продукта на рамах или стойках для их навешивания. На каждом этаже камеры имеются решетки на случай падения изделий. В центре топки укладывают мелко нарубленные дрова и

засыпают их опилками, которые зажигают со стороны поддува. Плотность дыма зависит от объема воздуха, поступающего в топку. Считается нормальным, если воздух поступает в таком количестве, что скорость его движения в коптильной камере составляет 0,12...0,25 м/с. Относительную влажность в камере поддерживают в пределах 60...65%.

Малая автокоптилка АМ-360 (рис. 13.3) состоит из многоэтажной вертикальной кирпичной или железобетонной шахты размерами 2,52х3,2 м. В верхней части автокоптилки располагается привод, который осуществляется от электродвигателя мощностью 5,5 кВт через червячный редуктор 3 и цепную передачу. Через цепную передачу вращение передается на червячный редуктор 7. На вал червячного колеса этих редукторов насажены приводные звездочки 5, на которые навешиваются две бесконечные пластинчато-шариковые цепи, движущиеся вертикально. Цепи соединены между собой траверсами люлечного типа, подвешенными на шарнирах так, что они все время сохраняют горизонтальное положение.

Цепи автокоптилки натягиваются двумя натяжными станциями грузового типа. В целях предотвращения аварии транспортного механизма предусмотрено специальное автоматическое устройство, которое выключает электродвигатель привода с одновременной световой и звуковой сигнализациями, срабатывающими при остановке одной из ветвей конвейера.

В нижней части здания шахты расположена топка. От нее дымовоздушная смесь свободно поднимается по всей шахте, равномерно воздействуя на продукт, вывешенный на траверсе. В верхней части автокоптилки располагается дымовая камера, потолок которой снабжен шиберами для регулирования потока дымовоздушной смеси.

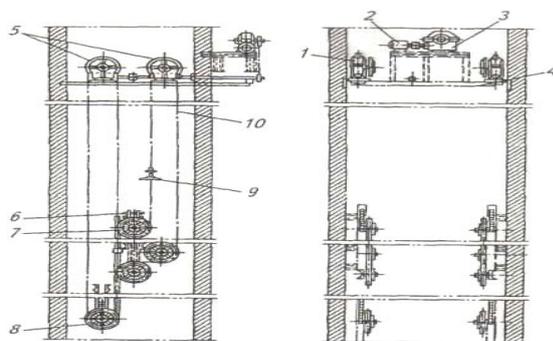


Рисунок 5.15 - Малая автокоптилка АМ-360: 1, 3 - редукторы; 2- электродвигатель; 4 - цепная передача; 5, 7, 8 - звездочки; 6 - натяжная станция; 9 - траверсы; 10 - цепи.

Оборудование, использующее тепловое действие токов промышленной частоты. Для нагревания пищевых продуктов применяется два типа электронагрева: прямой и косвенный. При прямом нагреве нагреваемый продукт включается последовательно непосредственно в электрическую цепь. Необходимо, чтобы электроды плотно соприкасались с электропроводящим материалом. Продукт, подвергаемый обработке при прямом контакте с электродами, не должен обладать однородной структурой.

Это дает возможность поддерживать однородное температурное поле во всем объеме продукта, который в данный момент находится между электродами. Однородность температурного поля является важным преимуществом электроконтактного метода. Для предотвращения нежелательных явлений электролиза используется переменный ток промышленной частоты.

Электроконтактный нагрев используется для размораживания (дефростации) полуфабрикатов, для нагрева водно-мучных смесей и выпечки бескорковых изделий.

Для обработки плодов, ягод и овощей перед прессованием применяется электроплазмолиз. Процесс осуществляется в установках, в которых в зазор между бегстроящими металлическими валками-электродами пропускают продукт. При этом с помощью тока разрушаются клетки продукта, что улучшает выделение сока при прессовании.

При косвенном нагреве тепло, выделенное нагревательными элементами, передается нагреваемому продукту теплопроводностью, лучеиспусканием или конвекцией. Для проведения процесса применяют специальные электротермические установки, в виде печи, внутри которой установлены электронагревательные элементы

На винодельческих предприятиях используют электропастеризационные установки косвенного нагрева. Жидкость, находящаяся в аппарате или прокачиваемая через него, получает теплоту нагревательных элементов. Регулирование температуры производится автоматически.

Широкое применение в хлебопекарной и кондитерской промышленности получили печи с электрообогревом, установочная мощность которых достигает 150 кВт и более.

В качестве нагревателей используют открытые рамочные – нихромовая проволока, натянутая между изоляторами, либо закрытые – спираль, прикрепленная к трубке или керамическому стержню. Более удобны в эксплуатации трубчатые электронагреватели. В качестве наполнителя используют кристаллический оксид магния – периклаз или магнезит. Торцы трубки заливают термостойким влагонепроницаемым лаком, через которые выводят контакты из стальной проволоки для подключения к сети. На выступающие части контактных выводов надевают фарфоровые изоляторы, гайки, шайбы.

Электронагреватели серии ТЭН изготавливают различной конфигурации: прямые, U-образные и более сложной формы; потребляемая мощность от 0,4 до 5 кВт. ТЭНы применяют для нагрева воздуха в печах, масел и пищевых жиров до температуры 250-350 °С. Для нагревания воздуха в печах, сушильных шкафах, калориферах и т. д. до температуры 400-600 °С применяют электронагреватели серий НВС и НВСЖ. Электронагреватели серии НВС, как и ТЭНы, имеют одинарную оболочку из углеродистой стали марки Ст. 10. В нагревательных элементах серии НВСЖ имеется дополнительная оболочка из нержавеющей стали марки Х13НГОТ.

Весьма перспективно применение высокотемпературных кварцевых излучателей инфракрасного нагрева типа КГ.

Оборудование для охлаждения и замораживания пищевых продуктов.

По конструктивным особенностям различают следующие типы холодильного оборудования: холодильные шкафы, сборные холодильные камеры, прилавки и витрины и специальное холодильное оборудование.

Холодильные шкафы.

Используются для хранения продуктов, полуфабрикатов и готовых изделий. Конструкция холодильного шкафа состоит из охлаждаемой камеры и машинного отделения. Корпус шкафа облицован снаружи покрашенной листовой сталью, а изнутри листовым алюминием. Между облицовками расположен слой теплоизоляции. На передней части шкафа расположена дверь с уплотнителем и запором. Внутри шкафа установлены полки для продуктов. Испаритель установлен в верхней части камеры, а холодильный герметический агрегат внизу, в машинном отделении. Датчик-реле температуры установлен на внешней стороне холодильного шкафа, регулирует автоматическую работу холодильной машины в пределах 1-8°C.

Шкафы шокового охлаждения и заморозки. Шкафы шокового охлаждения и заморозки отличаются от своих традиционных аналогов повышенной холодопроизводительностью и наличием системы эффективной принудительной вентиляции. Использование данной технологии обеспечивает высокий уровень санитарно-гигиенической защищенности продуктов. Камеры охлаждения с обдувом не допускают бактериальное размножение и сохраняют качество пищевых продуктов в течение длительного промежутка времени. Продукты, прошедшие обработку в камерах интенсивного обдува, сохраняются в 2-3 раза дольше, чем при традиционном способе охлаждения. Продукты не теряют своих качественных и вкусовых характеристик.

Шкафы-секции модулированные. Они представляют собой малогабаритный холодильный шкаф, встроенный в металлический стол. Охлаждаемая крышка стола служит для приготовления слоеного теста, различных отделочных изделий из шоколада, охлаждения помады и т. д.

Льдогенераторы. Бывают двух типов: с непосредственным охлаждением и рассольные. В первых лед образуется (намораживается) на поверхности испарителя, а во вторых — специальные формы для льда охлаждаются рассолом, имеющим температуру от -10 до -15 °С. Холодильное оборудование закрепляется за определенным работником, который следит за его правильной эксплуатацией и техническим состоянием.

Морозильный аппарат.

Охлаждение и замораживание продуктов в воздушной среде.

Охлаждение или замораживание продуктов в результате движения охлаждения воздуха, который свободно омывает продукт со всех сторон. Воздух перемещается вентилятором и охлаждается в воздухоохладителе.

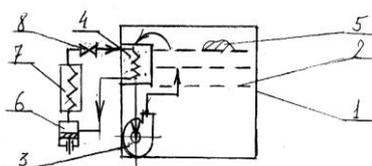


Рисунок 5.16 - Технологическая схема морозильного аппарата: 1 - камера для охлаждения 2 -стеллажи 3 - вентилятор 4 - воздухоохладитель (испаритель) 5 - продукт 6 - компрессор 7 -конденсатор 8 – вентилятор.

Конвейерный морозильный аппарат – для замораживания продуктов.

Через сетчатый конвейер продувается охлажденный воздух. Упакованный продукт, например, ягода, зеленый горошек и т.д., уложенный россыпью на конвейере, замораживается при температуре =  $-30^{\circ}\text{C}$

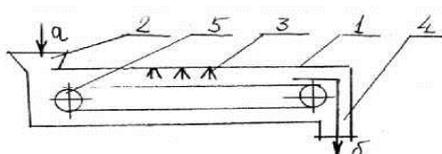


Рисунок 5.17– Конвейерный морозильный аппарат

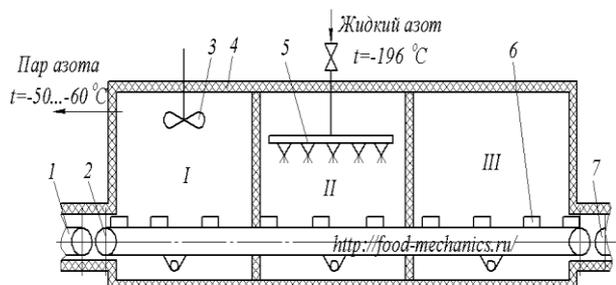


Рисунок 5.18 Принципиальная схема установки для замораживания продуктов жидким азотом

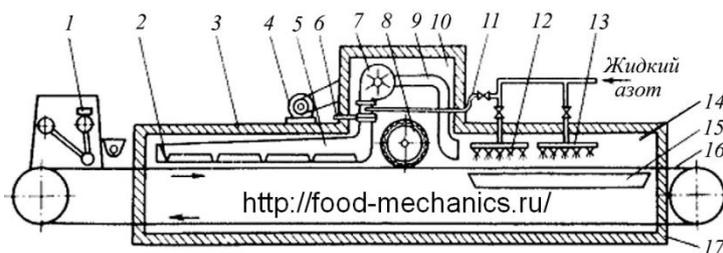


Рисунок 5.19 Принципиальная схема установки для замораживанияпельменей жидким азотом

Основное уравнение теплопередачи для установившегося процесса

$$Q=KF \Delta t$$

где Q- тепловая нагрузка, Вт; K – коэффициент теплопередачи, Вт/м<sup>2</sup>·К); F- поверхность теплообмена, м<sup>2</sup>;  $\Delta t$  – средняя (полезная) разность температур между средами, °С.

Тепловую нагрузку Q (в Вт) в зависимости от характера процесса определяют по одной из следующих формул.

1. При нагревании G (в кг/с) жидкости или газа от  $t_1$  до  $t_2$  (в °С)

$$Q= G c (t_2-t_1) \times 1$$

где  $c$  - средняя теплоемкость жидкости или газа в указанном интервале температур, Дж (кг К);  $x_1$  - коэффициент учитывающий потери тепла при нагревании,  $x_1 = 1,03-1,05$

2. При охлаждении  $G$  (в кг/с) жидкости или газа от  $t_1$  до  $t_2$  (в °С)

$$Q = G c (t_1 - t_2) x_2$$

$x_1$  - коэффициент учитывающий потери тепла при охлаждении,  $x_2 = 0,95-0,97$

3. При конденсации  $G$  (в кг/с) насыщенного пара или испарении  $G_2$  (в °С) кипящей жидкости

$$Q = G r x_3$$

где  $r$  — удельная теплота конденсации (испарения), Дж/кг;  $x_3$  - коэффициент, учитывающий потери тепла при конденсации или испарении. Коэффициент теплопередачи  $K$  [в Вт/(м<sup>2</sup> · К)] через плоскую стенку или цилиндрическую стенку при  $d_{вн} > 0,5d_n$  рассчитывают по формуле

$$K = 1 / (1/\alpha_1 + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + 1/\alpha_2),$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - коэффициенты теплоотдачи с одной и другой стороны стенки, Вт/(м<sup>2</sup> · К);  $\delta_1$  и  $\delta_2$  толщина теплопроводящей стенки, слоя накипи и других загрязнений на ней, м;  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  - теплопроводность стенки, слоя накипи и других загрязнений на ней, Вт/(м · К).

Из-за трудности учета термических сопротивлений накипи и других загрязнений коэффициент теплопередачи иногда рассчитывают по формуле

$$K = \varphi / (1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2),$$

где  $\varphi$  - коэффициент использования поверхности теплообмена (для технических расчетов принимают равным 0,65-0,85, а для сред с интенсивным выделением осадка - 0,4-0,5)

Величину коэффициентов теплоотдачи  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  [в Вт/(м<sup>2</sup> · К)] рассчитывают по одной из следующих формул.

1. При нагревании или охлаждении в прямых трубах или каналах

а) при  $Re > 10000$   $Nu = \alpha / \lambda = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43}$ ,

б) при  $10000 > Re > 2320$   $Nu = 0,008 Re^{0,9} Pr^{0,43}$ ;

в) при  $Re < 2320$   $Nu = 0,17 Re^{0,33} Pr^{0,43} Gr^{0,1}$ .

В этих уравнениях определяющим геометрическим размером является внутренний диаметр трубы, а определяющей температурой средняя температура среды.

2. При движении среды в кольцевом канале теплообменника «труба в трубе»

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4} (D_в/d_n)^{0,45},$$

где  $D_в$  внутренний диаметр наружной трубы, м;  $d_n$  - наружный диаметр внутренней трубы, м.

Эквивалентный диаметр  $d_3$  (в м) межтрубного пространства этого теплообменника

$$d_3 = D_в - d_n$$

3. При движении среды в межтрубном пространстве кожухотрубного теплообменника

$$Nu = C d_3 Re^{0,6} Pr^{0,23}$$

где  $C$  — опытный коэффициент (при наличии перегородок в межтрубном пространстве равен 1,72, при отсутствии перегородок - 1,16).

При этом определяющим размером является наружный диаметр трубы, а определяющей температурой — температура среды.

Эквивалентный диаметр  $d_3$  (в м) межтрубного пространства кожухотрубного теплообменника

$$d_3 = (D_B^2 - n d_H^2) / (D_B + n d_H)$$

где  $D_B$  — внутренний диаметр кожуха теплообменника, м;  $n$  — число труб в теплообменнике;  $d_H$  — наружный диаметр трубы, м.

При движении потоков в каналах, образованных пластинами типа П-2,

$$Nu = 0,1 Re^{0,7} Pr^{0,43}$$

Эквивалентный диаметр  $d_3$  (в м) канала в пластинчатом теплообменнике равен  $2h$  ( $h$  — расстояние между пластинами, м).

4. При движении потока в змеевике

$$Nu = 0,21 Re^{0,8} Pr^{0,43} (1 + 1,77 d_B / R)$$

где  $d_B$  — внутренний диаметр трубы, м;  $R$  — радиус закругления трубы)

5. При теплообмене в процессе перемешивания жидкости мешалкой:

а) в аппарате с рубашкой

$$Nu = C Re_m^{0,67} Pr^{0,33}$$

где  $C$  — опытный коэффициент (для лопастной мешалки равен 0,4, для турбинной - 0,68).

Для якорной мешалки  $Nu = C Re_m^{0,5} Pr^{0,33}$ ;

б) в аппарате со змеевиком

$$Nu = C Re^{0,62} Pr^{0,33},$$

где  $C$  — коэффициент (для лопастной мешалки равен 0,03, для пропеллерной - 0,08, для турбинной - 0,04).

В этих уравнениях определяющей температурой является температура теплоносителя, а определяющим размером в аппарате с рубашкой — внутренний диаметр аппарата, а в аппарате со змеевиком — наружный диаметр труб змеевика.

6. Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1$  [в Вт/(м<sup>2</sup> · К)] при пленочной конденсации чистого неподвижного пара на наружной поверхности вертикальных труб рассчитывают по формуле

$$d_1 = 2,04 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^3 r}{H \mu \Delta t}} = 2,04 A \sqrt[4]{\frac{r}{H \Delta t}} = 3,78 \lambda^{3/4} \sqrt[3]{\frac{\rho^2 d_H n}{G \mu}}$$

где  $\lambda$  — теплопроводность пленки конденсата, Вт/(м · К);  $\rho$  — плотность конденсата, кг/м<sup>3</sup>;  $r$  — удельная теплота конденсации, Дж/кг;  $H$  — рабочая высота вертикальной трубы, м;  $\mu$  — динамическая вязкость конденсата, Па · с;  $\Delta t$  — разность температур насыщения и стенки °С;  $d_H$  — наружный диаметр трубы, м;  $n$  — общее число труб;  $G$  — количество конденсирующегося пара, кг/с.

При конденсации чистого пара на поверхности пучка горизонтальных труб средний коэффициент теплоотдачи

$$\alpha_{cp} = 1,28 \varepsilon_m \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r}{d_n \mu \Delta t}} = 1,28 \varepsilon_m A \sqrt[4]{\frac{r}{d_n \Delta t}} = 2,02 \varepsilon_m \sqrt[3]{\frac{\rho^2 n l}{G \mu}}$$

где  $\varepsilon_m$  - коэффициент, зависящий от числа труб в вертикальном ряду;  $m$  - число труб в вертикальном ряду;  $L$  - длина труб, м.

$$\varepsilon_m = m^{-0,25}$$

7. Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1$  [в Вт/(м<sup>2</sup> · К)] при конденсации водяного пара при температуре пленки до 120° С

$$\alpha_1 = 1163(1,9 + 0,04 t_{пл})$$

8. Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_w$  [в Вт/(м<sup>2</sup> · К)] при конденсации чистого пара, движущегося со скоростью  $dW > 6$  м/с,

$$\alpha_w = \alpha_1(0,062w + 0,62),$$

где  $\alpha_1$  - коэффициент теплоотдачи при конденсации неподвижного пара, рассчитанный по формуле

$$d_1 = 2,04 \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^3 r}{H \mu \Delta t}} = 2,04 A \sqrt[4]{\frac{r}{H \Delta t}} = 3,78 \lambda^3 \sqrt[3]{\frac{\rho^2 d_n n}{G \mu}}$$

$$\text{или } \alpha_{cp} = 1,28 \varepsilon_m \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r}{d_n \mu \Delta t}} = 1,28 \varepsilon_m A \sqrt[4]{\frac{r}{d_n \Delta t}} = 2,02 \varepsilon_m \sqrt[3]{\frac{\rho^2 n l}{G \mu}}$$

9. Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_{cm}$  [в Вт/(м<sup>2</sup> · К)] при конденсации неподвижного пара в присутствии CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> и воздуха, будет равен:

$$\alpha_{cm} = \alpha_1 \varepsilon',$$

где  $\varepsilon'$  - коэффициент, зависящий от содержания CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> и воздуха в паре.

10. Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_2$  [в Вт/(м<sup>2</sup> · К)] при кипении воды в большом объеме или в вертикальных трубах испарителя равен:

$$\alpha_2 = 0,145 \Delta t^{2,33} p^{0,5},$$

где  $\Delta t$  - разность температур стенки и кипящей воды, °С;  $p$  - давление в испарителе, Па.

11. Для растворов, кипящих в вертикальных трубах выпарных аппаратов с естественной циркуляцией,  $\alpha_2$  (в Вт/(м<sup>2</sup> · К))

$$\alpha_2 = A_1 q^{0,6},$$

где  $A_1$  - коэффициент, зависящий от физических свойств кипящей жидкости;  $q = Q/F$  - удельная тепловая нагрузка на аппарат, Вт/м<sup>2</sup>;

$$q = \alpha_1 \Delta t_1; q = \alpha_2 \Delta t_2; q = ur;$$

$u$  - массовое напряжение на аппарат, кг/(м<sup>2</sup> · с).

Значение удельной тепловой нагрузки  $q$  (в Вт/м<sup>2</sup>) на выпарной аппарат или испаритель можно рассчитать по формуле

$$q = 2,05 \lambda_{ж}^{0,4} \rho_{ж}^{0,17} r^{0,36} T_{нас}^{0,32} \sigma_{ж}^{0,21} / \mu_{ж}^{0,215} C_{ж}^{0,08}$$

где  $r$  - удельная теплота испарения при рабочем давлении в аппарате, Дж/кг;  $T_{нас}$  - температура насыщения, °К;  $\rho_{ж}$  - плотность жидкости при

температуре кипения,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\sigma_{\text{ж}}$  - поверхностное натяжение жидкости при температуре кипения, Н/м.

12. Суммарный коэффициент теплоотдачи  $\alpha_c$  в  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  от стенок аппарата в окружающую среду конвекцией и излучением

$$\alpha_c = 9,74 + 0,07 (t_{\text{ст}} - t_{\text{в}})$$

где  $t_{\text{ст}}$  и  $t_{\text{в}}$  температуры наружной стенки аппарата и окружающего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .

13. Среднюю разность температур  $\Delta t$  (в  $^{\circ}\text{C}$ ) при установившемся теплообмене для прямотока и противотока определяют по одной из следующих формул:

а) при отношении  $\Delta t_{\text{б}}/\Delta t_{\text{м}} > 2$  определяют как среднелогарифмическую из большей и меньшей разностей температур сред

$$\Delta t = (\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}) / 2,3 \lg (\Delta t_{\text{б}} / \Delta t_{\text{м}})$$

б) при отношении  $\Delta t_{\text{б}}/\Delta t_{\text{м}} < 2$

$$\Delta t = 0,5 (\Delta t_{\text{б}} + \Delta t_{\text{м}})$$

14. Температура  $t$  (в  $^{\circ}\text{C}$ ) поверхности чистой стенки при нагревании жидкости паром

а) со стороны пара

$$\Delta t_{\text{ст1}} = t_{\text{п}} - (K \Delta t) / \alpha_1;$$

б) со стороны жидкости

$$\Delta t_{\text{ст2}} = t_{\text{ж}} + (K \Delta t) / \alpha_2;$$

где  $t_{\text{п}}$  и  $t_{\text{ж}}$  - температура пара и жидкости,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $K$  - коэффициент теплопередачи,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\Delta t$  - разность температур между средами,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - коэффициенты теплоотдачи с одной и другой стороны стенки,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ .

