

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 22.03.2022 16:11:22

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова

« 1 » 03



Технологическое оборудование молочного и мясного производства
Методические указания по выполнению практических работ

Курск 2022

УДК 620.2

Составитель Э.А. Пьяникова

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *А.Е. Ковалева*

Технологическое оборудование молочного и мясного производства
: методические указания по выполнению практических работ / Юго-
Зап. гос. ун-т; сост. Э.А. Пьяникова. Курск, 2022. 56 с.: Библиогр.: с.56.

Приводится перечень практических работ, цель их выполнения,
краткие теоретические сведения, задания, рекомендуемая литература.

Предназначены для студентов направления подготовки 19.03.03
«Продукты питания животного происхождения».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16,
Усл.печ.л. 3,3. Уч.- изд. л. 3,0. Тираж 50 экз. Заказ *1042* Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет,
305040 Курск, ул.50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

Оборудование для доставки, хранения и количественной приемки молока	4
Трубопроводы и насосы	13
Исследование работы оросительного охладителя	18
Оборудование для гомогенизации и эмульгирования	23
Сепараторы и центрифуги	27
Изучение устройства и принципа действия комплекса оборудования для измельчения мясного сырья	36
Расчет оборудования для измельчения мяса. Расчет оборудования для тонкого измельчения мяса и мясорезательные машины	44
Оборудование для окончательного измельчения мяса. Изучение работы куттера	51
Список рекомендательной литературы	56

РАБОТА №1

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОСТАВКИ, ХРАНЕНИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ПРИЕМКИ МОЛОКА

Цель работы: изучить транспортные средства и оборудование для перевозки сырья и готовой продукции, произвести производственные расчеты, ознакомиться с устройством весов и счетчиков, определить погрешности показаний.

Материальное обеспечение: наглядные пособия, плакаты, методические расчеты.

Краткие теоретические сведения

Для доставки молока и молочных продуктов применяют специализированный железнодорожный и водный транспорт, автофургоны, авторефрижераторы, автомобили с изометрическими кузовами, вагоны-ледники, горные молокопроводы, контейнеры, фляги и т. д. Основным транспортом для перевозки молока являются автомолцистерны.

Для перемещения грузов на предприятии используют цеховой и межцеховой транспорт.

Автоцистерны. Автомобильные цистерны типа АЦПТ на различных шасси предназначены для перевозки молока с ферм и приемных пунктов на предприятие молочной промышленности.

Секции цистерн (одно-, двух- и трех- секционных) изготавливают из пищевого алюминия с термоизоляцией. Вакуум создается в рабочей емкости секции коллектором двигателя автомобиля или насосом, установленным на месте сбора молока. Опорожняют самотеком или насосом.

Автоцистерна АЦПТ-3,3 состоит из 2-х рабочих секций эллиптической формы вместимостью 1650 литров. Секции снабжены люками, герметически закрывающимися термоизолированными крышками и клапанами для выпуска, обшита досками и заключена в защитный кожух сварной конструкцией из тонколистовой стали. Для термоизоляции применяют также заливочный пенопласт ФРП-1. Управление сменными клапанами – нижнее, ручное, осуществляемое с помощью рычагов. Каждый клапан имеет молокопровод, выведенный сбоку цистерны и заканчивающийся молочной арматурой для присоединения к заборному рукаву или молокопроводу.

Цистерна крепится на шасси автомобиля четырьмя металлическими поясами со стяжными болтами. С обеих сторон машины расположены площадки для обслуживания цистерны. Заборный рукав и инструмент хранятся в закрытых ящиках. Запасное колесо, помещённое на кронштейне, находится между кабиной водителя и цистерной. Цистерны наполняют молоком под вакуумом, который создаётся в секциях всасывающим коллектором двигателя автомобиля. Наполнение цистерны молоком до заданного уровня контролируется электрической системой сигнализации. Ограничители уровня наполнения в виде контактных пластин расположены в горловинах секций. По достижении заданного уровня молоко замыкает контакт ограничителя уровня наполнения. Одновременно замыкается и электроцепь промежуточного реле, которое своими контактами включает на панели управления сигнальную лампу соответствующей секции (световая сигнализация). Включается также и сигнал автомобиля (звуковая сигнализация), блокируется прерыватель зажигания двигателя, который автоматически отключается, в результате питание подаётся на реле электромагнита. Реле втягивает в себя сердечник, освобождая привод клапана от фиксации. В результате давления пружины и столба молока клапан перекрывает магистраль подачи молока.

Транспортные цистерны с молоком (сливками), поступающие на молочный завод, разгружаются в ёмкости хранения.

Для кратковременного хранения молока используют баки и ванны без теплоизоляции, а для длительного хранения – вертикальные и горизонтальные резервуары, а также баки и ванны, снабжённые теплоизоляцией. Изготавливают: главным образом из нержавеющей стали (8% никеля, 18% хрома), алюминия, чёрной луженой стали, пластичных масс.