Задача 1. Определить необходимую поверхность теплообмена для нагревания

12 000  $\text{кг/ч}$  сахарного раствора концентрацией  $V = 14\%$  СВ (сухого вещества) от  $60$  до  $120^{\circ}\text{C}$ , если  $K = 900 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , температура греющего пара  $t_{\text{п}} = 132^{\circ}\text{C}$ , доброкачественность раствора  $D_{\text{б}} = 90\%$ . Теплотери принять равным  $5\%$ .

Решение.

Для установившегося процесса количество теплоты отнесенное к единице времени

$$Q = KF \cdot \Delta t$$

отсюда

$$F = \frac{Q}{K \Delta t}$$

При нагревании жидкости или газа

$$Q = Gc (t_2 - t_1) \cdot x_1$$

$x_1 = 1,05$ , т.к. в задаче теплотери равны  $5\%$ . Для жидких продуктов сахарного производства ( $c$  - средняя в данном интервале температур теплоемкость жидкости или газа):

$$\begin{aligned} c &= 4190 - 0,01 V [2510 - 7,54t + 4,61 \cdot (100 - D_{\text{б}})] = \\ &= 4190 - 0,01 \cdot 14 [2510 - 7,54 \cdot 60 + 4,61 \cdot (100 - 90)] = \\ &= 4190 - 0,014 (2510 - 7,54 \cdot 60 + 4,61 \cdot 10) = 3910 \end{aligned}$$

(это теплоемкость сахарного раствора).

Производительность  $G$  12 000 кг/ч переводим в кг/сек –  $12\,000/3\,600 = 3,3$  кг/сек.  $t$  – начальная температура продукта не задается, поэтому принимаем значение  $0^\circ\text{C}$ . Температура греющего пара  $t_n = 132^\circ$ .

Тепловую нагрузку вычисляем по формуле:

$$Q = G c (t_2 - t_1) \cdot x_1 = 3,3 \cdot 3910 (132 - 0) \cdot 1,05 = 13548 \cdot 132$$

$\Delta t$  – разность температур между средами температуры пара  $132^\circ\text{C}$  и сухого вещества сахара  $60^\circ\text{C}$ , т.е.  $132 - 60 = 72^\circ\text{C}$

Необходимую поверхность теплообмена для нагревания сахарного раствора вычисляем:

$$F = \frac{13548 \cdot 132}{900 \cdot 72} = \frac{13548}{900} \cdot \frac{132}{72} = 15,05 \cdot 1,82 = 27,3 \text{ см}^2$$

### Контрольные вопросы

1. Теплоносители. Теплообмен.
2. Теплообменное оборудование.
3. Оборудование для выпечки и тепловой обработки пищевых продуктов
4. Оборудование для варки.
5. Оборудование для копчения.
6. Автоклавы.
7. Оборудование для охлаждения и замораживания пищевых продуктов.

## 5.2 Оборудование для проведения массообменных процессов

Массообменными называют такие технологические процессы, скорость протекания которых определяется скоростью переноса вещества (массы) из одной фазы в другую конвективной и молекулярной диффузией: абсорбция и адсорбция, перегонка и ректификация, экстракция, сушка, кристаллизация.

Массопередача - это процесс перехода вещества (или нескольких веществ) из одной фазы в другую в направлении достижения равновесия. Движущей силой массообменных процессов является разность между фактической и равновесной концентрациями переходящего вещества. Самопроизвольное достижение равновесной концентрации переходящего вещества в первой и второй фазах называется диффузией.

Массообменные процессы классифицируют (подразделяют) по трем основным признакам: агрегатному состоянию вещества, способу контакта фаз и характеру их взаимодействия.

Когда два разделяемых компонента содержатся одновременно в газообразной и жидкой фазах, их разделение возможно в процессах перегонки (дистилляции) и ректификации.

Наибольшее распространение получили рассмотренные ниже массообменные процессы.

Дистилляция (перегонка) – разделение жидких смесей на различающиеся по составу фракции.

Ректификация – способ разделения жидких смесей, состоящих из нескольких компонентов. Ректификация основана на многократном испарении жидкости и конденсации ее паров или на однократном испарении смеси с последующей многоступенчатой конденсацией компонентов. Ректификацию применяют, напри мер, в спиртовой промышленности для получения спирта-ректификата. Так, если раствор этилового спирта в воде частично испарить, то в паровой фазе концентрация спирта окажется большей, чем в оставшейся жидкости и чем в исходном растворе. Если после этого пар сконденсировать, то в итоге получатся две жидкости с различными концентрациями спирта в них. Повторение этого процесса может обеспечить все более и более высокую концентрацию спирта, т. е. все более высокую степень разделения компонентов.

Перегонка - это разделение смеси, состоящей из двух или более взаимно растворимых летучих компонентов. Необходимое условие для перегонки — различная летучесть разделяемых компонентов. В этом случае при одинаковой температуре парциальное давление паров разделяемых компонентов над жидкостью будет различным.

3. Экстракция (жидкостная) – извлечение растворенного в одной жидкости вещества другой жидкостью, практически не смешивающейся или частично смешивающейся с первой. Этот процесс представляет собой переход извлекаемого вещества из одной жидкой фазы в другую. Процесс применяют для извлечения растворенного вещества или группы веществ сравнительно невысоких концентраций.

При экстракции происходит извлечение одного или нескольких веществ из растворов или твердых веществ с помощью растворителей. При экстракции в системе «жидкость - жидкость» имеет место переход вещества из одной жидкой фазы в другую жидкую фазу. Экстракцию широко применяют для извлечения ценных веществ из разбавленных растворов, а также для получения концентрированных растворов.

Частным случаем экстракции является выщелачивание.

Процесс извлечения веществ из твердого тела с помощью растворителей называют выщелачиванием. В данном случае имеет место переход вещества из твердой фазы в жидкую. Выщелачиванием в пищевых производствах обрабатывают капиллярнопористые тела растительного и животного происхождения.

В качестве растворителей применяют:

- воду – для экстрагирования сахара из свеклы, кофе, чая,
- для обезжиривания кости в производстве животных жиров, при получении студней и зельцев в мясоперерабатывающей промышленности и др.;

- спирт или водно-спиртовую смесь – для получения настоев, морсов в ликероводочном и пивобезалкогольном производствах;

- органические растворители (бензин, трихлорэтилен, дихлорэтан)
- в маслоэкстракционном и эфиромасличном производствах, в производстве клея и желатина.

Сушка – процесс (или способ) разделения однородных или неоднородных систем, заключающийся в удалении влаги с использованием тепловых и диффузионных явлений. Влага может быть связана с материалом связями различной прочности. Это определяет наличие этапов сушильного процесса, различающихся температурами нагрева материалов.

Материал, находящийся в контакте с окружающим воздухом заданной влажности, приобретает влажность, называемую равновесной. При феноменологическом описании сушки в качестве движущей силы принимают разность концентраций влаги при фактическом и равновесном состояниях системы. Процесс сушки включает нагревание сушильного агента и приведение его в соприкосновение с высушиваемым материалом. При этом происходят перемещение влаги из глубины тела к поверхности и перемещение пара в окружающей среде.

Сушка – это удаление влаги из твердых влажных, пастообразных или жидких материалов путем ее испарения и отвода образовавшихся паров. В этом процессе имеет место переход влаги из твердого материала в паровую или газовую фазу. Скорость его во многих случаях определяется скоростью внутри-диффузионного переноса влаги в твердом теле.

В производстве многих пищевых продуктов (молочных и фруктово-ягодных консервов, колбасных изделий, рыботоров, солода, пищевых концентратов и др.) сушка, как правило, является обязательной операцией и представляет собой достаточно энергоемкую технологическую стадию процесса. При производстве некоторых пищевых продуктов сушке может предшествовать частичное удаление свободной влаги из материалов другими методами, например, отжатием на прессах, центрифугированием, выпариванием с целью повышения концентрации сухих веществ (сгущение при производстве сухого молока). При выборе метода сушки необходимо учитывать то, что пищевые материалы обладают рядом отличительных свойств: низкой термостойкостью, склонностью к окислению и деструкции, склонностью к короблению и потере товарного вида, наличием активных биохимических (ферментов, заквасок микроорганизмов) и химически активных веществ. Поэтому необходимо применение комбинированных способов подвода теплоты, что позволяет наиболее рационально нагревать материал до температуры сушки. Рациональным является также применение комбинированных сушильных агрегатов (например, сочетание распылительной сушки с сушкой в псевдооживленном слое).

Используется на предприятиях оборудование для сушки периодического и непрерывного действия. Второй тип экономичнее и вырабатывает продукцию более стабильного качества, но по конструкции сложнее чем сушилки периодического действия. Широко используются: распылительная сушильная установка А1-ЩРЗ, установка для сушки в

виброкипящем слое (для выработки яичного порошка путем сушки яичной массы), ленточная сушилка, барабанная сушилка (сушки зернистых материалов, кости-паренки, шквары, яичной скорлупы). сушильные шнековые установки, сублимационная установка (сублимация – переход вещества при нагревании из твердого вещества в газообразное, минуя жидкое состояние) установка состоит из сублиматора, насосной установки гидропривода, бака с насосом для удаления подтаявшего льда, поворотной стрелки подвесных путей, коллектора вакуумных трубопроводов, газового аммиачного коллектора десублиматора, трубопроводов подачи жидкого аммиака в десублиматор, направляющих для выдвижения нагревательных устройств, холодильной установки, системы автоматического контроля, регулирования и управления процессом.

По способу подвода теплоты к высушиваемому материалу методы сушки делят на следующие:

- конвективную, или воздушную, сушку – подвод теплоты осуществляется при непосредственном контакте сушильного агента с высушиваемым материалом;

- контактную сушку – путем передачи теплоты от теплоносителя (например, насыщенного водяного пара) к материалу через разделяющую их стенку;

- радиационную сушку – путем передачи теплоты инфракрасными излучателями;

- диэлектрическую сушку (СВЧ-сушку) – путем нагревания материала в поле токов высокой частоты;

- сублимационную сушку – сушку в глубоком вакууме в замороженном состоянии.

4. Кристаллизацией называют выделение твердой фазы в виде кристаллов главным образом из растворов и расплавов. Кристаллы представляют собой однородные твердые тела различной геометрической формы, ограниченные плоскими гранями.

Массообменные процессы широко используются в промышленности для решения задач разделения жидких и газовых гомогенных смесей, их концентрирования, а также для защиты окружающей природной среды (прежде всего для очистки сточных вод и отходящих газов).

Производительность оборудования для проведения массообменных процессов по разделяемым веществам определяется в первую очередь площадью поверхности контакта фаз. В процессах с подвижной поверхностью контакта фаз, к которым относятся процессы в двухфазных системах газ (пар)-жидкость и жидкость-жидкость, площадь поверхности контакта фаз можно увеличить путём механического воздействия на фазы.

Для этой цели используют контактные устройства, в которых происходит диспергирование (дробление) одной из фаз, приводящее к увеличению поверхности массопередачи. Классификация массообменных аппаратов по типу контактных устройств представлена на рис. 2.

Массообменные аппараты, применяемые в процессах с подвижной поверхностью контакта фаз, в большинстве случаев представляют собой цилиндрические колонны.

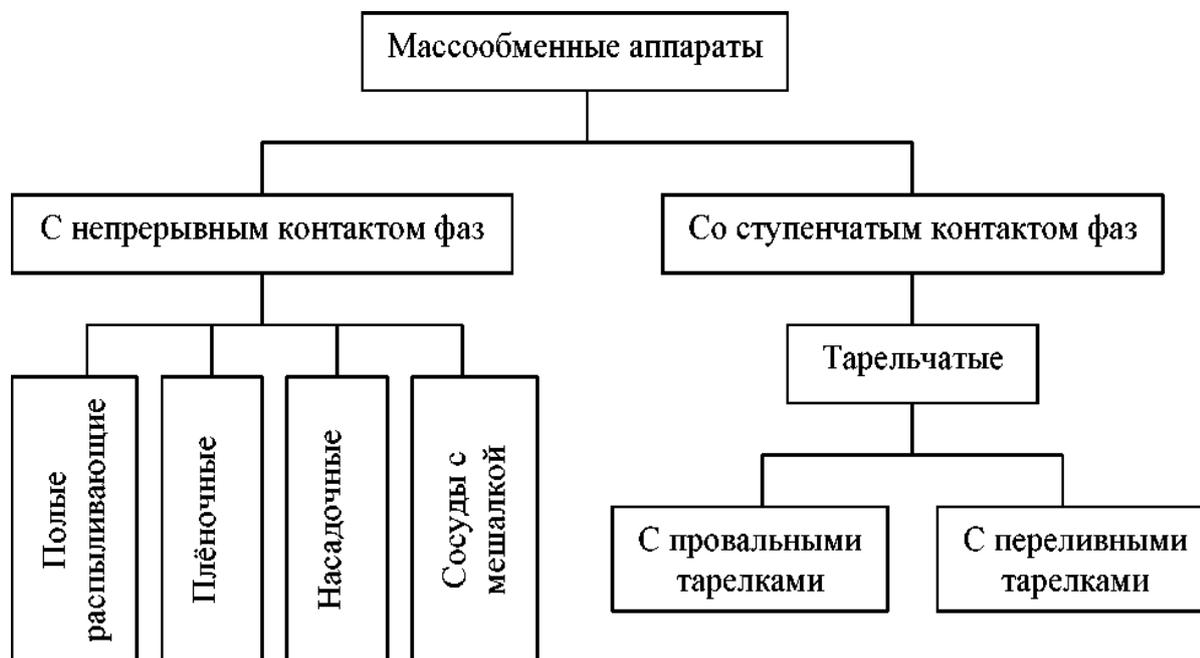


Рисунок 5.18 - Классификация массообменных аппаратов по типу и способу контакта фаз

В процессах с неподвижной поверхностью контакта фаз, к которым относятся процессы в двухфазных системах жидкость-твёрдое и газ (пар)-твёрдое, непосредственное влияние на площадь поверхности контакта фаз в ходе процесса невозможно. Твёрдая фаза в таких процессах (адсорбции, сушки и т.п.) выполнена обычно в виде гранул. В этом случае для интенсификации процесса часто применяют псевдооживление слоя гранул, путём пропускания через него восходящего потока жидкой или газовой фазы.

В мембранных процессах повышение производительности достигается развитием поверхности мембран в единице объёма.

#### Насадочные контактные устройства

Насадочные колонны являются одним из самых распространённых видов массообменных аппаратов. Насадкой называют слой из контактных элементов определённой формы, обеспечивающей наличие в слое насадки каналов, по которым движутся участвующие в массообмене фазы. Одна из фаз при движении по насадке растекается по поверхности контактных элементов, благодаря этому увеличивается площадь межфазной поверхности. В насадочных колоннах плёнка жидкости стекает по каждому элементу насадки, затем разрушается и вновь образуется на следующем элементе. Таким образом, насадочная колонна работает в плёночном режиме.

На рис.5.19 изображена ректификационная установка с тарельчатой колонной, в которой установлены ситчатые тарелки, снабжённые переливными устройствами. Колонна состоит из двух частей: верхней (укрепляющей) и нижней (исчерпывающей). К нижней части колонны

относится тарелка питания, на которую подаётся исходная смесь, и все нижерасположенные тарелки. Тарелки, находящиеся выше точки ввода исходной смеси, образуют верхнюю часть колонны.

Жидкость, стекая по тарелкам колонны в итоге попадает в нижнее сепарационное пространство колонны, откуда поступает в кипятильник (испаритель), обогреваемый обычно водяным паром. В кипятильнике происходит испарение жидкости. При расчёте ректификационных колонн испарение обычно принимают полным, однако на практике наблюдается испарение с образованием парожидкостной смеси. Парожидкостная смесь поступает в нижнее сепарационное пространство колонны, где из неё выделяется пар, который под собственным давлением начинает движение через тарелки колонны

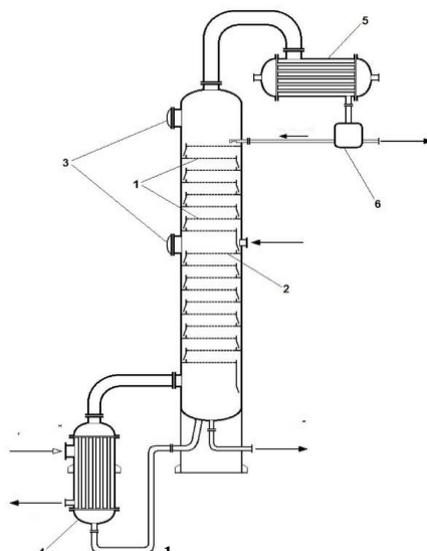


Рисунок 5.19 - Тарельчатая ректификационная колонна с кипятильником и дефлегматором: 1 - ситчатые переливные тарелки; 2 - тарелка питания; 3 - люки для обслуживания; 4 - кипятильник; 5 - дефлегматор; 6 – флегмоделитель

Пар, проходя через тарелки колонны, барботирует через находящийся на тарелках слой жидкости; при этом происходит тепло- и массообмен между жидкостью и паром, принимаемый обычно адиабатическим, в ходе которого пар обогащается низкокипящим компонентом из жидкости, отдавая взамен высококипящий компонент. Достигший верха колонны пар направляется в дефлегматор, обычно охлаждаемый водой. В дефлегматоре происходит конденсация паров, и полученный конденсат делят на два потока: флегму и дистиллят. Называемая флегмой часть конденсата возвращается в колонну, поступая на верхнюю тарелку.

Обычно дефлегматор устанавливают выше верха колонны, для того чтобы флегма стекала в колонну самотёком. Если высота колонны велика, то для удобства её обслуживания и снижения высоты установки дефлегматор устанавливают ниже и используют насос для подачи флегмы. При ректификации с частичной дефлегмацией паров дефлегматор встроен в верхнюю часть колонны. В этом случае флегма образуется непосредственно в колонне из части паров, а оставшиеся пары отводятся из колонны и превращаются в дистиллят в дополнительном конденсаторе.

Флегма, орошая тарелки колонны, образует необходимую для организации барботажа жидкую фазу. На тарелке питания жидкая фаза пополняется исходной смесью. Таким образом, верхняя часть колонны орошается жидкой фазой, образованной флегмой, а нижняя часть - жидкой фазой, образованной совместно флегмой и исходной смесью.

Кубовый остаток отводится в качестве одного из продуктов ректификации либо из нижнего сепарационного пространства колонны, либо из ответвления трубы, по которой жидкость направляется в куб-кипятильник. Второй продукт ректификации (дистиллят) отводят из ёмкости для промежуточного сбора конденсата.

### Сушилки

В пищевой промышленности сушка является одним из основных процессов и применяется почти в любом производстве (сушат сахар-песок, крахмал, солод, молоко, овощи, фрукты, макароны и т.д.). Так как материалы, подвергаемые сушке, различаются по структурно-механическим и биохимическим свойствам, то применяются разнообразные по конструкции сушилки с различными режимами сушки.

Барабанная сушилка. Предназначена для сушки продуктов.

Продукт поступает во вращающийся барабан 5 и нагревается горячим воздухом. Проходя по барабану зерно высушивается проходя через выпускное устройство 3 выходит на сушилки. Принцип прямотока, т.е. горячий воздух и продукт движутся в одном направлении.

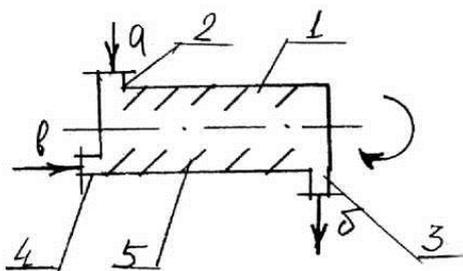


Рисунок 5.20 – Технологическая схема барабанной сушилки: 1 - корпус, 2 - приемное устройство, 3 - выпускное устройство, 4 - вход горячего воздуха, 5 - барабан с лопастями, а - продукт, б - сухой продукт, в - горячий воздух.

### Экстрактор

При экстракции происходит извлечение одного или нескольких веществ из растворов или твердых веществ с помощью растворителей. При экстракции в системе «жидкость - жидкость» имеет место переход вещества из одной жидкой фазы в другую жидкую фазу. Экстракцию широко применяют для извлечения ценных веществ из разбавленных растворов, а также для получения концентрированных растворов.

Используются следующие варианты проведения этого процесса:

1) твердое тело и экстрагент находятся в течение определенного времени в аппарате с работающей мешалкой. В результате тесного контакта между ними концентрация извлекаемого вещества в твердом теле непрерывно уменьшается, а в экстрагенте увеличивается до состояния равновесия;

### 3. Экстракция в системе жидкость – жидкость

Для экстрагирования из жидкой смеси какого-либо компонента подбирают растворитель, который не смешивается с обрабатываемой жидкой смесью, но хорошо растворяет извлекаемый компонент. Этот растворитель (экстрагент), таким образом, нерастворим в исходной жидкости или слабо в ней растворим. В результате обработки исходной жидкости экстрагентом получают две жидкие фазы. Одной из них является исходная жидкость, содержащая остаток извлекаемых компонентов и некоторое количество экстрагента, так как трудно подобрать абсолютно нерастворимый в исходной жидкости экстрагент. Эта фаза называется рафинатной, или просто рафинатом.

Вторую фазу составляет экстрагент с компонентами, извлеченными им из исходной смеси. Эта фаза называется экстрактом.

Частным случаем экстракции является выщелачивание.

Процесс извлечения веществ из твердого тела с помощью растворителей называют выщелачиванием. В данном случае имеет место переход вещества из твердой фазы в жидкую. Выщелачиванием в пищевых производствах обрабатывают капиллярнопористые тела растительного и животного происхождения.

В качестве растворителей применяют:

- воду – для экстрагирования сахара из свеклы, кофе, чая,
- для обезжиривания кости в производстве животных жиров, при получении студней и зельцев в мясоперерабатывающей промышленности и др.;
- спирт или водно-спиртовую смесь – для получения настоев, морсов в ликероводочном и пивобезалкогольном производствах;
- органические растворители (бензин, трихлорэтилен, дихлорэтан)
- в маслоэкстракционном и эфиромасличном производствах, в производстве клея и желатина.

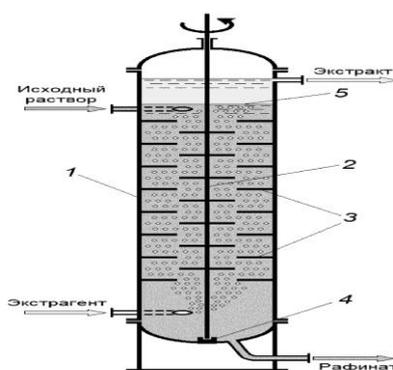


Рис. 43. Роторно-дисковый экстрактор.

Рисунок 5.21 - Роторно-дисковый экстрактор 1 - корпус; 2 - вал ротора с плоскими дисками; 3 - кольцевые перегородки; 4 - опорный подшипник ротора; 5 - граница раздела фаз

Процесс ректификации используется для разделения жидких смесей на составляющие их компоненты, получения сверхчистых жидкостей и для других целей.

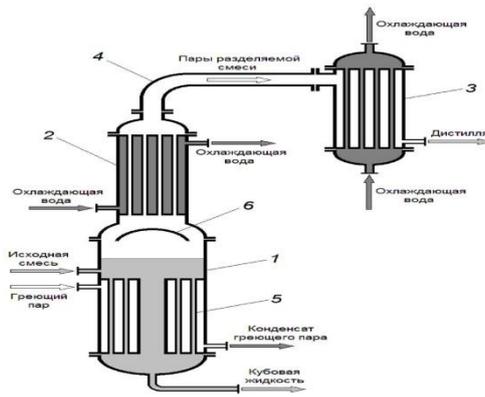


Рисунок.5.22 – Установка непрерывной перегонки с дефлегматором: 1 - куб-кипятыльник; 2 - дефлегматор;3 - конденсатор-холодильник;5 – трубочка греющей камеры;6- брызгоотбойник

3. Экстракция (жидкостная) - извлечение растворенного в одной жидкости вещества другой жидкостью, практически не смешивающейся или частично смешивающейся с первой. Этот процесс представляет собой переход извлекаемого вещества из одной жидкой фазы в другую. Процесс применяют для извлечения растворенного вещества или группы веществ сравнительно невысоких концентраций.

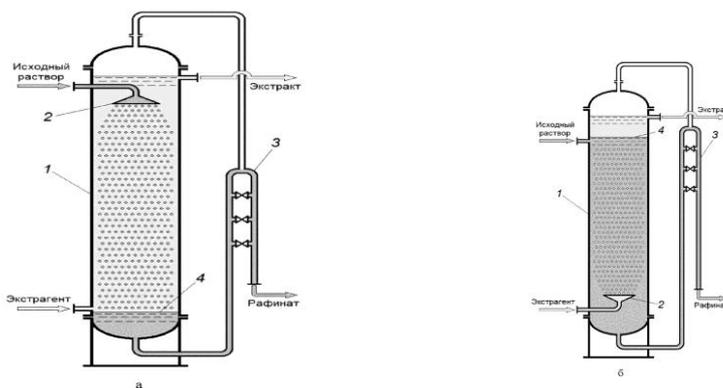


Рисунок 5.23 - Полые колонные экстракторы с распылением тяжёлой фазы (а) и лёгкой фазы (б): 1 - корпус; 2 - распределительное устройство; 3 - гидрозатвор; 4 - поверхность раздела фаз

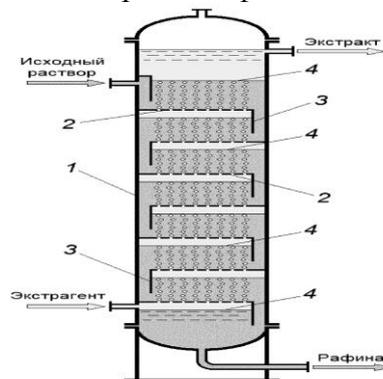


Рис. 42 Тарельчатый экстрактор:

Рисунок 5.24 - Тарельчатый экстрактор: 1 - корпус; 2 - ситчатые тарелки; 3 - перегородки тяжёлой фазы между тарелками; 4 - граница раздела расслаивающихся фаз

Вакуум-выпарная установка с принудительной циркуляцией (FC) отличается от испарителей (ВВУ) с естественной циркуляцией, в которых в

качестве основной движущей силы циркуляции используется разница в плотности подаваемого раствора и концентрата. Выпарная установка с принудительной циркуляцией использует циркуляционный насос(ы) для управления циркуляцией и осуществления нагрева и разделения пара и жидкости.

#### Основные особенности и преимущества выпарной установки BavarSwiss Vac-FC:

1. Конструкция всей установки обеспечивает высокую стабильность в работе и имеет низкое энергопотребление. Высокий коэффициент концентрирования продукта и режим принудительной циркуляции способствуют тому, что жидкость с высокой вязкостью легко течет и испаряется, а время выпаривания сокращается;

2. Высокая гибкость обеспечивает широкое применение для различных продуктов с высокой вязкостью (например, для сиропов или сгущенного молока);

3. Низкая температура испарения подходит для концентрирования чувствительных к высоким температурам материалов (термолабильных);

4. Принудительная циркуляция обеспечивает равномерный нагрев материала, что может значительно предотвратить кристаллизацию или образование осадка и налипания продукта на стенках, а также значительно улучшить работу с жидкостями высокой вязкости.

5. Полностью автоматизированная вакуум-выпарная система BavarSwiss Vac-FC может осуществлять автоматическое производство самостоятельно, либо интегрироваться в интеллектуальную систему управления, что соответствует стандарту GMP.

6. Оборудование может быть сконструировано под различные технологические процессы согласно физико-химическим характеристикам материалов, а также согласно требованиям Заказчика с системой полного автоматического управления.

#### Сферы применения:

Вакуум-выпарные установки с принудительной циркуляцией широко используются при очистке сточных вод в фармацевтической, пищевой, химической и других отраслях промышленности, при производстве экстрактов, а также молочных продуктов, глюкозы, ксилиты, сульфата аммония и т.д.

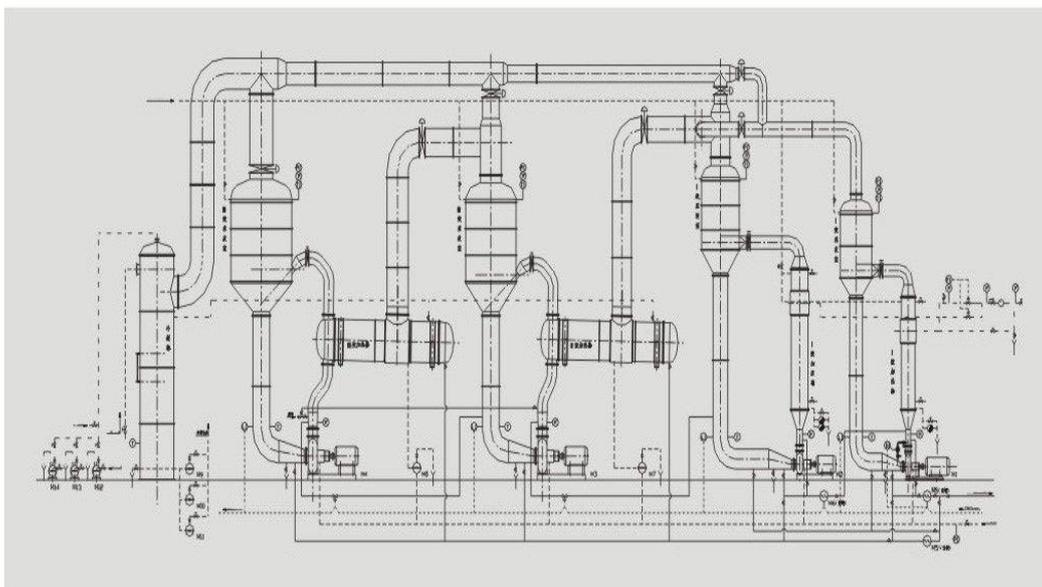


Рисунок 5.25 - Вакуум-выпарные установки с механической рекомпрессией пара BavarSwiss Vac-MVR

MVR – это механическое повторное сжатие пара (рекомпрессия). Рабочий процесс выпарной установки MVR заключается в сжатии низкотемпературного пара через компрессор, повышении температуры и давления, увеличении тепловой энтальпии, а затем поступлении в теплообменник для конденсации, чтобы максимально эффективно использовать остаточную теплоту пара. В дополнение к началу работы нет необходимости использовать новый пар для нагрева. Вторичный пар сжимается компрессором, давление и температура повышаются, количество тепла увеличивается, а затем направляется в нагревательную камеру испарителя в качестве нагревательного пара для поддержания кипения жидкости, а сам нагревательный пар конденсируется в воду. Таким образом, пар, который первоначально планировалось выбросить, оказывается полностью использованным, восстанавливается скрытое тепло и повышается тепловая эффективность. Экономия при производстве пара эквивалентна 30-процентному эффекту многоэффектного испарения.

Чтобы максимально упростить испарительное устройство и облегчить его эксплуатацию, можно использовать центробежный компрессор или компрессор типа Roots. Эти машины имеют высокий объемный расход в диапазоне от 1:1,2 до 1:2 степени сжатия. Выпарная установка занимает мало места. Систему охлаждения можно не устанавливать. Количество энергии, необходимой для компримирования до давления греющего пара, значительно меньше энергии, которой обладает вторичный пар. Данные установки являются самыми экономичными с точки зрения потребления энергии для выпаривания. Основным ограничением использования выпарных установок с рекомпрессией пара является концентрирование и кристаллизация растворов с высоким значением температурной депрессии, так как существует ограничение повышения температуры вторичного пара за счет его сжатия в рекомпрессоре.

Компрессор: выпарная установка BavarSwiss Vac-MVR укомплектована высокоэффективным паровым компрессором, главным образом компрессорами типа Roots или центробежным компрессором, в соответствии с производительностью системы MVR.

MVR широко применяется в различных отраслях, таких как химическая очистка сточных вод, химическая переработка, такая как хлорит натрия и сульфат натрия и т.д.. В пищевой промышленности производство глюкозы, аминокислот, молочных продуктов и пектина и т.д., экстракция трав, таких как экстракт солодки и экстракт стевии, концентрирование фруктовых соков, томатная паста, пюре из киви и т.д.

При глубокой переработке сырья в пищевой промышленности используются различные технологии выпаривания для достижения обезвоживания. Например, концентрированный кукурузный экстракт, раствор глюкозы, аминокислот и так далее. Извлечение растворителей из пектина, альгината, каррагинана, экстракция и концентрирование ароматических веществ, фракционирование пищевых продуктов и ферментированных ароматизаторов, очистка растворителей, дистилляция в винодельческом производстве. Поскольку молочная промышленность нуждается в низкой температуре, высокой степени чистоты продукта, отсутствии изменения цвета, высокой степени автоматизации и других характеристиках стандартные ВВУ этим требованиям не всегда соответствуют, поэтому есть возможности для оптимизации процессов упаривания с помощью установки MVR. Данные установки идеально подходят для производства напитков и концентрированных соков: томатный соус, мякоть персика, мякоть абрикоса, мякоть моркови, мякоть яблока, мякоть киви.

Таким образом, области применения MVR очень широки, так что традиционные многоэффектные испарители также могут быть заменены ВВУ MVR, которые обладают не только большим преимуществом в области энергосбережения и защиты окружающей среды, но и снижают общие эксплуатационные расходы.

Кристаллизацией называют процесс выделения твердого растворенного вещества в виде кристаллов из раствора.

Этот процесс является основным для получения твердых кристаллизующихся веществ в чистом виде благодаря тому, что при кристаллизации всегда можно подобрать такую температуру и концентрацию, при которых нежелательные примеси останутся в растворе. Поэтому при выделении и очистке твердых веществ кристаллизация имеет такое же значение, какое для жидких веществ имеет процесс ректификации.

Процесс кристаллизации широко применяют при получении сахарозы, глюкозы, поваренной соли, лимонной и молочной кислот, глютамата натрия, солянокислого бетаина и др.

Кристаллизация является диффузионным процессом. Как и в других диффузионных процессах, при кристаллизации происходит массообмен меж-

ду жидкой и твердой фазами. В результате этого массообмена вещество переходит из жидкой фазы в твердую. При этом молекулы вещества в зависимости от его свойств образуют кристаллическую структуру той или иной формы.

По принципу действия различают следующие типы промышленных кристаллизаторов:

- кристаллизаторы с удалением части растворителя;
- кристаллизаторы с охлаждением раствора;
- вакуум-кристаллизаторы;
- кристаллизаторы с псевдооживленным слоем.

Кристаллизаторы с удалением части растворителя. Наиболее распространенным способом удаления части растворителя является выпаривание. Появление в растворе кристаллов и создание условий для их роста требуют внесения некоторых изменений в конструкцию обычных выпарных аппаратов.

Вальцовые кристаллизаторы применяют главным образом для кристаллизации из расплавов или растворов, содержащих небольшие количества маточного раствора.

Помимо свойств кристаллизуемого материала и скорости охлаждения производительность вальцовых кристаллизаторов зависит от времени прохождения барабана через раствор, что, в свою очередь, определяется скоростью вращения и степенью погружения барабана. Скорость вращения барабана колеблется от 0.1 до 1 м/сек.

В вальцовых кристаллизаторах продукт из-за быстрого охлаждения получается мелкокристаллическим. Кроме того, кристаллы, образующиеся из расплавов, содержат все примеси, находящиеся в исходном расплаве. Это ограничивает область применения вальцовых кристаллизаторов.

Вакуум-кристаллизаторы. Эти кристаллизаторы не имеют охлаждающих устройств. Поэтому их можно изготавливать из коррозионностойких материалов с низкой теплопроводностью (например, из керамики, кислотоупорного чугуна и др.).

Однокорпусные вакуум-кристаллизаторы обычно представляют собой вертикальные аппараты цилиндрической формы с рамной или якорной мешалкой. Перемешивание раствора препятствует отложению кристаллов на стенках аппарата и ускоряет снижение концентрации раствора. Отсасывание и конденсация паров растворителя осуществляются с помощью конденсатора или пароструйного насоса, присоединенного к верхней части аппарата. Вакуум-кристаллизаторы имеют большую производительность и широко используются в крупнотоннажных производствах. Современные промышленные вакуум-кристаллизаторы оборудуют системами автоматического регулирования (САР) конденсационных установок.

При вакуум-кристаллизации обычно образуются мелкие кристаллы (со средним размером не более 0.1-0.15 мм). Применение вакуум-кри-

сталлизаторов с принудительной циркуляцией и проведение процесса в псевдооживленном слое позволяет получать более крупные кристаллы.

Кристаллизаторы с псевдооживленным слоем. Кристаллизация в псевдооживленном слое помимо увеличения скорости процесса, способствует получению однородных правильной формы кристаллов размером 1-3 мм.

Интенсивное перемешивание в условиях псевдооживления увеличивает скорость подачи материала путем диффузии его к граням растущих кристаллов, что ускоряет их рост. При этом быстро уменьшается степень пересыщения раствора. При больших скоростях раствора, как известно, увеличивается скорость образования зародышей; это может привести к снижению размеров кристаллов. При одинаковых температурах и гидродинамических условиях с уменьшением степени пересыщения скорость роста кристаллов возрастает в большей степени, чем скорость образования зародышей. Обычно таким способом осуществляют кристаллизацию относительно слабо пересыщенных растворов вблизи нижней границы метастабильной области, регулируя степень пересыщения, температуру, соотношение количеств кристаллов и раствора, а также время пребывания кристаллов в аппарате. Крупные кристаллы осаждаются на дно, а более мелкие кристаллы продолжают расти в псевдооживленном слое. Часть мелких кристаллов и зародышей потоком раствора выносятся из аппарата. Это увеличивает средний размер получаемых кристаллов.

Цель кристаллизации – получение веществ в кристаллическом виде или их очистка. Проведение процессов кристаллизации из пересыщенных растворов основано либо на использовании зависимости растворимости веществ от температуры (переохлаждение) – изогидрическая кристаллизация, либо на удалении растворителя из раствора (выпаривание) – изотермическая кристаллизация. Чаще процесс охлаждения раствора сочетается с его выпариванием. Кристаллы представляют собой однородные твердые тела различной геометрической формы, ограниченные плоскими гранями.

Кристаллизация, декристаллизация и пластификация как технологические процессы широко используются при производстве масла сливочного, жиров, маргаринов, а также в кулинарных, хлебопекарных, кондитерских и других производствах.

Процесс кристаллизации можно рассматривать как обратный процессу растворения. Однако между ними имеются существенные различия.

Утфелемешалка-кристаллизатор относится к оборудованию сахарной промышленности, предназначенной для дополнительной кристаллизации сахара из утфеля последнего продукта.

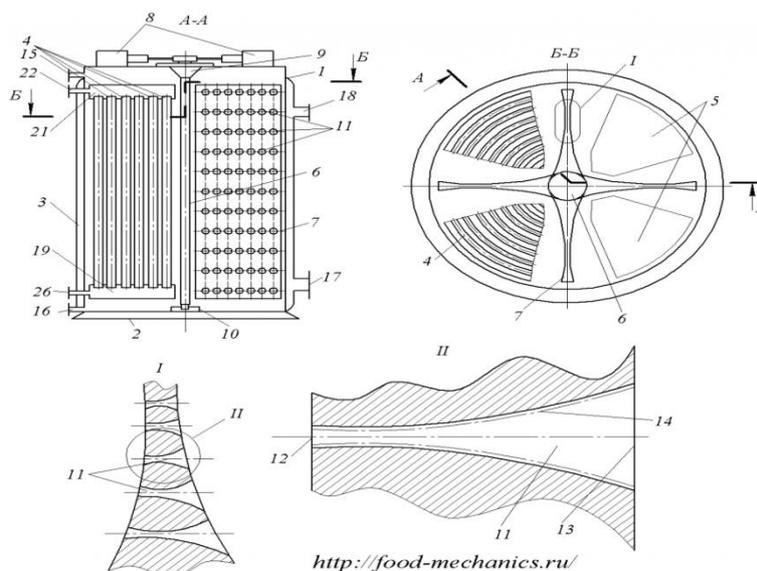


Рисунок 5.26 – Утфалемешалка-кристаллизатор

### Оборудование для сушки

#### Конвективная сушка.

Сушка – это технологический процесс, при котором из продукта удаляется связанное вещество - вода в результате подвода извне теплоты.

В контактных сушильных установках теплота, необходимая для испарения влаги, подводится к поверхности продукта от нагреваемых поверхностей, на которых этот продукт располагается.

К контактным сушильным установкам периодического действия относят горизонтальные вакуумные котлы, а также камерные (шкафные) и камерные с мешалкой установки. Контактными сушильными установками непрерывного действия являются вальцовые, шнековые и дисковые.

Двухвальцовая контактная атмосферная сушилка для сушки крови. Рабочим органом аппарата служат два полых вальца. Кровь подают на вальцы по трубопроводам в ванночки, в которых вращаются распылители - валы с дисками, приводимыми во вращение от зубчатых колес. Диски захватывают кровь, которая сдувается с них струей воздуха, подаваемого через форсунки от вентилятора. Кровь тонким слоем напыляется на поверхность обечаяк и высушивается за один оборот вальцов. Слой высушенной крови снимается ножами. Нож и снимаемый продукт охлаждаются струей воздуха. Частота вращения вальцов меняется от 0,18 до 0,72 с<sup>-1</sup>, температура на поверхности обечайки 105...110 °С. Длительность сушки составляет 7...30 с, испарительная способность – 6...30 кг/(м<sup>2</sup> ч). Расход пара на 1 кг испаренной влаги 1,25 кг.

Камерные шкафные установки. Их используют для сушки щетины, волоса, рогов, копыт, кости (цевки), обработанных кишечных оболочек, шкур и органопрепаратов. На полки и противни загружают обрабатываемый продукт. Сушильным агентом служит воздух, который подогревают либо полностью в выносном калорифере, либо частично или полностью в камере.

Пневматические установки. В таких установках высушиваемый продукт находится во взвешенном состоянии.

Сушилки с виброаэрокипящим слоем. Такие сушилки применяют для сушки крови и кровепродуктов, яичного меланжа, яичного белка и костных бульонов. Принципиально процесс сушки заключается в том, что жидкий продукт пневматическими форсунками распыляют в слой гранул инертного материала — носителя, которые находятся в состоянии псевдооживления под действием вибрации и потока воздуха. Капли жидкости оседают на поверхности гранул, где высушиваются горячим воздухом. Вследствие соударений и трения гранул сухой продукт скалывается, измельчается и уносится воздухом из сушильной камеры. В аппарате обеспечивается высокая скорость процесса сушки из-за большой суммарной площади поверхности гранул, на которых оседает продукт, и из-за непрерывного обновления этой поверхности.

Распылительные сушилки. Их применяют для сушки жидких растворов, суспензий, эмульсий, пульп и сгущенных, пастообразных материалов. В мясной промышленности их используют для сушки цельной крови и ее фракций, медицинского панкреатина, мясных и костных бульонов, яичного меланжа и др. Распылительная сушильная установка состоит из распылительного устройства, сушильной камеры, системы подготовки и подачи сушильного агента, системы очистки отходящего газа.

Общие сведения о конвективных сушилках. В производстве преобладает конвективный способ сушки. При всем многообразии конструкций конвективные сушилки работают по одному и тому же принципу: сушильный агрегат – нагретый в калорифере воздух или смесь воздуха с горячими топочными газами – поступает в сушильную камеру установки.

Одновременно в нее подается влажный материал – продукт сушки направление движения сушильного агента относительно материала может быть прямоточным, противоточным и перекрестным. Агент сушки нагревает материал, поглощает из него определенное количество влаги и удаляется из сушильной камеры.

Большинство сушилок кроме сушильной оборудовано еще и охладительной камерой (зерносушилки – обязательно). В этом случае подсушенный материал поступает в охладительную камеру, где попадает в зону действия холодного атмосферного воздуха. Отдав часть воздуха, просушенный и охлажденный материал выходит из сушилки.

На элеваторах зерносушилка является самостоятельным участком. Зерносушилки классифицируют по следующим принципам: способ подвода теплоты к просушенному зерну, состояние зернового слоя, конструкция сушильной шахты, режим и принцип работы, конструктивное исполнение.

В современных зерносушилках используют конвективный метод сушки при различном (неподвижном, движущемся псевдооживленном или взвешенном) состоянии зернового слоя. Используется также кондуктивный

способ подвода теплоты в рециркуляционных сушилках. Сушилки делятся по принципу работы на периодического и непрерывного действия, на прямоточные и рециркуляционные. Кроме того, зерно сушилки разделяют на стационарные и передвижные.

Шахтные зерносушилки. Шахтные зерносушилки представляют собой одну или две вертикальные прямоугольные камеры, называемые шахтами, которые заполняются доверху просушиваемым зерном.

Стенки шахт изготавливают из сборных железобетонных панелей или металла. Верхняя часть шахты является сушильной камерой, состоящей из одной, двух или более зон сушки; в нижней части шахты находится охладительная камера. Над шахтами предусмотрены бункера для создания определенного запаса зерна.

Для подвода свежего и отвода отработавшего агента сушки устанавливают по всей высоте шахты так называемые короба, образующие подводящие и отводящие каналы, изготовленные из листовой стали толщиной 2 мм. Подводящие и отводящие короба в большинстве зерносушилок чередуются через один.

Для лучшего перемещения зерна короба располагают в шахматном порядке. Число подводящих и отводящих коробов обычно одинаково. Расстояние между коробами для прохождения зерна в наиболее узком месте обычно делают не более 90..100 мм. Ширина коробов - 100 мм, что позволяет отбирать из них пробу для определения температуры нагрева зерна.

В шахтных зерносушилках применяют загрузочно-разгрузочные устройства непрерывного и периодического действия, а также комбинированные.

Зерносушилки ДСП (двухступенчатые) (произ-тью 12, 16, 20, 24, 32 и 50 т/ч).

Зерносушилка шахтного типа. Шахты выполнены из сборных железобетонных панелей высотой 800 мм каждая. Высота шахты 11800 мм, размеры каждой шахты в плане 32500 x 1000мм. В наружных стенах шахты сделаны люки для очистки шахты от сора, препятствующего движению зерна. В каждой шахте установлено 55 рядов подводящих и отводящих коробов (37 рядов в сушильной шахте и 18 - в охладительной).

Топка работает на жидком топливе и оборудована средствами автоматизации, обеспечивающими поддержание заданной температуры агента сушки, постоянного давления топлива перед форсункой, зажигание топлива припуске сушилки и отключение при случайном погашении факела в процессе работы.

Рециркуляционные зерносушилки. Технология рециркуляционных сушилок зерна основана на смешивании определенного количества сырого зерна с большим количеством сухого. Сушка осуществляется при чередовании кратковременного нагрева смеси зерна в восходящем потоке агента сушки, отлежкой нагретой смеси зерна в течение 10... 15 мин с

последующим охлаждением и рециркуляцией большей части просушенного зерна. Зерно в течение 2...3 с находится в камере нагрева при температуре агента

сушки 250...380°C нагревается до 50...60°C.

Процесс рециркуляционной сушки состоит из следующих операций:

- нагрев и частичная подушка зерна в камере нагрева;
- контактный тепло- и влагообмен между сырым и сухим рециркулирующим зерном;
- промежуточное и окончательное охлаждение зерна;
- частичную и многократную рециркуляцию большей части просушенного зерна.

За один цикл нагрева, отлежки и охлаждения из зерна удаляется сравнительно небольшое количество влаги (около 1%). Поэтому сырое зерно должно смешиваться с рециркулирующим (сухим) зерном в таком соотношении, чтобы средневзвешенная влажность смеси зерна была бы больше средневзвешенной влажности просушенного зерна на величину снижения влажности за один цикл.

Для этого часто используют значение коэффициента циркуляции  $N$  и рециркуляции  $n$ /

Коэффициент циркуляции определим по формуле:

$$N = (Q_p - Q_{\text{сыр}}) / (Q_p - Q_{\text{см}})'$$

где:  $Q_p, Q_{\text{сыр}}, Q_{\text{см}}$  – соответственно температура рециркулирующего зерна, сырого зерна и смеси.

При непрерывной циркуляции определенного количества зерна необходимо знать, какое же количество зерна продолжает циркулировать с начала процесса.

Коэффициент рециркуляции находят по формуле:

$$n = G_p / G_{\text{сыр}},$$

где:  $G_p, G_{\text{сыр}}$ , количество рециркулирующего и сырого зерна.

Важным условием рециркуляционной сушки зерна является повышение эффективности тепло- и влагообмена между рециркулирующим (сухим) и вновь поступающим (сырым) зерном. Интенсивность влагообмена возрастает с повышением температуры смеси зерна, с увеличением коэффициента рециркуляции и разности между влажностью сырого и рециркулирующего зерна. Наиболее интенсивен влагообмен в первые 10...15 мин отлежки смеси зерна.

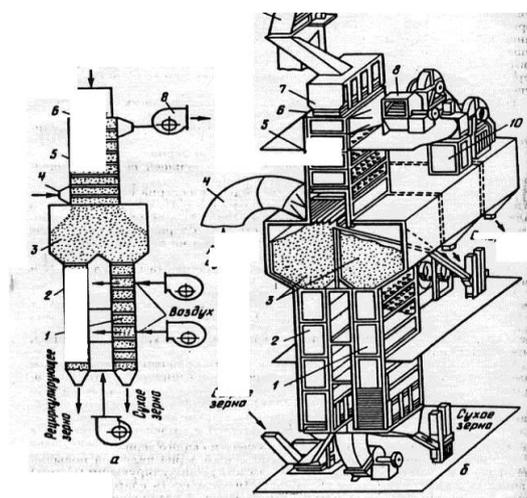


Рисунок 5.27 - Рециркуляционная зерносушилка а - схема; б - общий вид; 1 – шахта окончательного охлаждения; 2 - шахта промежуточного охлаждения; 3 - теплообменник; 4 - воздуховод; 5 - камера нагрева; 6 - затвор; 7 - бункер; 8 - вентилятор; 9 - нория; 10 - автоматические весы.

В камере нагрева 5 в поперечном ее направлении смонтировано 20 рядов труб 100 мм, по семь-восемь в ряду. Шаг труб по горизонтали - 400 мм, по вертикали - 200 мм. Трубы каждого последующего ряда сдвинуты на 100 мм относительно предыдущего ряда. Такое размещение труб создает условия для лучшего перемешивания зерна в сушилке. Агент сушки подается по воздуховоду 4. Теплообмен между различными слоями высушиваемого зерна осуществляется в теплообменнике 3. Вентиляция массы зерна осуществляется вентилятором 8. Для измерения массы зерна имеются автоматические весы 10.

В нижней боковой части камеры установлен диффузор сечением 3000хх1000 мм для подвода агента сушки.

Сверху на камеру нагрева установлен приемный металлический бункер 7 вместимостью 11 м<sup>3</sup>. В нижней его части расположено разгрузочное устройство, из которого норией 9 зерно из шахты 2 вновь подается в бункер 7 и далее через загрузочное устройство в камеру нагрева 5. Процесс рециркуляции осуществляется непрерывно в течение всего времени сушки – все зерно выпускаемое из шахты 2, смешивается с сырым зерном в нории 9 и вновь направляется в приемный бункер 7, а из него – в камеру нагрева 5. Из другой шахты высушенное и охлажденное зерно направляют в хранилище. После начала сушки влажность зерна еще высока и поэтому все зерно направляется на рециркуляцию, с шахты 1 зерно не выгружается. По мере работы сушилки все большее количество зерна достигает необходимой влажности. Шахта 2 не работает до тех пор пока в теплообменнике 3 зерно не достигнет необходимой влажности, после чего определенное количество сухого зерна выгружается из нее. Вместо выгруженного зерна в загрузочный бункер 7 подается сырое зерно. В установившемся режиме количество подаваемого зерна соответствует количеству готового сухого зерна.

## **Контрольные вопросы**

1. Массообменные процессы. Массопередача.
2. Принцип действия тарельчатой ректификационной колонки.
3. Сушка. Типы сушилок..
4. Экстракция. Оборудование для проведения процесса.
5. Кристаллизация. Типы кристаллизаторов.
6. Основные рабочие узлы шнековой контактной сушилки для шквары.
7. Принцип действия сушилок с виброаэрокипящим слоем.

## **Раздел 6. Финишные операции и основное оборудование для их выполнения**

Финишные операции при переработке пищевых продуктов связаны с фасовкой, упаковкой и транспортировкой продуктов. Выбор финишных операций зависит от свойств получаемого продукта и его дальнейшего назначения. Если продукт предназначен для дальнейшей переработки, его обычно расфасовывают в крупную тару (ящики, контейнеры, бидоны, цистерны и др.).

Выбор тары обусловлен физико-химическими свойствами продукта: жидкий, сыпучий или пастообразный. Сливочное масло обычно транспортируют в картонных ящиках, весом по 20 кг, сметану, творог – в бидоны, муку, сахар-песок в специальных цистернах. Такой способ перевозки называется бестарным.

На заводах изготовителях мука, сахарный песок накапливаются на складах силосного типа, в которых продукт загружается ковшовыми контейнерами, либо пневмотранспортом. Из этих силосных складов мука или сахар загружается в специальные автомашины самотеком, либо различного типа конвейерами (ковшовыми, шнековыми, ленточными).

Из автомашин-муковозов мука выгружается пневмотранспортом, сахар-песок – самотеком. На машинах-муковозах имеется специальный компрессор для подачи сжатого воздуха в цистерны.

При транспортировке сахара-песка на крупных заводах он сначала самотеком выгружается в промежуточный бункер, из которого песок подается горизонтальными шнеками или ковшовым элеватором в другой бункер с тензометрическими весами.

Для упаковки расфасованной продукции, отправляемой в магазины, используются так называемые укрупненные транспортные единицы (УТЕ). УТЕ – это транспортные контейнеры, в которые на предприятиях изготовителях загружается фасованная штучная продукция. Использование УТЕ является прогрессивным методом фасовки и транспортировки продуктов. В этом случае повышается уровень комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ.

При бестарной фасовке муки для ее разделения по сортам используется несколько силосов, оборудованных виброразгрузчиками и винтовыми

питателями. Для бестарной погрузки на железнодорожный или автомобильный транспорт фасовочные автоматы иногда снабжены специальными автомобильными весами, для взвешивания перед загрузкой и после нее. Бестарное хранение и транспортировка муки помимо механизации имеет и технологические преимущества. Она позволяет аэрировать, просушивать муку и если требуется подогреть теплым воздухом.

### **6.1 Дозаторы**

Дозаторами называются устройства, осуществляющие отмеривание в ручном или автоматическом режиме заданного объема или массы сыпучих материалов в твердом состоянии, в виде паст, жидкостей, газов. На рынке сегодня широко представлены разнообразные модели дозаторов и дозирующих устройств.

Главная задача дозаторов – обеспечение выдачи фиксированной дозы одного или ряда продуктов. В зависимости от этого, дозирующие устройства подразделяют на одноканальные или многоканальные. Дозирующие устройства изменяют в требуемых соотношениях подачу компонентов, увязывая их массу с количеством других подаваемых материалов. Эти устройства называются дозаторами соотношения.

Устройства, выполняющие дозирование веществ в заданной логической или временной последовательности, называются дозаторами программными. Каждый дозатор имеет блок управления, представляющий собой автоматический регулятор.

#### **Весовые дозаторы**

Используются для дозирования твердых сыпучих или кусковых материалов, иногда – жидкостей. Выдаваемые дозы могут находиться в диапазоне от нескольких граммов до сотен килограммов. Средняя производительность весовых дозаторов: от нескольких сотен килограмм в час до десятков и даже сотен тонн/час. Погрешности дозирования при этом не превышают значения 0,1-2 %. В последних моделях дозирующих устройств обязательно предусматривается регулировка скорости перемещаемого потока. Материал, подлежащий дозированию, поступает на транспортер. Сигналы расхода и задания подаются на специальный регулятор, вырабатывающий корректируемый сигнал, который управляет приводом транспортера. Это изменяет скорость его движения в сторону уменьшения или увеличения.

Дозаторы дискретные имеют отдельные модели, у которых емкость для приема взвешиваемого материала устанавливается на силоизмерительных преобразователях – платформенных или тензометрических железнодорожных весах. Если выполняется дозирование жидкости, находящейся в открытых емкостях, то массу товара определяют по высоте слоя жидкости в мерной трубке, которая пропорциональна слитой массе. Лотковые весовые дозаторы, действующие непрерывно, отличаются от дозаторов ленточных принципом работы. В них сыпучие материалы подаются из питателя на неподвижно закреплённый лоток, который укреплен

на тензометрических датчиках. Еще одной разновидностью весовых дозаторов является дозатор мультиголовочный, принцип работы которого заключается в подборе комбинации из ряда бункеров для достижения требуемого веса.

Дозаторы указанных типов используются для выполнения дозирования паст, жидкостей, твердых материалов, являющихся сыпучими, реже – газов. Задаваемые дозы: от долей см куб. до сотен м куб. (тысяч, если речь идет о газах).

Объемные дозаторы Изделия указанной конструкции используются для дозирования жидкостей, газов, паст, реже – твердых сыпучих материалов.

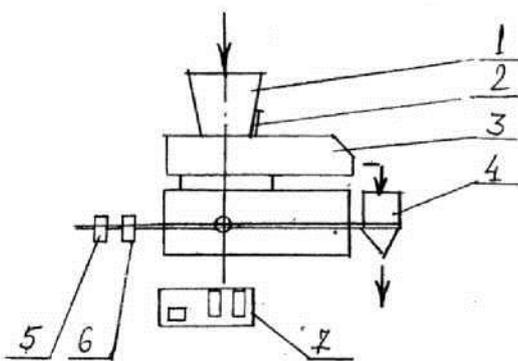


Рисунок 6.1 - Технологическая схема весового дозатора.

Формируемые дозы: от долей куб.см до тысяч кубометров. Производительность такого дозатора составляет от 0,1 см<sup>3</sup> до нескольких десятков тысяч кубометров. Погрешность: 0,5-20 %.

Указанные изделия надежны и просты по своей конструкции.

1-загрузочный бункер 2-регулятор 3-вибрлоток 4-приемный бункер 5-груз точнойнастройки 6-груз настройки 7-блок управления

Весовой дозатор предназначен для весового дозирования сыпучих продуктов.

Продукт поступает из загрузочного бункера с помощью вибрлотка в приёмный бункер. После набора определенной массы продукта подается сигнал (загорается лампочка) и открывается клапан (с помощью педали или клавиши разгрузки) бункера, после чего продукт высыпается в упаковочное устройство.

Объемный дозатор

Для дозирование сыпучих продуктов.

Принцип работы: Дозирование осуществляется с помощью шлюзового барабана в верхней части. Барабан поворачивается и выгружает продукт через выпускное устройство.

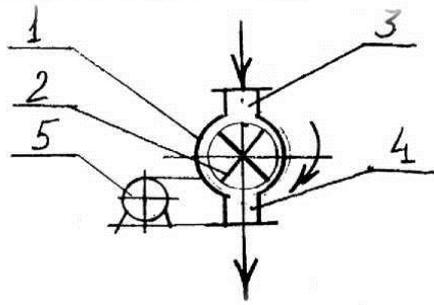


Рисунок 6. 2 - Технологическая схема объемного дозатора 1 - корпус 2 - шлюзовой барабан 3 -приемное устройство 4 - выпускное устройство 5 - привод.

## 6.2 Упаковочное оборудование

### Виды фасовочно-упаковочного оборудования

Фасовочно-упаковочное оборудование используют во многих областях, так как в наше время упаковка стала неотъемлемой и обязательной частью товара. Покупатели сегодня руководствуются не только качествами и составом товара, но и упаковкой. Она может сыграть решающую роль, когда потребитель выбирает продукт, который он еще не пробовал, он, конечно же, выбирает его по внешнему виду. Итак, виды фасовочного оборудования составляют собой большую систему. Существуют различные классификации по разным признакам.

В соответствии с характером процессов упаковочные машины подразделяются на заверточные, укладочные и фасовочно-упаковочные.

Групповая завертка или упаковка предусматривает объединение нескольких штучных изделий в одну общую тару заверткой или упаковкой.

В сахароперерабатывающей промышленности машины для групповой завертки используются для упаковки двух кусков сахара в бумагу с одновременным наклеиванием этикетки. Заверточные машины также широко используются в кондитерской промышленности как для штучных изделий (конфет и карамели), так и для групповой упаковки (печенье, вафли и др.).

Используются также и специальные машины для групповой упаковки. Такие машины укладывают расфасованную потребительскую продукцию (коробки, пакеты, баночки и др.) в ящики или гофрокороба с последующим обандероливанием, или заклеиванием.

Запечатанные ящики специальными конвейерными устройствами направляются для укладки на транспортные поддоны.

На машинах-автоматах, упаковывающих продукты в полиэтиленовые пленки (фасовка круп, макаронных изделий и др.) производится изготовление пакетов, дозировка в них продуктов и упаковка.

Пленка в виде ленты непрерывно разматывается с рулона, протягивается через направляющие валки и специальным устройством свертывается в рукав. Клещеобразные зажимы непрерывно протягивают рукав, отделяют заполненные и запечатанные пакеты и направляют их на транспортер. Упаковывание продукта производится путем сварки пленки специальными электронагревателями.

Имеются также машины, в которых в упаковочной машине содержится специальный автомат, предназначенный для изготовления тары в виде прямоугольных коробок из поливинилхлорида, ударопрочного полистирола. В такую тару фасуются сметана, майонезы, йогурты и другие пастообразные продукты. Коробки выдавливаются в гнездах соответствующей формы из подогретой ленты. Сформованные коробки заполняются пищевым продуктом и термосвариванием запечатываются ламинированной бумагой или алюминиевой фольгой. Коробки могут штамповаться и из алюминиевой фольги. Штамповка производится в специальных гнездах карусельного стола. При повороте стола на один шаг отштампованная коробка перемещается в дозатор, где заполняется продуктом. Затем эти коробки поступают на ленту упаковочного стола, где ножами отрезаются куски ленты, используемой в качестве крышки и присасывающим устройством, накладывается на коробку с продуктом.

Упаковочные машины, в которых упаковка совмещена с изготовлением тары.

В настоящее время фасовка и упаковка пищевых продуктов производится непосредственно на предприятиях изготовителях продуктов с использованием специальных упаковочных машин.

Расфасовка и упаковка продуктов с использованием мягкой тары (целлофановых и полиэтиленовых пленок, алюминиевой фольги, бумаги специальных сортов – пергамент и др.) производится на упаковочных машинах, в которых упаковка совмещена с изготовлением тары.

При фасовке и упаковке таких продуктов как пищевые концентраты (сушеные овощи, каши и др.) линия упаковки состоит из пресса для брикетирования продукта и заверточной машины, упаковывающей продукт в пергаментную обертку. Готовые брикеты затем укладываются в картонные коробки. При упаковке детского питания фасовочная машины упаковывает продукт в коробки (как правило, из алюминиевой фольги, коробки собираются в блоки, которые затем помещают в ящики, которые специально обклеиваются для улучшения сохранности продукта).

При фасовке и упаковке маргарина продукт сначала брикетируют в формовочной камере, затем в фасовочно-упаковочной машине упаковывают в фольгу или бумагу, брикеты группируют в пачки и укладывают в картонные ящики.

Машины для упаковывания мяса и мясных продуктов под вакуумом делят на камерные и бескамерные.

Машины первой группы могут быть одно-, двухкамерными и ленточными. По принципу работы их подразделяют на машины периодического и непрерывного действия. Камерные машины могут работать по пакетному и беспакетному способам упаковывания. В первом случае предварительно изготовленная тара (пакеты, мешки) вместе с уложенным в нее продуктом поступает в машину для вакуумирования и запечатывания. Во

втором – изготовление пакетов, укладка в них продукта определенной массы и запечатывание производятся в одной машине.

Основной частью камерных вакуум-упаковочных машин является камера, в которой осуществляются вакуумирование пакета с продуктом и герметичная сварка шва.

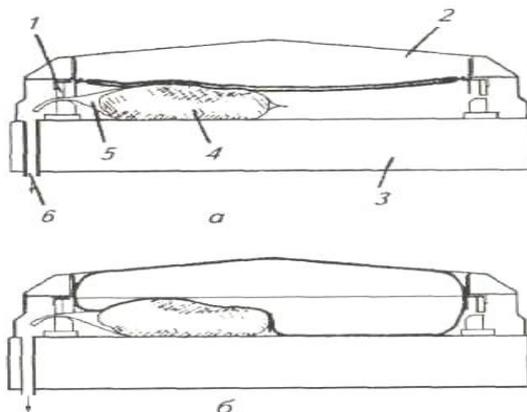


Рисунок 6.3 - Схема работы вакуумной камеры упаковочной машины: а - начало вакуумирования; б - окончание вакуумирования; 1 - сварочные элементы; 2 - крышка; 3 - камера; 4 - продукт; 5 - мешок; 6 - патрубок отвода воздуха

Пакет с вложенным в него продуктом укладывают в камеру таким образом, чтобы его открытая часть (незапечатанный край) находилась на сварочном элементе. При закрывании крышки камеры включается вакуум-насос, который откачивает из пакета воздух. При степени разрежения воздуха 99,2...99,8 % включаются нагревательные элементы и пакет герметично запечатывается. В некоторых конструкциях вакуум-упаковочных машин на внутренней стороне крышки камеры располагают специальные эластичные элементы для более быстрого и полного удаления воздуха из герметизируемого пакета.

Однокамерная вакуум-упаковочная машина представляет собой прямоугольную камеру с крышкой, смонтированную в корпусе, внутри которого расположен вакуум-насос. На краях камеры установлены нагревательные элементы. Машина оснащена приборами контроля и регулирования.

В настоящее время большое внимание уделяется упаковочному оборудованию, работающему по методу «Gyrovac», при котором продукт упаковывают под вакуумом в пакеты из термоусадочной пленки. Такая пленка имеет очень низкую паро- и газопроницаемость и в процессе термообработки (погружение в воду температурой 75...97°C на 1...2с) плотно прилегает к упакованному продукту (отсюда и название этого способа упаковки – «вторая кожа»).

Для осуществления данного метода применяют новые виды высокопрочного многослойного материала типов ДВВ-1, ВВ-3, ВВ-4, состоящего из трех и более слоев полиолефинов и слоя ПВДХ.

При использовании пакетов из термоусадочной пленки после вакуум-упаковочной машины продукт поступает в усадочную камеру, в которой вода подогревается с помощью пара или электронагревательных элементов.

Для упаковывания мясных консервов в полужесткую тару из ламистера ПО «Крымпродмаш» разработало комплексную линию производительностью 60 упаковок в минуту (рис.22.5).

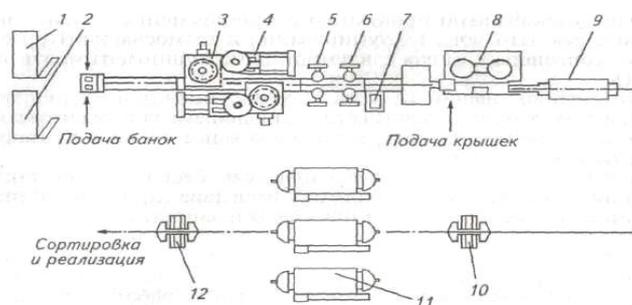


Рисунок 6.4. - Схема линии производства консервов в таре из ламистера: 1 - пресс для изготовления банок; 2 - пресс для изготовления крышек; 3 - дозатор мяса; 4 - питатель мяса; 5 - дозатор жира; 6 - дозатор специй; 7 - весы; 8 - термоупаковочный автомат; 9 - устройство для ополаскивания банок; 10 - устройство для загрузки корзин в автоклав; 11 - автоклав; 12 - устройство для выгрузки корзин из автоклава

По периодичности действия выделяют:

Циклические станки.

Они действуют в течение установленного отрезка времени. К концу установленного цикла единица товара всегда бывает выполнена и начинается упаковка следующей. Таким образом, цикл упаковки повторяется в течение всего рабочего дня нужное количество раз;

Непрерывные станки. Они позволяют выполнять упаковку без остановок, перерывов в течение длительного отрезка времени.

По числу выполняемых операций упаковочные станки бывают:

Комплексными. Они занимаются и фасованием, и упаковкой и пакетированием;

Узкоспециализированными. Они способны только на одно действие из трех: либо процесс упаковки, либо фасование, либо пакетирование.

По способу действия упаковочное оборудование бывает:

Вертикальное, обрабатывающее продукцию в вертикальном виде;

Горизонтальное, обрабатывающее продукцию в горизонтальном виде;

Вертикально-горизонтальное, осуществляющее несколько процессов, требующих и горизонтальной, и вертикальной обработки продукции.

По источнику энергии выделяют упаковочные станки:

Механические применяют для первичного этапа обработки продукции производства, таких процессов, как измельчение, перемешивание, очистка и др.;

Электрические способны выполнить достаточно большой объем работы за небольшой отрезок времени, однако они питаются от сети и

поэтому потребляют большое количество энергии, но затраты на энергию компенсирует увеличение поставок.

Вертикально-горизонтальное, осуществляющее несколько процессов, требующих и горизонтальной, и вертикальной обработки продукции.

Фасовочно-упаковочное оборудование имеет множество классификаций по разным признакам. Чтобы выбрать оптимальную модель фасовочно-упаковочного оборудования, производителю приходится комплексно проанализировать свой процесс производства и обратить внимание на приоритетные моменты.

Оборудование для упаковки продуктов мелкими дозами.

Упаковка сыпучих продуктов в пакеты.

Оборудование работает по принципу формирования пакета из рулонной плёнки заданной длины при помощи Т-образного узла сварки. Продукт засыпается в пакет затем производится сварка верхнего края пакета и отрезка его от рулона.

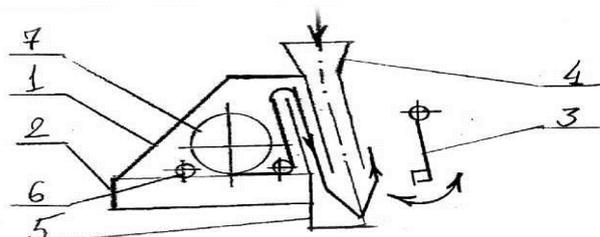


Рисунок 6.5 - Технологическая схема устройства для упаковки: 1-корпус 2-панель управления 3 - узел термосварки 4 - приемный бункер 5 - ограничительный столик 6 – ленто-протяжная система 7- рулон с плёнкой

### 6.3 Поточные линии

Классификация поточных линий.

Поточная линия-система машин расположенных в порядке последовательности технологических операций по обработке объектов производства, которые выполняются одновременно но в определенном заданном ритме.

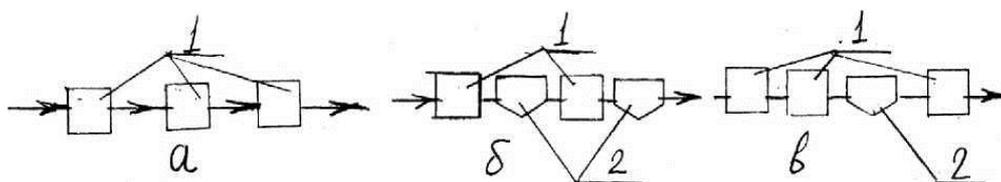


Рисунок 6.6 - Виды связи между машинами поточных линий: 1-машины 2-приемник накопитель с перегружателем а-жесткая б- гибкая в-полугибкая

Поточные линии можно классифицировать по следующим признакам:

1. По виду связи между машинами:

- 1.1 линии с жесткой связью
- 1.2 линии с гибкой связью
- 1.3 линии с полугибкой связью

2. По степени механизации:

2.1 механизированные поточные

2.2 механизированные

2.3 автоматизированные

3. По структуре потока

3.1 однопоточные линии

3.2 многопоточные линии( из нескольких видов сырья один продукт)

Выбор технологического процесса и оборудования при компоновке поточной линии.

Компоновка линий осуществляется на основе выбора технологического процесса -выбора оборудования.

Принцип выбора технологического процесса:

- механизации и автоматизации производства
- унификации и стандартизации изделий
- применения по рациональных по интенсивности технологических режимов

Принципы выбора оборудования

При выборе оборудования необходимо учитывать:

- ассортимент выпускаемой продукции и производительность линий
- степень специализации или универсальности линии
- существующие проверенные типы оборудования, подвергая его при необходимости модификации
  - предусматривать минимальное количество машин в линии
  - соблюдать правила техники безопасности
  - приравнивать производительность машин в линии
  - проектировать между машинами бункерные устройства

### **Контрольные вопросы**

1. Технологическое оборудование для взвешивания

2. Весовые дозаторы.

3. Объемные дозаторы.

4. Технологическое оборудование для финишных операций.

5. Оборудование для упаковки продуктов.

**Раздел 7. Оборудование для проведения микробиологических процессов: для солодоращения, получения биомассы, получения вторичных метаболитов.**

#### **7.1 Оборудование для солодоращения**

Целью проращивания солода является синтез и активизация неактивных ферментов, под влиянием которых в процессе затирания достигается растворение всех резервных веществ зерна. Под действием ферментов при солодоращении часть сложных веществ зерна превращается в мальтозу, глюкозу, мальтодекстрины и высшие декстрины, пептоны, пептиды, аминокислоты и др.

Переход зародыша от состояния покоя к активной жизнедеятельности возможен только при достаточной влажности, наличии кислорода и оптимальной температуры.

Технологические требования к проращиванию зерна характеризуются следующими показателями: температурой, при которой происходит проращивание зерна на отдельных стадиях; содержанием влаги в зерне; соотношением кислорода и диоксида углерода в слое зерна на отдельных стадиях проращивания; продолжительностью проращивания.

На морфологические изменения зерна и на глубину его растворения влияет интенсивность аэрации зерна при проращивании. Слабая аэрация замедляет рост корешков, и растворение эндосперма протекает быстрее.

Интенсивная аэрация способствует росту корешков и листовой части зародыша, но при этом усиливается дыхание и расходуется больше питательных веществ.

Перед всей пивоваренной промышленностью стоят задачи по внедрению новой, более прогрессивной техники и технологии, обеспечивающих полное и комплексное использование сырья, высокоэффективных машин и аппаратов непрерывного действия, создающих возможность интенсифицировать и автоматизировать процессы и внедрять АСУТП. При этом в условиях рыночной экономики важно обеспечить их конкурентоспособность при борьбе за рынок с зарубежными партнерами. Особой задачей, стоящей перед пивоваренными производствами является проблема утилизации отходов производства, в частности, лагерного осадка, представляющего собой остающиеся в лагерном танке дрожжи.

Зерно проращивают в специальных помещениях называемых солодовнями. Солодоращение можно осуществлять в солодовнях следующего типа:

Токовая солодовня. Представляет собой помещение, в котором расположен пол "ток", на котором располагают зерно. Проращивание ведут 7-8 суток. Большим минусом таких солодовен является использование ручного труда и отсутствие механизации.

Ящичная солодовня. Ящичная солодовня состоит из нескольких длинных открытых солодорастильных ящичков, разделенных между собой стенкой. Солодорастильный ящик в плане имеет прямоугольную форму. Основное дно сделано с небольшим уклоном для стока воды. На второе (ситчатое) дно, укладывают замоченное зерно. Через подситовое пространство в слой зерна подают кондиционированный воздух. На стенках ящика установлен передвижной солодворошитель с вертикальными шнеками. Замоченное зерно вместе с водой подают из замочного аппарата в ящик и с помощью ворошителя распределяют на сите ровным слоем высотой 0,6-0,85м. Продолжительность проращивания составляет 7-8 суток. В отличие от токовых солодовен ящичные механизированы, что облегчает работу. Свежепроросший солод, выращиваемый в ящичной солодовне, по своему химическому составу близок к токовому. В результате уменьшение

потерь на дыхание и развитие ростков выход солода и его экстрактивность примерно на 1 процент выше, чем выход солода, приготовленного в токовой солодовне. Этот тип солодовни в последние десятилетия приобретает наибольшее распространение.

Современные солодовни – типа "передвижная грядка" и башенного типа – основаны на принципе ящичной солодовни, которая получила название по имени ее изобретателя – Saladin. Работа таких установок такая же, как и в простых ящичных солодовнях. Аэрация в старых установках осуществлялась с помощью вытяжных вентиляторов, которые с перерывами подавали воздух в материал через общую увлажнительную установку. В современных солодорастильных барабанах ящичного типа системы Saladin каждая грядка оснащается своим напорным вентилятором с агрегатом для увлажнения и охлаждения, причем аэрация осуществляется непрерывно. В аппаратах системы Saladin грядки легкодоступны для осмотра и контроля. В них благодаря равномерности слоя материала обеспечивается и равномерная вентиляция.

Солодовня передвижная грядка. В солодовне с передвижной грядкой, отличающейся от обычной ящичной солодовни только наличием ковшового ворошителя вместо шнекового, проращиваемое зерно постепенно перебрасывается ковшовым ворошителем вдоль ящика от места загрузки зерна до места выгрузки солода. Солодовня с передвижной грядкой представляет собой длинный ящик, в котором подситовое пространство разделено перегородками на секции, число которых равно числу суток ращения солода. Замоченное зерно из чанов выгружается на площадь сита. Перемещение зерна на сита последующих секций и его ворошение проводятся через каждые 12 часов при помощи ковшового ворошителя, установленного по ширине ящика передвижной грядки. На освободившуюся площадь сита вновь загружается замоченное зерно. Масса готового свежепросоженного солода выгружается в бункер, а из него подается на сушку.

К солодовням передвижная грядка можно отнести установку с солодорастильными аппаратами "Lausmann". Аппарат для проращивания Lausmann предусматривает ежедневное перемещение проращиваемого зерна в следующий ящик. Ящики квадратного или прямоугольного сечения располагают в ряд, непосредственно друг около друга. Поднимают и опускают их с помощью подъемного устройства обычной конструкции, регулируя высоту пространства под ящиками. При максимальном подъеме сито достигает края ящика для проращивания, чем обеспечивается его полная очистка. Ворошение осуществляется при подъеме сита, в результате чего часть проращиваемого материала пересыпается через разделительную стенку двух ящиков и перемещается с помощью ворошителя особой конструкции в следующую секцию ящика или в сушилку. Ворошитель состоит из системы скребков и возвышается над двумя ящиками, благодаря чему можно полностью разровнять солод в следующем ящике. За последним ящиком располагается либо встроенная сушилка, либо бункер для транспортирования

свежепроросшего солода. Поскольку сушилка требует большой площади, ворошитель должен исполнять и функцию по выгрузке из нее солода. Солодорастильные аппараты барабанного типа. Представляют собой горизонтальный стальной цилиндрический корпус, установленный на двух парах опорных роликов. Проращиваемое зерно продувают кондиционированным воздухом, а перемешивают в результате медленного вращения барабана.

Барабанные солодовни бывают закрытые и открытые. Особенностью закрытых барабанов – полная изолированность проращиваемого зерна от внешних условий. Существует два типа закрытых барабанов: с плоским ситом и с ситчатыми трубами. Барабанные солодовни с плоским ситом представляют собой горизонтальный цилиндрический корпус, внутри аппарата закреплено плоское сито, на котором равномерно загружают замоченное зерно. Высота слоя зерна на ситчатом днище может достигать 1 м. Ворошение два раза в сутки, при этом барабан осуществляет 1 об. /45'. Барабанные солодовни с ситчатыми трубами во многом устроены идентично вышеописанному аппарату, но в центре барабана закреплена ситчатая труба. Кондиционированный воздух нагнетается или в подситовое пространство или в ситчатую трубу, в зависимости от типа солодовни. Качество солода, выращенного в такой солодовне, хорошее. Он достаточно растворен и имеет свежий вид и чистый солодовый запах.

Примером такой солодовни можно представить солодовню барабанного типа фирмы "Galland". Проращивание в ней ведется при местной аэрации и кондиционировании, а также с применением рециркуляционного воздуха.

Шахтные солодорастильные установки. Применяют в солодовнях непрерывного действия. Основу способа составляют оросительное замачивание ячменя и непрерывное проращивание ячменя в газовой среде с повышенным содержанием CO<sub>2</sub>. Такой способ орошения ячменя дает возможность вымывать диоксид углерода из межзернового пространства и поддерживать одинаковые условия замачивания по всему объему замочной камеры. После непрерывного замачивания ячмень перекачивают гидротранспортом в аппарат для удаления поверхностной влаги, где оно содержится около 4 часов, после чего его направляют в верхнюю растительную камеру шахты. Общая продолжительность проращивания составляет 135 часов. Свежепроросший солод выгружают из нижней части растительной камеры в приемный бункер, из которого конвейером и норией транспортируют на сушку.

Солодорастильные аппараты круглого сечения. Конструктивные особенности солодорастильных аппаратов круглого сечения делают их наиболее предпочтительными при использовании в современных солодовнях башенного типа, где их размещают по вертикали один под другим. Но в последнее время такие аппараты можно встретить и в традиционной компоновке солодовни, где все солодорастильные аппараты размещены на

одном уровне. Изготавливают два вида таких аппаратов: со стационарным и вращающимся днищем. Их оснащают шнековыми ворошителями, поэтому принцип их работы (за исключением загрузки и выгрузки) аналогичен ящичным солодовням. Ситчатое днище аппарата имеет кольцевую форму, поскольку в его центре расположен поворотный бункер, через который осуществляют выгрузку солода. Над ситчатым днищем расположен ворошитель карусельного типа, который может вращаться вокруг центральной оси в разных направлениях. Помимо ворошения с его помощью осуществляют выгрузку свежепроросшего солода и увлажнение зерна в процессе проращивания. Для увлажнения зерна над вертикальным шнеком установлены распылительные форсунки, к которым подведена вода. В процессе солодоращения зерно продувают кондиционированным воздухом, нагнетаемым вентилятором в подситовое пространство.

Солодорастильные аппараты с подвижным днищем применяют в солодовнях повышенной мощности. Единовременная загрузка в них может достигать 700 тонн. В этом случае аппарат оснащают конструкцией, внутри которой обычно монтируют трубы для самотечного перемещения зерна сверху вниз. Такие солодорастильные аппараты применяют реже, так как они сложнее по конструкции и дороже в изготовлении, более металлоемки. Непрерывные системы солодоращения. Система Domalt. Солодовни типа передвижная грядка и башенного типа являются установками полунепрерывного действия. Ячмень замачивается в одном месте далее поступает в солодорастильную установку, а затем направляется в солодосушилку, обычно непосредственно примыкающую к ней. Продолжительность пребывания в отдельных аппаратах или на участках ситовой поверхности составляет в зависимости от особенностей технологии 9,12 или 24 ч. В качестве примера непрерывнодействующей солодовни можно рассмотреть систему Domalt. Ячмень смешивается с водой на входе с помощью поднимающегося моющего шнека. После прохода через шнек (в течение около 100 мин) зерно поступает на подвижную ситовую поверхность, выполненную из сит или пластмассовых полотен, разделяется и распределяется по высоте. Скорость перемещения ситовой поверхности 0,7 м/ч, высота слоя солода около 0,9 м. Во время прохода через первый участок ситовой поверхности ячмень орошается и достигает влажности, оптимальной для проращивания. На определенных расстояниях установлены простые ворошители, обеспечивающие достаточное разрыхление слоя прорастающего зерна. По достижении максимальной влажности лишнюю воду из зерна удаляют. Температуру проращивания регулируют на каждом участке подачей влажного воздуха с регулируемой температурой. На заключительном участке за солодорастильным отделением располагается солодосушилка непрерывного действия. Высушенный солод охлаждают и направляют в росткоотбойную машину. Непрерывно действующая установка позволяет увязать продолжительность проращивания с характеристиками той или иной партии ячменя. Так, период замачивания и проращивания

двухрядных ячменей длится около 100-110 ч, а у многорядных - 70-80 ч. По сравнению с обычными такая установка обеспечивает существенное сокращение продолжительности солодоращения за счет ускоренного проращивания при более низкой влажности и непрерывного перехода от одной стадии проращивания к другой, однако максимальная влажность здесь, как правило, выше, чем, например, в обычной ящичной солодовне. Все эти факторы ускоряют прохождение цитолиза и активизируют действие других групп ферментов, что проявляется также в увеличении объема зерна после сушки. Подобная система дает возможность применить полностью автоматическое управление с небольшими трудозатратами и сокращением расхода воды.

В последнее время среди вновь построенных солодовен преобладают солодовни башенного типа, характеризующиеся более высокой технологической эффективностью и экономичностью. В солодовнях башенного типа оборудование для замачивания, проращивания и сушки размещают ярусами – одно под другим, в основной производственной башне цилиндрической формы, в которой размещают технологическое оборудование. В башенных солодовнях используют оборудование такое, как замочные аппараты цилиндроконической формы и с плоским днищем, солодорастильные аппараты и солодосушилки круглого сечения.

К основным преимуществам башенных солодовен следует отнести:

- компактность;
- снижение строительных затрат; и компактность, и, следовательно, меньшая потребность в площади застройки;
- снижение затрат энергии на охлаждение и обогрев помещений;
- сокращение тепловых потерь за счёт меньшей площади поверхности стен и крыш;
- снижение затрат на техническое оснащение солодовни за счёт ненужности транспортных систем для замоченного и свежепроросшего солода;
- упрощение транспортировки замоченного ячменя и свежепроросшего солода под собственным весом под собственным весом по центральной вертикальной трубе;
- возможность герметизации отделения солодоращения, что позволяет управлять солодоращением каждой порции зерна индивидуально, например, в начальной период проращивания можно работать с большим расходом свежего воздуха, содержащим больше кислорода, а в заключительный период с накоплением углекислого газа способствует снижению потерь сухих растворённых веществ солода.

К преимуществам солодовен из металлоконструкций, по сравнению с солодовнями из монолитного железобетона, относят:

- меньшая трудоёмкость, благодаря простоте сборки и поставкам на строительную площадку готовых узлов каркаса и обшивки;
- сокращение сроков строительства;

– исключение условий для развития микроорганизмов, поскольку на металлических поверхностях в процессе эксплуатации не образуется микротрещин;

– увеличение сроков эксплуатации солодвен, поскольку металлоконструкции более устойчивы в эксплуатации при повышенной влажности и температурных перепадах.

#### Солодорастильные аппараты ящичного типа.

Обычно их размещают группами в общем помещении или в отдельных герметизированных камерах.

Солодорастильный аппарат состоит из сетчатого днища 2, закрепленного на опорах 3, образуя при этом подситовое пространство 1, в которое вентилятором 7 через систему кондиционирования, включающую охладитель 6 и ороситель 5, нагнетают воздух для аэрации проращиваемого солода. Замоченное зерно загружают на ситчатое днище по системе гидротранспорта 10. На верхних длинных стенках аппарата расположены направляющие, по которым перемещается шнековый ворошитель 4. Воздух, прошедший через слой 11 зерна, циркулирует в аппарате через жалюзи 9, смешиваясь со свежим воздухом, подводимым через жалюзи 8. Отработанный воздух удаляется в атмосферу через жалюзи 15. Свежепроросший солод выгружают из солодорастильного аппарата ворошителем 4 в бункеры 17. При этом стенка 12 аппарата отодвигается с помощью механизма 13, позволяя солоду сыпаться в бункеры 17. Для доступа обслуживающего персонала в надситовое и подситовое пространство солодорастильного аппарата предназначены специальные герметичные двери 14 и 16.

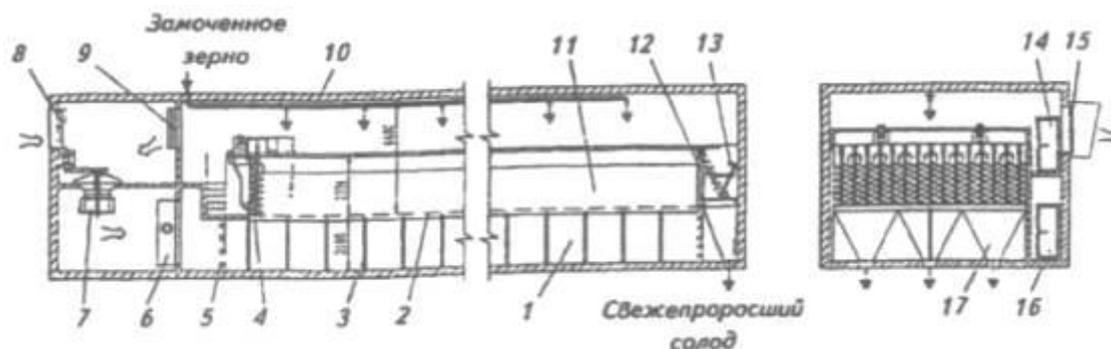


Рисунок 7.1 – Принципиальное устройство солодорастильного аппарата ящичного типа: 1 - подситовое пространство; 2 - сетчатое днище; 3 - опора сетчатого днища; 4 - шнековый ворошитель; 5 - ороситель; 6 - охладитель/нагреватель; 7 - вентилятор; 8 - жалюзийная заслонка на входе свежего воздуха; 9 - жалюзийная заслонка рециркулируемого воздуха; 10 - система гидротранспорта; 11 - слой зерна; 12 - отодвигаемая стенка; 13 - механизм для отодвигания стенки; 14, 16 - герметичные двери; 15 - жалюзийная заслонка на выходе отработанного воздуха; 17 - бункеры

При герметизации аппаратов солодоращение проводят с накоплением диоксида углерода, что позволяет уменьшить интенсивность дыхания и, следовательно, снизить потери сухих веществ солода.

Количество солодорастильных аппаратов периодического действия должно быть кратным числу суток проращивания, чтобы каждый день

получать новую порцию свежепроросшего солода и равномерно загрузить оборудование солодовни. На старых солодовнях количество солодорастильных аппаратов обычно кратно 8, а на современных – 5...6.

Каждый солодорастильный аппарат соединен воздуховодами с системой кондиционирования и нагнетания воздуха, которая может быть индивидуальной - для каждого аппарата, или групповой - для нескольких аппаратов. В солодовнях с отдельно установленными солодорастильными аппаратами и индивидуальными системами кондиционирования солод можно проращивать в каждом из аппаратов автономно при оптимальных параметрах процесса для каждой партии ячменя.

Каждый солодорастильный аппарат ящичного типа периодического действия оснащен индивидуальным шнековым ворошителем, предназначенным для:

- разравнивания слоя замоченного зерна после загрузки в аппарат;
- обеспечения равномерности тепло- и массообмена и устранения застойных зон в слое зерна за счет его периодического перемешивания;
- сохранения сыпучести зерна за счет его рыхления и предохранения от образования сплошного "монолита";
- механизированной разгрузки аппарата.

Шнековый ворошитель представляет собой передвижную каретку, на которой установлены вертикальные шнеки, вращающиеся от приводов. Между крайней нижней точкой шнеков и ситчатым днищем должен оставаться зазор, исключаящий контакт шнеков с днищем. Каретка благодаря приводу перемещается на роликах по направляющим, смонтированным в длинные стенки аппарата, а шнеки, вращаясь, перемешивают солод. Шнеки выполняют со сплошными витками, с ленточными витками и комбинированные, нижняя часть которых выполнена со сплошными витками, а верхняя - с ленточными. Смежные шнеки должны вращаться навстречу друг другу для лучшего перемешивания солода, поэтому одни из них изготавливают с правой, а другие с левой навивкой. Для предохранения проращиваемого солода от облома ростков частота вращения шнеков должна быть около  $8 \text{ мин}^{-1}$ . Над каждым шнеком закрепляют горизонтальную лопасть или вилку, направленную концами вниз, для выравнивания поверхности слоя зерна.

Поступательная скорость каретки составляет около 0,5 м/мин. Передвижение каретки и вращение шнеков осуществляются от отдельных приводов во влагозащищенном исполнении.

Продолжительность механизированной выгрузки солода из солодорастильного аппарата должна составлять 2...3 часа. Ее осуществляют с помощью шнековых ворошителей двумя основными способами. В одном из них у аппарата одна из коротких стенок является разгрузочной - она отодвигается и шнековый ворошитель сдвигает поочередно порцию за порцией проросший солод на ленточный, скребковый или винтовой конвейер, расположенный ниже кромки сетчатого днища.

Разварники являются сосудами, работающими под давлением. Изготовление и эксплуатация их должны осуществляться в соответствии с требованиями правил Госгортехнадзора. При эксплуатации разварников необходимо следить за состоянием предохранительной гильзы (при износе на 50% толщины ее необходимо заменить), исправностью предохранительного клапана и редукционного вентиля, которые должны быть отрегулированы на давление, не превышающее разрешенное рабочее давление; исправностью манометра. На стекле манометра (с внутренней стороны) должна быть нанесена красная черта, соответствующая разрешенному давлению.

Выдерживатель используют при полунепрерывном и непрерывном процессах разваривания сырья. В нем происходит снижение температуры массы после разварника в результате образования вторичного пара, создается запас разваренной массы, обеспечивающий непрерывность процесса осахаривания, доваривается масса, может осуществляться смешивание разваренной массы из разных видов сырья. В верхней части аппарата, являющейся паровой зоной, происходит сепарирование - отделение вторичного пара от разваренной массы. Она выполняет также роль крахмалоловушки, задерживая частицы массы, увлекаемые паром из разварников при циркуляции. Наличие выдерживателя значительно выравнивает цикличность работы разварников. Выдерживатель изготавливают цилиндрической формы из листовой стали толщиной цилиндрической части 6-8 мм и днища 7-9 мм, он рассчитан на давление не выше 70 кПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>). Разваренная масса и циркуляционный пар подводятся в верхнюю цилиндрическую часть аппарата по тангенциально расположенным патрубкам, что способствует лучшему отделению (сепарированию) пара. В том месте, где выдуваемая масса скользит по стенке, вставлен стальной отражатель 10, препятствующий выбросу массы в паровое пространство выдерживателя. Выдерживатель заполняют разваренной массой на 2/3 объема, а 1/3 приходится на паровое пространство. Ниже воротника расположены два поплавковых указателя уровня 5, верхний из них показывает предельно допустимый уровень массы, нижняя часть аппарата от днища до первого поплавка служит для выдерживания массы. Объем между поплавками предназначен для массы при очередном выдувании разварника.

По поперечному сечению аппарата расположена решетка 12 для задержания посторонних крупных примесей, которая выполняется разборной из стальных полос. Ширина зазоров между полосами 20 мм. Решетку чистят через люк 13, а на ходу при необходимости путем подвода пара через патрубок 4. При непрерывных схемах разваривания с хорошей подработкой сырья необходимость в решетке отпадает. Уклон конусного днища составляет 60°, что обеспечивает хороший сток и полный выход массы. Помимо предохранительного клапана к выдерживателю присоединяют гидравлический затвор 9, представляющий собой У-образную трубу диаметром 100-150 мм и высотой 7 м. Уровень воды в гидравлическом затворе контролируется краном 11. Высота столба воды при отсутствии

давления в аппарате 3,5 м. В верхней части трубы гидравлического затвора имеется ловушка 8 для задержания воды, вытесняемой из затвора при повышении давления свыше 70 кПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>), и в то же время она должна обеспечивать выпуск избыточного пара через отверстия в верхней части ловушки. На трубе, отводящей пар из выдерживателя, устанавливают регулятор давления 7, при помощи которого в выдерживателе поддерживается давление в пределах 0,03-0,05 МПа (0,3- 0,5 кгс/см<sup>2</sup>). В случае снижения температуры при длительных простоях массу можно подогревать паром через барботер 15. Давление в аппарате контролируют по манометру 3, который устанавливается в месте, удобном для контроля. Манометрическая трубка 6 заполняется водой. При определении истинного давления в выдерживателе из показаний манометра следует вычесть давление, создаваемое столбом воды в трубе. Загрязнившуюся воду из манометрической трубки периодически спускают через трехходовой кран 2. Наружную поверхность выдерживателя покрывают теплоизоляцией.

## **7.2 Оборудование для получения биомассы**

Биомасса дрожжей является источником белка, витаминов, липидов и других ценных веществ. Примером промышленного производства биомассы микроорганизмов является получение пекарских дрожжей на дрожжерастительных предприятиях.

Производство дрожжей – сложный микробиологический процесс, конечным итогом которого является накопление биомассы дрожжей *Saccaromyces cerevisiae* в условиях периодического культивирования с дополнительной подачей (подпиткой) питательной среды. Эффективность дрожжерастительного процесса определяется высоким выходом биомассы (Y) при максимальном коэффициенте усвоения субстрата (концентрация субстрата S):

$$Y = [X - X_0] / S$$

Основным источником углерода (субстрата) в производстве хлебопекарных дрожжей является меласса – отход производства сахара из сахарной свеклы, основными компонентами которого являются: редуцирующие сахара (до 2%), ди- и трисахариды (10-30% в зависимости от степени очистки мелассы), пектиновые вещества.

Проведение периодического культивирования дрожжей в лабораторном ферментере

Процесс культивирования дрожжей *Saccaromyces cerevisiae* осуществляют в лабораторном ферментере (рабочий объем 3 л), оснащенным барботером (подача воздуха с помощью микрокомпрессора), встроенным змеевиком, позволяющим поддерживать оптимальную температуру культивирования.

Контроль pH осуществляют с помощью pH-метра, подтитровывая питательную среду с помощью раствора аммиачной воды до pH 4,2 – 5,5, поскольку при снижении pH усиливается сорбция красящих веществ мелассы

и пенообразование. В качестве пеногасителя используют производные жирных кислот. Контроль температуры осуществляют с помощью термометра, концентрацию растворенного кислорода – не менее 2 мг/л. Результаты микробиологического контроля состояния дрожжевой культуры заносят в таблицу 2. Контроль за состоянием клеток (подсчет растущих, почкующихся, мертвых клеток и др.) производят в камере Горяева.

Характеристика комплексов оборудования. Линия начинается с комплекса оборудования для обработки сырья, состоящего из аппаратов для приготовления питательных сред, сепараторов-кларификаторов для мелассы и пароконтактных установок для стерилизации.

Ведущий комплекс линии представляют дрожжерастильные аппараты, снабженные аэрационной системой для насыщения суспензии кислородом, и воздуходувные машины.

Следующий комплекс линии состоит из аппаратов для выделения дрожжей, в составе которого имеются дрожжевые сепараторы, фильтрпрессы и барабанные вакуум-фильтры.

Наиболее энергоемким комплексом оборудования линии являются сушильные установки, представленные конвейерными ленточными сушилками, установками с виброкипящим слоем, а также вакуумными и сублимационными сушилками.

Завершающий комплекс оборудования линии состоит из машин для формования и завертывания брикетов дрожжей.

На рис. 7.2 представлена машинно-аппаратурная схема линии производства хлебопекарных дрожжей.

Устройство и принцип действия линии. Меласса поступает на заводы в железнодорожных цистернах 1. Ее сливают в промежуточный сборник 2 и перекачивают шестеренным насосом 40 в сборник 3, установленный на весах 4. Меласса через промежуточный сборник 5 перетекает в мелассохранилище 6. Через промежуточный сборник 7 меласса поступает в смеситель 8, где ее разбавляют водой, подкисляют и далее насосом 20 перекачивают в стерилизатор 9. Далее меласса поступает на охлаждение в теплообменник 10 и на очистку в кларификатор 11. Очищенная разбавленная меласса разделяется на два потока, один из которых поступает в приточный аппарат 12 питательной среды для получения дрожжей ЧК и ЕЧК, а другой – в аппарат 13 для получения двух стадий товарных дрожжей. Из сборника 14 вода, согласно, технологическому регламенту направляется в различные аппараты (15...19, 21, 22 и др.). В цехе чистых культур дрожжей питательная среда стерилизуется в стерилизаторе 15, после чего поступает в инокуляторы чистых культур: малый 16 и большой 17.

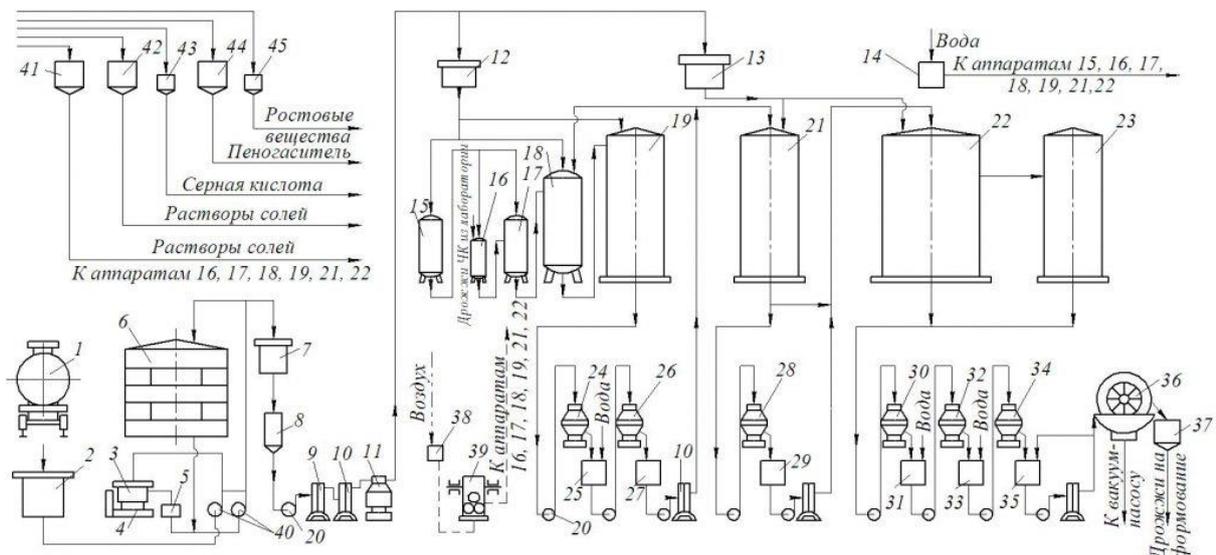


Рисунок 7.2 - Машинно-аппаратурная схема линии производства хлебопекарных дрожжей

Чистые культуры дрожжей выращивают последовательно на двух стадиях в дрожжерастительных аппаратах. Дрожжи чистых культур ЧК-1 и ЕЧК-1 направляют в дрожжерастительный аппарат 18, а дрожжи чиста культур ЧК-2 и ЕЧК-2 – в аппарат 19. Естественно-чистая культура 1 дрожжевым насосом подается на концентрирование в сепаратор 24 и далее в промежуточный сборник 25. На второй стадии концентрирования для этих дрожжей используют сепаратор 26, сборник концентрата 27.

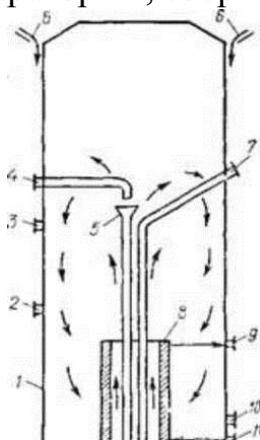


Рисунок 7.3 - Дрожжерастительный аппарат: 1 - корпус; 2 - штуцер для ввода аммиачной воды; 3 - ввод засеянных дрожжей; 4 - ввод сула; 5 - воронка; 6, 11 - ввод охлаждающей ВОДЫ; 7 - ввод воздуха; 8 - диффузор; 9, 12 - вывод нагретой воды; 10 - вывод дрожжевой суспензии; 13 - кювета.

В самом процессе прессования дрожжей требуется максимальный эффект обезвоживания, поэтому в промышленном производстве сухих дрожжей используют фильтрпрессы. При наличии же вакуум-фильтров, в случае технологии выращивания на разбавленных средах, проводится дополнительная обработка дрожжевого молока 20 % раствором поваренной соли. Расход NaCl при содержании дрожжей 300-650 г/л составит соответственно 130-80 л/м<sup>3</sup>. Впоследствии для удаления соли дрожжи на вакуум-фильтре промываются водой из форсунок.

Для ускорения процесса влагоудаления отпрессованные дрожжи отправляются на стадию измельчения. Специальные грануляторы, формовочные машины или же гидравлические прессы превращают продукцию либо в вермишель, либо в гранулы диаметром 1 мм. При формовании нельзя допускать повышения температуры дрожжевых нитей, а после измельчения следует немедленно подавать готовое сырье на высушивание, дабы избежать потерь сухого вещества, расходуемого на дыхание.

Производство сушеных дрожжей должно обеспечивать их качество, а также способность длительно сохранять ферментативную активность (без которой дальнейшее использование будет уже невозможно) тем выше, чем быстрее осуществляется высушивание. Интенсивность сушки, в свою очередь, возрастает:

- с увеличением площади соприкосновения сушильного агента и высушиваемого материала (что обуславливает необходимость предварительного измельчения);
- с повышением температуры теплоносителя;
- с понижением влажности теплоносителя;
- с увеличением скорости движения теплового потока.

Влага, содержащаяся в дрожжах, делится на вне- и внутриклеточную. Последняя также подразделяется на два вида: свободная, которая удаляется достаточно просто, и связанная с коллоидами клетки.

Для вывода влаги теплоносителем требуется определенное соотношение парциальных давлений паров в воздухе (А) и на поверхности высушиваемого материала (Б). При организации непрерывного процесса следует помнить, что:

- если  $A < B$  - идет обезвоживание;
- в случае обратного неравенства  $A > B$  – происходит увлажнение дрожжей;
- когда же парциальные давление паров сравниваются  $A = B$  - высушивание прекращается.

Для эффективного проведения сушки требуется выполнение основного условия. Температуру дрожжей следует поддерживать на уровне 30°C. При этом весь процесс отделения и вывода влаги протекает в три стадии:

- удаление внеклеточной жидкости: на этом этапе общая влажность снижается с исходных 70 до 52 %;
- удаление свободной внутриклеточной влаги, которое на выходе позволяет получить дрожжи с остаточным содержанием воды 16-18 %;
- частичное удаление связанной внутриклеточной влаги, характеризующееся снижением влажности до 7,5-8 %.

Оставшиеся 7-8 % химически связанной влаги удалению не подлежат.

Чтобы сохранить ферментативную активность дрожжей, обуславливающую способность к брожению, необходимо форсировать сьем влаги именно в первый период сушки. В зависимости от интенсивности процесса высушивания дрожжей температура теплоносителя варьируется от 50 до 140°C. При этом температура самих дрожжей не будет превышать

критических пределов. Связана эта зависимость со скрытой теплотой парообразования: самоохлаждение происходит за счет потерь тепла, затраченных на испарение. С повышением интенсивности процесса съема влаги возрастает и температура теплоносителя. Лидерами по интенсивности влагоотдачи являются сушилки с виброкипящим слоем.

Оптимальным пределом скорости подачи горячего воздуха, является разбег от 1 до 2,5 м/с. Увеличивая подачу теплоносителя с 1 до 2 м/с, производитель, тем самым, снижает продолжительность сушки на 30-40 %. А как известно, качество сушеных дрожжей тем выше, чем быстрее проходит высушивание. При повышении скорости потока воздуха до 4 м/с влажный высушиваемый материал разбивается на гранулы и переходит во взвешенное состояние.

Сушка в ленточной сушилке

Оптимальный режим предполагает следующие характеристики поступающего в качестве теплоносителя воздуха:

- температура: 36°C;
- первоначальная и конечная влажность: 41 и 90 % соответственно;
- скорость подвода: 0,2 м/с.

Для каждой ленты конструкцией предусмотрены определенные параметры. Рекомендованная нагрузка составляет примерно 3,4 кг дрожжей на каждый квадратный метр ленты.

Сушка в шахтной сушилке ВИС-42Д

Дрожжи высушивают в непрерывном потоке. Конструктивной особенностью ВИС-42Д является возможность самостоятельного регулирования длительности сушки в каждой температурной зоне.

Сушка в виброкипящем слое

В сушилках непрерывного действия применяют мягкий режим. Здесь дрожжи сушат в виброкипящем (псевдоожигенном) слое с нагрузкой на каждый квадратный метр сита, не превышающей 84 кг. Производительность такой сушилки составляет 80-100 кг/ч.

Установка является многофункциональной: ее универсальность состоит в объединении всех подготовительных и основных этапов промышленного производства сушеных дрожжей. Конструкцией предусмотрены следующие операции:

- гранулирование исходного сырья - высококачественных прессованных дрожжей;
- соответствующая подготовка сушильного агента (выполнение требований по влажности и температуре);
- непосредственный процесс сушки;
- передача готовой продукции в отделение затаривания (упаковки);
- очистка отработанного воздуха от пыли в виде остатков дрожжей, осуществляемая в батарее циклонов.

Четыре температурные зоны обеспечивают нагрев воздуха:

- до 60°C (для I и II участков);

- в пределах 42-48 градусов (в III зоне);
- на уровне 36-39°C (на завершающем IV участке).

В первых двух зонах отработанный воздух охлаждается до 25-28°C, при прохождении же последнего IV участка его температура составляет всего 29-30°C.

Сушилка А1-ВГС от отечественного производителя в лице ВНИЭКИпродмаша по качеству выпускаемой продукции не уступает некоторым итальянским моделям. Благодаря особенностям ее конструкции, сушка дрожжей в виброкипящем (псевдоожиженном) слое осуществляется при значительно меньшем пылевыведении.

Сушка под вакуумом

В сушилках от шведской фирмы СИА процесс обезвоживания ведется в два этапа. Активный съем влаги до 15-22 % изначально проводится при атмосферном давлении. Температура воздуха здесь выдерживается на уровне 50°C, а длительность составляет 6-7 часов. Дальнейшее досушивание материала осуществляется под вакуумом. Готовая продукция, минуя сепаратор, поступает в конвейер, а затем направляется на упаковку.

Сушка методом сублимации

Суть процесса состоит в удалении влаги за счет возгонки (сублимации) льда из замороженного сырья. Таким образом, метод заключается в последовательных фазовых переходах воды по схеме: жидкость – твердое (лед) – пар. При протекании указанных физических превращений структура исходного материала практически не меняется.

### **7.3 Оборудование для получения вторичных метаболитов.**

Метаболиты – это промежуточные продукты, образующиеся в процессе метаболизма, катализируемого различными ферментами, которые естественным образом встречаются внутри клеток. Они производятся растениями, людьми и микробами.

Метаболизм обычно относится к серии упорядоченных химических реакций для поддержания жизни. Эти процессы позволяют организмам расти и размножаться, а также реагировать на внешнюю среду. В ходе метаболизма образуется ряд промежуточных или конечных продуктов, называемых метаболитами, включая эндогенные небольшие молекулы с молекулярной массой <1000 Da, такие как липиды, коферменты, аминокислоты и т. д.

Первичные метаболиты, (основные) метаболиты, необходимые для развития, роста и воспроизводства организмов.

Вторичные метаболиты, (идиолиты) – низкомолекулярные соединения, не требующиеся для роста в чистой культуре. Они производятся ограниченным числом таксономических групп и часто представляют собой смесь близкородственных соединений, относящихся к одной и той же химической группе. К вторичным метаболитам относятся антибиотики, алкалоиды, гормоны роста растений и токсины.

Микроорганизмы, производящие вторичные метаболиты, вначале проходят стадию быстрого роста – тропофазу – во время которой синтез

вторичных веществ незначителен. По мере замедления роста из-за истощения одного или нескольких питательных веществ в культуральной среде микроорганизм переходит в идиофазу. В этот период синтезируются идиолиты. В случае антибиотиков большинство микроорганизмов в процессе тропофазы чувствительны к собственным антибиотикам, однако во время идиофазы они становятся к ним устойчивыми. Чтобы уберечь микроорганизмы, продуцирующие антибиотики, от самоуничтожения, важно быстро достичь идиофазы и затем культивировать микроорганизмы в этой фазе.

Из алифатических одноатомных спиртов в напитках брожения больше всего образуется этилового спирта. Он имеет слабый запах и жгучий вкус.

Метиловый спирт в чистом виде по запаху напоминает этанол. Является очень токсичным соединением.

#### Получения первичных метаболитов

##### Производство аминокислот

В промышленности аминокислоты получают:

1) гидролизом природного белоксодержащего сырья; 2) химическим синтезом; 3) микробиологическим синтезом; 4) биотрансформацией предшественников аминокислот с помощью микроорганизмов или выделенных из них.

Наиболее перспективен и экономически выгоден микробиологический синтез аминокислот. Преимущество его состоит в возможности получения L-аминокислот на основе возобновляемого сырья. Среди продуцентов аминокислот используются дрожжи (30 %), актиномицеты (30 %), бактерии (20 %). *Brevibacterium flavum* и *Corynebacterium glutamicum* более трети сахаров превращают в лизин. Для селекции продуцентов используются микроорганизмы, относящиеся к родам *Micrococcus*, *Brevibacterium*, *Corynebacterium*, *Arthrobacter*.

##### Производство витаминов

Витамины – группа незаменимых органических соединений различной химической природы, необходимых любому организму в ничтожных концентрациях и выполняющих в нем каталитические и регуляторные функции. Способностью к синтезу витаминов обладают лишь автотрофные организмы. Микробиологическим способом можно получить практически все известные витамины. Однако экономически более целесообразно получать витамины выделением из природных источников или с помощью химического синтеза. С помощью микроорганизмов целесообразно получать сложные по строению витамины: в-каротин, B2, B12 и предшественники витамина D.

##### Производство органических кислот

В настоящее время биотехнологическими способами получают в промышленных масштабах ряд органических кислот. Из них лимонную, глюконовую, кетоглюконовую и итаконовую кислоты получают лишь микробиологическим способом, молочную, салициловую и уксусную – как

химическим, так и микробиологическим, яблочную – химическим и энзиматическим путем.

Ферментеры. Обычно представляют собой герметические цилиндрические емкости, высота которых в 2-2,5 раза превышает диаметр. Чаще всего их изготавливают из нержавеющей стали. Для поддержания температуры в аппарате имеется двойной кожух или теплообменник типа змеевика. Главное требование к аппаратам – сохранение стерильности, поэтому они должны быть герметичными, все линии трубопроводов должны быть доступны для обработки горячим паром. Рабочий объем ферментера обычно не превышает 7/10 общего объема. Тип ферментера для каждого биотехнологического процесса выбирают с учетом специфики продуцента, свойств среды и экономических соображений. Важное значение для аэробного процесса имеет система аэрации. При этом оценивают, с одной стороны, скорости поступления кислорода с жидкостью и его массопередачи от газовой фазы, с другой – скорости потребления кислорода микроорганизмами и его удаления с отработавшей жидкостью. Скорость перехода кислорода из газовой фазы в жидкую выражают через объемную скорость абсорбции. Изменение концентрации кислорода в жидкой фазе характеризуется уравнением:

$$dt = KLa (C_p - C),$$

где:  $KLa$  – объемный коэффициент массопередачи на границе газ-жидкость;

$C_p$  – равновесная концентрация кислорода в среде;

$C$  – фактическая мгновенная концентрация кислорода в среде. Для каждого биотехнологического процесса должна быть разработана подходящая схема, а сам процесс должен постоянно наблюдаться и тщательно контролироваться.

Для большинства практических биотехнологических процессов такими системами являются ферментеры или биореакторы, которые обеспечивают необходимые физические условия, способствующие наилучшему взаимодействию катализатора со средой и поставляемым материалом.

Биореакторы варьируют от простых сосудов до весьма сложных систем с различным уровнем компьютерного оснащения.

Биореакторы изготавливаются в двух вариантах или типах.

Первый тип для нестерильных систем, когда нет абсолютной необходимости оперировать с чистыми культурами микроорганизмов (например, ферментация при пивоварении, производство пекарских дрожжей и т. п.).

Биореакторы второго типа предназначены для асептических процессов, обычно используемых в производстве таких соединений как, антибиотики, аминокислоты, полисахариды и одноклеточный бактериальный белок. В реакторах такого типа все посторонние микроорганизмы должны быть исключены, что, естественно, связано со значительными сложностями при их конструировании и разработке самого биотехнологического процесса.

Основное требование к биореакторам любого типа сводится к обеспечению оптимальных условий роста продуцента или накоплению синтезируемого им продукта.

Главная задача – получение максимального количества клеток с одинаковыми свойствами при их выращивании в определенных тщательно контролируемых условиях. Фактически один и тот же биореактор (лишь с небольшими изменениями) может быть использован для производства ферментов, антибиотиков, органического белка. Одним из важнейших компонентов биореакторов является система перемешивания, обеспечивающая однородность условий в аппарате, оптимальность между фазами реактора, между культуральной жидкостью и клетками и т. д. Системы аэрации зачастую бывают очень сложной конструкции, поскольку они должны обеспечить баланс между расходом O<sub>2</sub> и его поступлением в нужных количествах, учитывая тот факт, что потребность в кислороде не одинакова на различных стадиях культивирования.

Важным является обеспечение должного уровня теплообмена в биореакторах, поскольку жизнедеятельность и метаболическая активность объектов зависит в значительной степени от колебаний температуры. Поддержание температуры в определенном узком диапазоне диктуется: резким снижением активности ферментов по мере падения температуры и необратимой инактивацией (денатурацией) макромолекул (в первую очередь белков) при ее повышении до критических значений. Температурный оптимум у каждого организма лежит в определенных пределах. Большинство биотехнологических процессов осуществляется в мезофильных условиях (30–50 °C). С одной, это имеет преимущество, потому что лишь в редких случаях обеспечивать повышенный подогрев реакторов. С другой стороны, возникает проблема удаления избыточного тепла, выделяющегося при интенсивном росте культивируемых клеток, поэтому биореактор должен быть оснащен эффективной системой охлаждения. Еще одной серьезной проблемой при культивировании в биореакторах является пенообразование, связанное с необходимостью аэрирования содержимого, в котором постоянно присутствуют поверхностно-активные вещества (ПАВ) продукты распада жиров (мыла) и белки (составные компоненты субстрата например, белки соевой и кукурузной муки и т. п.). Образующийся слой пены опять же, с одной стороны, способствует росту аэробных микроорганизмов, а с другой - сокращает полезный объем реактора и способствует заражению культуры посторонней микрофлорой. Это заставляет интенсивно разрабатывать эффективные системы пеногашения. Специфическим элементом биореактора является система, обеспечивающая стерильность процесса.

Стерилизация осуществляется на разных этапах процесса, как до его начала, так и при осуществлении и после окончания. Иными словами, в биотехнологическом производстве важное место отводится принципу асептики. В последнее время в биотехнологию внедряется принцип дифференцирования режимов культивирования: разные этапы одного и того

же процесса осуществляются при различных условиях - температура, рН, аэрация и т. п. Естественно, это создает новые (дополнительные) требования при конструировании реакторов. В соответствии с основными принципами реализации биотехнологических процессов современные биореакторы должны обладать следующими системами: - эффективного перемешивания и гомогенизации среды выращивания; обеспечения свободной и быстрой диффузии газообразных компонентов системы (аэрирование в первую очередь); теплообмена, обеспечивающего поддержание оптимальной температуры внутри реактора и ее контролируемые изменения; пеногашения; стерилизации сред, воздуха и самой аппаратуры; – контроля и регулировки процесса и его отдельных этапов. Для создания оптимальной биореакторной системы необходимо точно придерживаться следующей генеральной линии: ) ферментер должен быть сконструирован так, чтобы исключить попадание загрязняющих микроорганизмов, а также обеспечить сохранения требуемой микрофлоры;

2) объем культивируемой смеси должен оставаться постоянным, т. е. чтобы не было утечки или испарения содержимого;

3) уровень растворенного кислорода должен поддерживаться выше критических уровней аэрирования культуры аэробных организмов;

4) параметры внешней среды, такие, как температура, рН и т. п., должны постоянно контролироваться;

5) культура при выращивании должна быть хорошо перемешиваемая. К материалам, используемым при конструировании сложных, прецизионно работающих ферментеров, предъявляются определенные требования (порой весьма строгие):

а) все материалы, вступающие в контакт с растворами, подающимися в биореактор, соприкасающиеся с культурой микроорганизма, должны быть устойчивыми к коррозии, чтобы предотвратить загрязнения металлами даже в следовых количествах;

б) материалы должны быть нетоксичными и, чтобы даже при самой малой растворимости они не могли бы ингибировать рост культуры;

в) компоненты и материалы биореактора должны выдерживать повторную стерилизацию паром под давлением;

г) перемешивающая система биореактора и места поступления и выхода материалов и продуктов должны быть легко доступными и достаточно прочными, чтобы не деформироваться или ломаться при механических воздействиях;

д) необходимо обеспечить визуальное наблюдение за средой и культурой, так что материалы, используемые в процессе, по возможности должны быть прозрачными. Для оптимизации биотехнологических процессов требуется постоянный и тщательный контроль за изменяющейся картиной ферментации, что обеспечивается наличием в биореакторах соответствующих датчиков, позволяющих осуществлять избирательный анализ определенных параметров ферментационного процесса.

Первые (исходные) ферментационные системы представляли собой неглубокие емкости, перемешивание в которых осуществлялось либо путем их встряхивания, либо посредством перемешивания содержимого вручную. На основе первичных систем в последующем были созданы аэрируемые башенные конструкции, которые в настоящее время доминируют в промышленном производстве. Системы перемешивания являются важным классификационным принципом биореакторов различного типа. Поскольку биореакторы являются многопараметровыми аппаратами, они могут классифицироваться и по другим критериям: размерам, целевым назначениям (лабораторные, опытно-промышленные или пилотные, промышленные), режиму работы (периодического и непрерывного действия), условиям культивирования (аэробные и анаэробные, мезофильные и термофильные, для поверхностного и глубинного выращивания, для жидких и твердых питательных сред, газофазные). И все же система перемешивания имеет не последнее значение в классификации. По способу перемешивания и аэрации биореакторы подразделяются на аппараты с механическим, пневматическим и циркуляционным перемешиванием.

По структуре потоков ферментеры (биореакторы) могут быть аппаратами полного перемешивания или полного вытеснения. Конструктивные различия ферментеров (биореакторов) определяются в основном способами подвода энергии и аэрации среды: )ферментеры с подводом энергии к газовой фазе; )ферментеры с подводом энергии к жидкой фазе; )ферментеры с комбинированным подводом энергии.

Ферментеры с подводом энергии к газовой фазе В аппаратах этого типа аэрация и перемешивание культуральной жидкости осуществляются сжатым воздухом, который подается в ферментер (биореактор) под определенным давлением. К таким ферментерам (биореакторам) относят: барботажные ферментеры представлены на рисунке 3, подача воздуха в которых осуществляется через барботажные устройства, расположенные в нижней части аппарата;

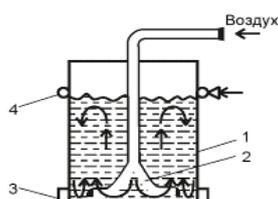


Рисунок 7.4 - Барботажный ферментер: 1 - корпус; 2 - воздухораспределитель; 3 - карман; 4 - коллектор аппарата с диффузором (эрлифтные аэраторы), имеющие внутренний цилиндр-диффузор, который обеспечивает перемешивание поступающих по распределительным трубам в нижнюю часть аппарата субстрата и воздуха;

Трубчатые ферментеры (газлифтные), состоящие из реактора кожухотрубчатого типа, через который жидкость потоком воздуха перемещается в верхнюю часть аппарата и, попадая в сепаратор, возвращается в реактор, где снова увлекается воздухом, подвергаясь таким образом циркуляции.

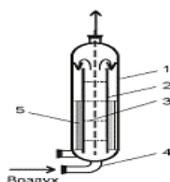


Рисунок 7.5 - Газлифтный ферментер: 1 - корпус; 2 - диффузор; 3 - диспергатор; 4 - воздухораспределитель; 5 - теплообменник ферментеры (биореакторы) с форсуночным воздухораспределением, оборудованные форсунками для подачи воздуха.

Форсунками, расположенными в нижней части аппарата, и находящимся над ними диффузором, обеспечивает внутреннюю циркуляцию жидкости; ферментеры (биореакторы) колонного типа, представляющие собой цилиндрическую колонну, разделенную горизонтальными перегородками (тарелками) на секции.

Воздух барботирует через слой жидкости каждой тарелки, а перемещение жидкости через кольцевую щель обеспечивает противоточное движение жидкой и газовой фаз

Ферментеры с подводом энергии к жидкой фазе. К таким аппаратам относят: аппарат с самовсасывающей турбиной представлен на рисунке 5, имеющий цилиндрический диффузор и мешалку с полыми лопастями и валом, при вращении которой за счет создаваемого разрежения происходит самовсасывание воздуха, благодаря чему происходит подъем жидкости в кольцевом зазоре между диффузором и стенками аппарата с последующим ее возвращением в диффузор.

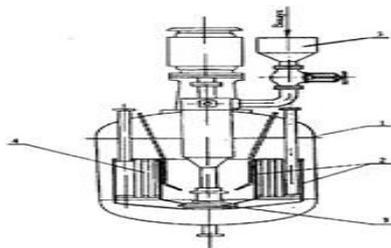


Рисунок 7.6 - Ферментер с самовсасывающей турбиной: 1 - корпус; 2 - диффузор; 3 - самовсасывающая мешалка; 4 - теплообменник; 5 - фильтр ферментер (биореактор) с турбоэжекторными перемешивающими устройствами.

Ферментеры с комбинированным подводом энергии. В этих аппаратах осуществлен подвод энергии к газовой фазе для аэрации и к жидкой фазе для перемешивания. Ферментер представляет собой цилиндрический сосуд, снабженный механической мешалкой и барботером, который устанавливается, как правило, под нижним ярусом мешалки. По способу перемешивания, в соответствии с которым используются аппараты, их разделяют на ферментеры с механическим, пневматическим и циркуляционным перемешиванием. Эти реакторы имеют механическую мешалку с центральным валом и лопастями (лопатками), число которых обычно равно 6, реже 8. Лопасты могут быть прямыми или изогнутыми, часто их располагают в несколько ярусов, что обеспечивает более эффективное перемешивание больших объемов жидкости. В систему входят также отражательные перегородки - узкие металлические пластинки,



варианты подачи воздуха как во внутренний, так и во внешний по отношению к диффузору объем среды.

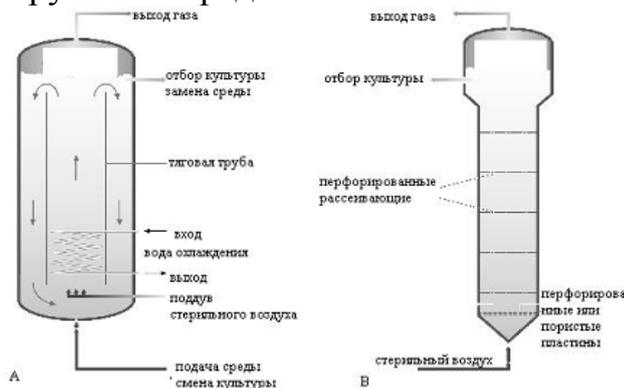


Рисунок 7.8 - Ферментеры с пневматическим перемешиванием:  
 А-эрлифтный; В - пузырькового типа.

Биореакторы циркуляционного или гидродинамического типа оснащены насосами и эжекторами, создающими направленный ток жидкости по замкнутому контуру (кругу). Жидкость увлекает за собой пузырьки газа и тем самым культуральная среда одновременно с перемешиванием может насыщаться либо атмосферным кислородом, либо (с использованием специальных устройств и эжекторов) газом иного типа. Эти аппараты отличаются простотой конструкции и надежностью в эксплуатации. Ферментеры циркуляционного типа часто заполняются твердыми частицами (насадкой), которые способствуют лучшему перемешиванию содержимого реактора, препятствуют обрастанию стенок при длительном культивировании, а также обеспечивают диспергирование воздуха в жидкости. Некоторые микроорганизмы, прикрепляясь к таким насадкам (в частности, грибы и актиномицеты), развиваются намного лучше. От биореакторов с насадками – один шаг к ферментерам для иммобилизованных клеток или к аппаратам для иммобилизованных ферментов. В последнее время разрабатываются новые способы аэрации. Например, воздух может подаваться через специальные полипропиленовые мембраны. Это позволяет избегать пенообразования и очень хорошо зарекомендовало себя при выращивании клеток эукариотических организмов, в частности при промышленном получении интерферона. Существуют разные варианты такого типа аппаратов: аппараты типа «падающей струи», типа «погруженной струи».

## **Вопросы для самостоятельного изучения дисциплины**

1. Технологическое оборудование для мойки растительного сырья.
2. Аппараты для перегонки и ректификации.
3. Технологическое оборудование для механической переработки сырья и полуфабрикатов формованием.
4. Приборы для измерения плотности, вязкости жидкостей, влажности газов, твердых и сыпучих веществ.
5. Технологическое оборудование кондитерского производства.
6. Оборудование для тепловой обработки жирового сырья.
7. Преобразователи и системы дистанционной передачи измерительной информации
8. Оборудование для проведения микробиологических процессов.
9. Оборудование для отделения с/х продукции от посторонних примесей.
10. Основные способы создания поточных линий.
11. Оборудование для сушки сырья и полуфабрикатов.
12. Оборудование для сортировки сырья.
13. Оборудование для выпечки и тепловой обработки пищевых продуктов.
14. Технологическое оборудование для проведения теплообменных процессов.
15. Приборы для измерения параметров, характеризующих состав и свойства газов.
16. Бланширователи и шпарители.
17. Технологическое оборудование для проведения микробиологических процессов.
18. Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП)
19. Средства измерения температуры.
20. Оборудование для охлаждения и замораживания продуктов.
21. Приборы для измерения давления.
22. Оборудование для проведения массообменных процессов.
23. Моечные машины с жестким режимом ведением процесса.
24. Классификация измерительных устройств.
25. Оборудование для получения солода.
26. Разделение поточных линий на участки.
27. Оборудование для проращивания зерна.
28. Оборудование для электрофизической обработки сырья и полуфабрикатов
29. Проектирование поточных линий.
30. Кондитерские печи.
31. Оборудование для мойки жестяной тары.
32. Оборудование для стерилизации питательных сред.
33. Рабочие органы и механизмы для резки.

34. Оборудование для механизации финишных операций.
35. Оборудование для получения вторичных метаболитов.
36. Моечные машины с мягким режимом.
37. Теплообменники
38. Классификация оборудования макаронных предприятий.
39. Оборудование, использующее тепловое действие токов промышленной частоты.
40. Оборудование хлебопекарных предприятий.
- 41.42. Оборудование для мойки растительного сырья.
43. Сушилki для макаронных изделий.
44. Классификация оборудования для проведения тепловых процессов.
45. Выполнение финишных операций.
47. Оборудование для мойки тары.
48. Выпарные аппараты.
49. Оборудование для очистки сырья от наружных покровов.
50. Санитарная обработка оборудования
51. Оборудование для дробления и измельчения пищевых материалов.
52. Оборудование сахарных заводов.
53. Оборудование для бродильных производств.
54. Финишные операции. Дискретное дозирование мелкими дозами
55. Автоклавы.
56. Классификация технологического оборудования по функционально-технологическому принципу.
58. Технологическое оборудование для проведения массообменных процессов.
59. Сушилki.
60. Экструдеры.

## Задания для выполнения контрольной работы для студентов заочной формы обучения

Для выполнения контрольной работы каждому студенту выдается вариант задания, который выбирается по двум последним цифрам номера зачетной книжки. Например, в номере зачетной книжки 0111276 последними цифрами являются 7 и 6. На пересечении строки (**i**) с цифрой **7** и столбца (**k**) с цифрой **6** стоит элемент соответствующий Вашему варианту – это 12 вариант

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
k										
0	5	9	20	1	3	18	11	8	10	2
1	4	6	19	2	14	17	10	7	9	1
2	3	8	18	1	22	16	9	6	8	3
3	21	7	17	9	2	15	8	5	7	7
4	1	6	16	8	1	14	7	23	6	9
5	3	5	15	7	24	13	25	22	5	21
6	23	4	14	16	20	12	15	<b>12</b>	4	7
7	19	13	13	15	17	10	4	20	25	6
8	23	12	12	4	16	9	3	11	2	25
9	7	1	11	3	5	10	2	8	1	4

### Теоретическая часть

#### Вариант №1

1. Технологическое оборудование для мойки растительного сырья.
2. Аппараты для перегонки и ректификации.

#### Вариант №2

1. Технологическое оборудование для механической переработки сырья и полуфабрикатов формованием.
2. Приборы для измерения плотности, вязкости жидкостей, влажности газов, твердых и сыпучих веществ.

#### Вариант №3

1. Технологическое оборудование кондитерского производства.
2. Оборудование для тепловой обработки жирового сырья

Вариант №4

1. Преобразователи и системы дистанционной передачи измерительной информации

2. Оборудование для проведения микробиологических процессов.

Вариант №5

1. Оборудование для отделения с/х продукции от посторонних примесей.

2. Основные способы создания поточных линий.

Вариант №6

1. Оборудование для сушки сырья и полуфабрикатов.

2. Оборудование для сортировки сырья.

Вариант №7

1. Характеристика ветвей ГСП.

2. Оборудование для выпечки и тепловой обработки пищевых продуктов.

Вариант №8

1. Технологическое оборудование для проведения теплообменных процессов.

2. Приборы для измерения параметров, характеризующих состав и свойства газов.

Вариант №9

1. Бланширователи и шпарители.

2. Технологическое оборудование для проведения микробиологических процессов.

Вариант №10

1. Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП)

2. Средства измерения температуры.

Вариант №11

1. Оборудование для охлаждения и замораживания продуктов.

2. Приборы для измерения давления.

Вариант №12

1. Оборудование для проведения массообменных процессов.

2. Моечные машины с жестким режимом ведения процесса.

Вариант №13

1. Классификация измерительных устройств.

2. Оборудование для получения солода.

Вариант №14

1. Технологическое оборудование кондитерского производства.

2. Разделение поточных линий на участки.

Вариант №15

1. Оборудование для проращивания зерна.

2. Оборудование для электрофизической обработки сырья и полуфабрикатов.

Вариант №16

1. Проектирование поточных линий.
2. Кондитерские печи.

Вариант №17

1. Оборудование для мойки тары.
2. Оборудование для стерилизации питательных сред.

Вариант №18

1. Рабочие органы и механизмы для резки.
2. Оборудование для механизации финишных операций.

Вариант №19

1. Оборудование для получения вторичных метаболитов.
2. Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП)

Вариант №20

1. Кондитерские печи.
2. Моечные машины с мягким режимом.

Вариант №21

1. Теплообменники
2. Классификация оборудования макаронных предприятий

Вариант №22

1. Оборудование, использующее тепловое действие токов промышленной частоты.
2. Оборудование хлебопекарных предприятий.

Вариант №23

1. Характеристика ветвей ГСП Оборудование для мойки растительного сырья.
2. Сушилki для макаронных изделий.

Вариант №24

1. Классификация оборудования для проведения тепловых процессов.
- 2.

Финишные операции. Дискретное дозирование мелкими дозами

Вариант №25

1. Выполнение финишных операций.
2. Технологическое оборудование для производства безалкогольных газированных напитков.

### Задачи

1. Определить частоту и скорость вращения валков вальцовой дробилки, если диаметр валков  $D = 0,25$  м, объемная масса измельчаемого проса  $\rho = 900$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициент трения его о валок  $f = 0,28$  и размер зерен  $d_H = 3,5$  мм.

2. Определить производительность центробежной резки и мощность электродвигателя к ней, если длина режущей кромки ножа  $L = 0,165$  м, средняя толщина стружки  $\zeta = 1$  мм, число ножей  $z = 24$ , скорость резания

$\omega_p = 8$  м/с, плотность свеклы  $\rho = 1050$  кг/м<sup>3</sup>, угловая скорость вращения ротора  $\omega = 12$  рад/с, удельное усилие прижатия свеклы к корпусу  $p_n = 30$  кПа, высота слоя свеклы в роторе  $h = 0,165$  м, внутренний радиус барабана  $r_g = 0,6$  м, коэффициент трения свеклы о ротор  $f = 0,25$ , радиус резания  $r_p = 0,55$  м,  $N_4 = 7$  кВт,  $N_5 = 0,3$  кВт, КПД привода  $\eta_{ПП} = 0,85$ ,  $K_2 = 0,9$ ,  $K_3 = 0,85$ .

3. Определить производительность вальцовой дробилки и мощность электродвигателя к ней, если диаметр валков  $D = 0,25$  м, их длина  $l = 1,0$  м, ширина зазора между валками  $b = 1$  мм, частота вращения валков  $n = 367$  об/мин, объемная масса измельченного материала  $\rho = 800$  кг/м<sup>3</sup>, начальный размер измельчаемых частиц  $d_H = 3,5$  мм и  $\psi = 0,6$ .

4. Определить производительность молотковой дробилки и потребляемую ею мощность, если диаметр ротора  $D = 0,6$  м; длина его  $b = 0,4$  м; объемная масса картофеля  $\rho = 0,8$  т/м<sup>3</sup> и окружная скорость вращения ротора  $\omega = 45$  м/с.

5. Определить скорость резания в центробежной резке для свеклы, если производительность резки  $G = 19$  кг/с, длина режущей кромки ножа  $l = 0,165$  м, средняя толщина стружки  $\delta = 1,2$  мм, число ножей

$z = 24$ , плотность свеклы  $\rho = 1060$  кг/м<sup>3</sup>, угловая скорость вращения  $\omega = 14$  рад/с,  $K_2 = 0,9$ .

6. Определить угловую скорость вращения ротора- свеклорезки, если мощность, необходимая для преодоления сил сопротивления резанию  $N_2 = 11$

кВт, скорость резания  $\omega_p = 6,26$  м/с, длина режущей кромки ножа  $l = 0,165$  м, число ножей  $z = 24$ , радиус резания  $r_p = 0,54$  и  $K_3 = 0,85$ .

7. Определить секундную производительность вальцовой дробилки для измельчения пшеницы, если предельная окружная скорость вращения валков  $\omega = 3,2$  м/с, диаметр валка  $D = 0,245$  м, объемная масса измельченного материала  $\rho = 890$  кг/м<sup>3</sup>, ширина зазора между валками  $b = 0,8$  мм, длинам валков  $l = 1$  м,  $\varphi = 0,5$ .

8. Определить мощность, потребляемую молотковой дробилкой, если окружная скорость вращения ротора  $\omega = 22$  м/с, его диаметр  $D = 0,35$  м и длина  $l = 0,4$  м.

9. Определить производительность терки для картофеля, если диаметр барабана  $D = 650$  мм, его ширина  $b = 200$  мм, частота вращения барабана  $n$

=1450 об/мин, количество пил  $K=240$ , высота выступающей части зуба пилы  $h=1,5$  мм, объемная масса измельченного картофеля  $\rho = 0,8$  т/м<sup>3</sup>.

10. Определить мощность на валу подвесной вертикальной центрифуги для разделения сахарного утфеля, если внутренний диаметр барабана  $D=1200$  мм, высота барабана  $H=500$  мм, частота его вращения  $n=960$  об мин, масса барабана  $m_б = 250$  кг, диаметр шейки вала  $d_{ш}=100$  мм, время разгона барабана  $t_p = 50$  с, плотность утфеля  $\rho=1490$  кг/м<sup>3</sup> и масса загруженного в барабан утфеля  $m_c = 400$  кг.

11. Определить частоту вращения, производительность и потребляемую буратом для муки мощность, если радиус его барабана  $R = 0,4$  м, угол наклона барабана к горизонту  $\alpha= 8^\circ$ , объемная масса сортируемой муки  $\rho = 760$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициент разрыхления муки  $\varepsilon = 0,7$ , высота слоя муки на сите  $h=50$  мм, масса барабана  $G_б=1000$  кг и масса муки  $G_m = 50$  кг.

12. Определить производительность вибрационного грохота с ситами размером 650X815 мм и отверстиями диаметром  $d = 4$  мм, если содержание выделяемой фракции в смеси  $a = 25\%$ , содержание в полученной фракции зерен диаметром меньше половины диаметра отверстия сита  $b = 5\%$ , амплитуда колебаний  $A = 0,005$  м и объемная масса смеси  $\rho = 750$  кг/м<sup>3</sup>.

13. Определить высоту слоя  $h$  ячменя на плоском качающемся грохоте шириной 0,4 м, если производительность его  $G = 20$  т/ч скорость перемещения материала по сити  $\omega= 0,15$  м/с ;объемная масса материала  $\rho=750$  кг/м<sup>3</sup> и коэффициент разрыхления, его  $\varepsilon=0,4$ .

14. Определить скорость перемещения материала по сити качающегося грохота, если угол наклона пружин  $\alpha= 18^\circ$  и эксцентриситет вала  $r =20$  мм.

15. Определить толщину слоя виноградной мезги в корзиночном прессе при относительной скорости выделения сока  $\omega_h = 0,6$  м<sup>3</sup>/т.

16. Определить диаметр матрицы нагнетающего шнекового формовочного пресса для дрожжей, если производительность его  $G = 0,14$  кг/с, скорость выхода массы  $\omega = 0,2$  м/с, плотность дрожжей  $\rho =1100$  кг/м<sup>3</sup> и доля живого сечения матрицы  $f=0,06$ .

17. Обеспечит ли производительность 50 т/ч плоский качающийся грохот шириной 0,4 м и высотой 0,3 м для перемещения сахара-песка объемной массой  $\rho = 1600$  кг/м<sup>3</sup> при коэффициенте наполнения  $\varphi = 0,5$  и скорости перемещения материала  $\omega = 0,15$  м/с?

18. Определить частоту вращения, производительность и потребляемую буратом для муки мощность, если радиус его барабана  $R = 0,4$  м, угол наклона барабана к горизонту  $\alpha= 8^\circ$ , объемная масса сортируемой муки  $\rho = 760$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициент разрыхления муки  $\varepsilon = 0,7$ , высота слоя муки на сите  $h=50$  мм, масса барабана  $G_б=1000$  кг и масса муки  $G_m= 50$  кг.

19. Определить предельный диаметр жировых шариков и количество сливок и отсепарированного молока, выделяемых в сепараторе производительностью  $V = 0,0014$  м<sup>3</sup>/с, если угловая скорость барабана  $\omega= 628$  рад/с, число тарелок  $z=110$ , угол наклона образующей тарелки  $\alpha = 45^\circ$ ,  $R_б = 140$  м,  $R_m$

= 47 мм, плотность молока  $\rho_c = 1024 \text{ кг/м}^3$ , плотность жировых шариков  $\rho_{ш} = 900 \text{ кг/м}^3$ , динамическая вязкость молока  $\mu_m = 0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$ , жирность молока  $Ж_m = 4,5\%$ , жирность сливок  $Ж_c = 35\%$ , жирность отсепарированного молока  $Ж_o = 0,03\%$  и КПД сепаратора  $\beta = 0,6$ .

20. Определить мощность электродвигателя для сепаратора-сливкоотделителя, выделяющего из молока сливки объемом  $V_c = 0,0002 \text{ м}^3/\text{с}$ , отсепарированное молоко объемом  $V_o = 0,0012 \text{ м}^3/\text{с}$ , если угловая скорость барабана  $\omega = 628 \text{ рад/с}$  ( $n = 6000 \text{ об/мин}$ ), наружный радиус барабана  $R = 210 \text{ мм}$ , высота цилиндрической части барабана  $H_b = 230 \text{ мм}$ , угол наклона образующей конуса его  $\alpha = 53^\circ$ , масса барабана с тарелками и жидкостью  $m = 200 \text{ кг}$ , диаметр шейки вала  $d_m = 50 \text{ мм}$ , наружный радиус напорного диска  $d_n = 50 \text{ мм}$ , внутренний радиуса кольца жидкости  $r_b = 35 \text{ мм}$ , давление обезжиренного молока на выходе  $p_o = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$  и давление на выходе сливок  $p_c = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , коэффициент трения обезжиренного молока о напорный диск  $K_o = 1,43$  и сливок  $K_c = 1,34$ , КПД напорных дисков  $\eta_d = 0,5$ ,  $\eta_n$  КПД передачи  $\eta_n = 0,9$ , коэффициент трения в подшипниках  $f_n = 0,025$ .

21. Определить производительность центрифуги НОГШ по водной крахмальной суспензии, если диаметр сливного цилиндра  $D = 360 \text{ мм}$ , длина сливного цилиндра  $L = 600 \text{ мм}$ , частота вращения барабана  $n = 1800 \text{ об/мин}$ , плотность частиц влажного крахмала  $\rho_c = 1275 \text{ кг/м}^3$ , объемная доля твердых частиц в суспензии  $\varphi = 0,14$ , эквивалентный диаметр выделяемых частиц  $d_c = 10 \text{ мкм}$

22. Определить скорость центробежного осаждения дрожжевых клеток размером  $d_{ж} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ м}$  из водной суспензии при  $20^\circ\text{C}$  в барабане сепаратора, вращающемся с  $n = 5000 \text{ об/мин}$ , если плотность частиц  $\rho_c = 1040 \text{ кг/м}^3$  радиус вращения  $R = 140 \text{ мм}$ .

23. Определить производительность тарельчатого сепаратора, разделяющего молоко при  $40^\circ\text{C}$ , если диаметр жировых шариков  $d_{ш} = 2 \text{ мкм}$ , угловая скорость вращения барабана  $\omega = 600 \text{ рад/с}$ , число тарелок  $z = 100$ , угол наклона тарелки  $\alpha = 50^\circ$ ,  $R_o = 140 \text{ мм}$ ,  $R_m = 47 \text{ мм}$  и  $\beta = 0,6$ .

24. Определить толщину слоя виноградной мезги в корзиночном прессе при относительной скорости выделения сока  $\omega_h = 0,6 \text{ м}^3/\text{т}$ .

25. Определить диаметр матрицы нагнетающего шнекового формовочного пресса для дрожжей, если производительность его  $G = 0,14 \text{ кг/с}$ , скорость выхода массы  $\omega = 0,2 \text{ м/с}$ , плотность дрожжей  $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$  и доля живого сечения матрицы  $f = 0,06$ .

### **Требования, предъявляемые к контрольным работам**

1. Содержание работы должно быть результатом глубокого изучения студентами литературы к данной теме, которую студенты подбирают самостоятельно.

2. Обязательно указывается план работы, в котором обозначаются основные темы работы.

3. Отдельно указывается список использованной литературы с указанием выходных данных: автора статьи или книги, название работы, издательство /название журнала/, год издания, количество страниц.

4. Работа должна быть правильно и грамотно оформлена. Сокращение не допускается. Приводимые в тексте цитаты из различных источников, а также статистические данные должны иметь соответствующие ссылки с указанием автора книги /статьи/, страницы и года.

5. На титульном листе работы указывают название факультета, фамилию и инициалы студента, название темы, номер контрольной работы и шифр, а также домашний адрес студента.

6. Качество работы студента оценивается как по тексту работы, так, и по способности студента доказать в индивидуальной беседе с преподавателем глубину знаний по изучаемой теме.

Студент выбирает тему контрольной работы в соответствии с двумя последними цифрами номера своей зачетной книжки.

## Тесты для проверки остаточных знаний

**1. Щековые дробилки. Каким путем происходит измельчение материала?**

1. Путем раздавливания и излома кусков
2. Путем раздавливания и раскалывания
3. Дробящим молотком.
4. Гирационной дробилкой.

**2. Дезинтеграторы и дисмембраторы. За счет чего происходит измельчение материала?**

1. Дисковой теркой
2. За счет мелющих вальцов.
3. За счет дробящих молотков.
4. За счет ударов вращающихся пальцев

**3. Для чего применяют дисковые мельницы?**

1. Для мелкого и тонкого дробления
2. Среднего мелкого и тонкого дробления
3. Тонкого измельчения
4. Для грубого помола.

**4. Для чего используют куттер?**

1. Для резания овощей
2. Для измельчения ягод и отделения сока
3. Для измельчения мяса
4. Для нарезания пластов и жгутов.

**5. Для измельчения зерн, семян, промежуточных продуктов на мукомольных, крупяных, спиртовых предприятиях используют:**

1. Гомогенизаторы.
2. Ситовые машины
3. Триеры.
4. Вальцовые станки.

**6. Для разделения сырья и мясопродуктов под действием центробежной силы используют:**

1. Сепараторы, центрифуги
2. Дробилки
3. Прессы.
4. Гидроциклоны.

**7. Для очистки зерна от примесей, отличающихся от него геометрическими размерами, для сортирования продуктов измельчения и шелушения используют:**

1. Обоечные машины.
2. Вальцедековый станок
3. Зерноочистительные сепараторы

**8. Разделение неоднородных жидких смесей на фракции, различающиеся по плотности, в поле гравитационных сил называется:**

1. Центрифугирование
2. Фильтрация.
3. Осаждение
4. Отстаивание.

**9. Для чего применяются гидравлические пак-прессы периодического действия?**

1. Для отжатия жома
2. Для прессования сахара рафинада
3. Для переработки плодов и овощей
4. Для фильтрования.

**10. Какие машины используются для таблетирования в пищевой промышленности?**

1. прессы
2. Вибросмесители.
3. Ротационные машины

**11. В схеме очистки растительного масла для дополнительного отжима используется:**

1. Центрифуга НОГШ-325
2. Дисковый фильтр
3. Лопастные центрифуги.
4. Мембранный фильтр

**12. Кожухотрубные подогреватели используются для:**

1. Выпаривания.
2. Подогрева.
3. Для изменения температуры вязких и жидких пищевых продуктов.
4. Стерилизации

**13. Как называется вид классификации, которая заключается в рассеиве сыпучих материалов на ситах, на решетках?**

1. Гидравлическая
2. Механическая
3. Воздушная сепарация
4. Ситовый анализ

**14. Как называются рассеивающие устройства для проведения механической классификации?**

1. Колосники
2. Решета
3. Грохоты
4. Триеры

**15. С помощью чего грохоты приводятся в движение?**

1. Кривошипного механизма
2. Вала
3. Конвейера
4. Привода

**16. В какой среде осуществляется гидравлическая классификация?**

1. В потоке воды
2. В потоке воздуха
3. В сепараторе
4. В варочном котле

**17. Какие машины используются для воздушной сепарации?**

1. Качающийся грохот
2. Барабанный сепаратор
3. Циклонные аппараты
4. Ситовые машины

**18. Линии, перерабатывающие исходный продукт: мясо, птицу, молоко, рыбу, масличные культуры, сахарную свеклу, ягоды плоды, овощи, картофель это:**

1. Линии вторичной переработки.
2. Линии первичной переработки сырья.
3. Комбинированные линии переработки.
4. Вспомогательные линии.

**19. Для перемещения жидкости с низшего уровня на высший используют:**

1. Насосы.
2. Отстойники.
3. Центрифуги.
4. Гидроциклоны.

**20. Для откачивания молока из вакуумированных емкостей и перекачивания вязких молочных продуктов используются:**

1. Шланговый насос.
2. Шестеренный насос.
3. Мембранный насос.
4. Центробежный насос.

**21. Гомогенизаторы используются для:**

1. Обеспечения однородного состояния жидкой продукции в течение определенного времени.

2. Для вымешивания сырья до нужной консистенции.
3. Для приготовления эмульсий и растворов.
4. Для псевдооживления

**22. Процесс сушки при отрицательных температурах, когда вода в продукте находится в виде льда осуществляется в:**

1. Сублимационных сушилках.
2. В сушилках с «кипящим (псевдооживленным) слоем»
3. В барабанных сушилках.
4. В выпарных аппаратах.

**23. Для смешивания пара с водой, циркулирующей между конвекционным баком и секцией пастеризации установки применяют:**

1. Пастеризатор.
2. Стерилизатор.

3. Конденсатор.

4. Инжектор.

**24. Трубчатые и пластинчатые охладители, скороморозильные воздушные, морозильные плиточные аппараты и криогенные морозильные агрегаты служат для:**

1. Хранения продукции.

2. Холодильной обработки продукции.

3. Кратковременного хранения продукции.

4. Замораживания.

**25. Измерение количества вещества путем определения его массы или объема либо пересчетом одинаковых штучных изделий называется:**

1. Дозирование.

2. Взвешивание.

3. Упаковка.

4. Калибровка.

## Список использованной литературы:

1. Бредихин С.А. Технологическое оборудование мясокомбинатов./ Бредихин С.А., О.В. Бердыхина, Ю.В.Космодемьянский, Л.Л. Никифоров. – М.: Колос, 2000.- 392 с.
2. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. Автоматизация Технологических процессов/И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник. – М.: Колос. 2003.- 344 с.
3. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов./ И.Ф. Бородин, А.А. Рысс. – М.: Колос, 1996 – 351 с.
4. Карлина Е.Б. Автоматизация технологических процессов пищевых производств./ под ред.– М.: Агропромиздат., 1985. – 536 с.
5. Канивец, И. А. Оборудование хлебопекарных предприятий : учебное пособие / И. А. Канивец. - Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2022. - 352 с. - ISBN 978-985-895-025-5. - Текст: эл – URL: <https://www.iprbookshop.ru/125412.html> (дата обращения: 30.10.2022). - Режим доступа: для авторизир. пользователей
6. Курочкин А.А., Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства/А.А. Курочкин, В.В.Лященко.– М.: Колос, 2001.– 440 с.
7. Никрошкина, С. В. Food processing equipment. Оборудование для пищевой промышленности: учебное пособие / С. В. Никрошкина. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2022. - 116 с. – ISBN 978-5-7782-4647-8. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/126479.html> (дата обращения: 07.02.2023). - Режим доступа: для авторизир. Пользователей Глобин, А. Н. Монтаж и эксплуатация технологического оборудования для переработки продукции животноводства: учебное пособие / А. Н. Глобин, А. И.
8. Рудик, Ф. Я. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий: учебник / Ф. Я. Рудик, В. Н. Буйлов, Н. В. Юдаев. - Санкт-Петербург: Гиорд, Ай Пи Эр Медиа, 2008. - 294 с. - ISBN 978-5-98879-064-8. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/744.html> (дата обращения: 23.01.2023). - Режим доступа: для авторизир. пользователей
9. Скиба, В. Ю. Механическое оборудование пищевых производств. Измельчительное и перемешивающее оборудование: учебное пособие / В. Ю. Скиба, Т. Г. Мартынова, Н. В. Вахрушев. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2021. – 96 с. – ISBN 978-5-7782-4522-8. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/126571.html> (дата обращения: 07.02.2023). - Режим доступа: для авторизир. пользователей
10. Удовкин. – Саратов: Вузовское образование, 2017. - 257 с. - ISBN 978-5-906172- 15-0. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная

система IPR BOOKS : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/61089.html> (дата обращения: 10.01.2022).

– Режим доступа: для авторизир. пользователей. – DOI: <https://doi.org/10.23682/61089>

Удовкин, А. И. Монтаж технологического оборудования для переработки продукции растениеводства: учебное пособие / А. И. Удовкин, А. Н. Глобин. - Саратов: Вузовское образование, 2017. - 203 с. - ISBN 978-5-906172-16-7. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL:

11. Мерчалов С. В. <https://www.iprbookshop.ru/61090.html> – Режим доступа: для авторизир. пользователей. DOI: <https://doi.org/10.23682/61090> Конспект лекции для изучения дисциплины «Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства». Раздел 1. Технологическое оборудование для обработки и переработки молока. Тема «Основы разделения молока на фракции и конструкции сепараторов-сливкоотделителей»: для студентов агроинженерного факультета очной формы обучения для направления подготовки: 35.03.06 (110800.62) Агроинженерия профиль подготовки бакалавра: «Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» / - Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. - 46 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/72830.html> – Режим доступа: для авторизир. пользователей

МАМБЕТОВА Рита Адамовна

## **ОБОРУДОВАНИЕ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ**

Учебное пособие для бакалавров, обучающихся  
по направлению подготовки 35.03.07 «Технология производства и  
переработки сельскохозяйственной продукции»

Корректор Чагова О.Х.  
Редактор Чагова О.Х.

Сделано в набор 29.08.2024 г.  
Формат 60\*84/16  
Бумага офсетная.  
Печать офсетная.  
Усл. печ. л.10,9  
Заказ № 4960  
Тираж 100 экз.

Оригинал макет подготовлен  
В Библиотечно-издательском центре СКГА  
369000, г. Черкесск, ул. Ставропольская, 36