Оборудование, предназначенное для хранения молока при температуре 4-6°С, представляет собой сварной алюминиевый вертикально или горизонтально расположенный цилиндрический сосуд с двумя сферическими днищами. Наружная поверхность термоизолирована древесноволокнистой плитой и защищена стальным кожухом толщиной 1,5 мм. В резервуарах имеется люк с крышкой на шарнире, над которой укреплен привод мешалки. Он состоит из электродвигателя и цилиндрического редуктора, соединенного с валом мешалки. Резервуар снабжен смотровым окном, трубой для

наполнения, термометром в оправе, лабораторным краном, сливным краном.

Шнековая мешалка интенсивно перемешивает молоко, обеспечивая в течение 10-12 минут равномерное распределение жира по всему объему. Вал мешалки снабжен сальниковым уплотнением, предотвращающим вытекание молока.

Охлажденное молоко через верхний патрубок поступает в резервуар. Сливают молоко через кран в нижней части резервуара.

Количество молока в резервуаре определяют по уровнемеру поплавкового типа, сблокированному с сигнализатором максимального уровня.

Экономичность оборудования для доставки и хранения молока можно оценивать по следующим соотношениям:

$$f = F/V, \quad (1.1)$$

$$p = P/V, \quad (1.2)$$

где f - поверхность, приходящаяся на единицу объема, $\text{м}^2/\text{м}^3$;

F - поверхность оборудования, м^2 ;

V - объем оборудования, м^3 ;

p - масса материала, из которого изготовлено оборудование, приходящаяся на единицу объема, $\text{кг}/\text{м}^3$;

P - масса материала, из которого изготовлено оборудование, кг.

Чем меньше f , тем меньше изменение температуры продукта, чем меньше p , тем меньше материалоемкость оборудования.

При расчете оборудования для доставки и хранения определяют изменение температуры продукта, а также продолжительность опорожнения и наполнения.

Изменение температуры. В общем случае изменение температуры продукта при доставке и хранении определяют по формуле:

$$G_m \cdot c(t_2 - t_1) = kF\Delta tZ, \quad (1.3)$$

где G_m - количество продукта, кг;

c - удельная теплоемкость продукта (Дж/кг 0С);

t_2 - конечная температура продукта, 0С;

t_1 - начальная температура продукта, 0С;

k - коэффициент теплопередачи, Вт/м² 0С;

Δt - разность температур, 0 С;

Z - продолжительность нахождения продукта в резервуаре, с.

В большинстве случаев среднюю разность температур Δt определяют как среднеарифметическую, т. к. обычно, $t_2 - t_1 = 1 - 3$ 0С.

При этих условиях конечную температуру готового продукта t_2 определяют по формуле:

$$t_2 = \frac{2kFZ(t_c - t_1) + 2G_m \cdot c t_1}{2G_m \cdot c + kFZ}, \quad (1.4)$$

где t_c - температура окружающей среды, °С;

$k_{\text{цистерны}} = 1-2 \text{ Вт/м}^2\text{оС}$

Продолжительность опорожнения и наполнения.

При опорожнении сжатым воздухом продолжительность опорожнения Z (с) определяют по формуле:

$$Z = \frac{V_n}{\mu f_{в.п} \cdot \sqrt{2gh}}, \quad (1.5)$$

где V_n - объём продукта, м³;

μ - коэффициент истечения ($\mu \approx 0,6-0,9$);

$f_{в.п}$ - площадь сечения выходного патрубка, м²;

g - ускорение силы тяжести ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$);

H - разность давлений внутри резервуара и вне его, м.

При опорожнении сжатым воздухом высотой столба жидкости пренебрегают. При опорожнении самотёком продолжительность истечения жидкости Z определяют по формулам:

Из вертикальных резервуаров и баков

$$Z = \frac{2V}{\mu f_{в.п} \cdot \sqrt{2gh}}, \quad (1.6)$$

Из горизонтальных резервуаров и баков

$$Z = \frac{2V}{\mu f_{в.п} \cdot \sqrt{2gh}}, \quad (1.7)$$

где h - первоначальная высота столба жидкости, м;

r - радиус резервуара, м.

При опорожнении оборудования для доставки и хранения молока посредством насоса продолжительность истечения Z зависит от его производительности.

Продолжительность наполнения Z при использовании вакуума определяют по формуле:

$$Z = \frac{V_n}{\mu f_{в.п} \cdot \sqrt{2g \cdot (B - h_{в} - h_0 - h_{\sigma})}}, \quad (1.8)$$

где B - атмосферное давление, м вод. ст.;

$h_{в}$ - высота установки герметического резервуара, м;

h_{σ} - средний уровень молока в открытом баке, м;

h_0 - остаточное давление в герметическом резервуаре, м вод.ст.

Если патрубок для выпуска молока расположен под резервуаром, $h_{в}$ в процессе наполнения изменяется, поэтому в расчетах

следует принимать $h_{в.ср.}$. Так как уровень молока в баке также изменяется от максимального до минимального, то в формулу 8 подставляют среднее значение его $h_б$.

Чтобы определить минимально необходимый объем оборудования для хранения молока, пользуются графическим методом расчета. Строят график, на котором по оси ординат откладывают разность между количеством поступившего продукта с начала наполнения и расходом его с момента переработки. На оси абсцисс откладывают время, в течение которого принимают молоко. На этот же график наносят горизонтальную линию, характеризующую полную емкость баков, ванн и резервуаров, предназначенных для хранения. (рисунок 1.1)

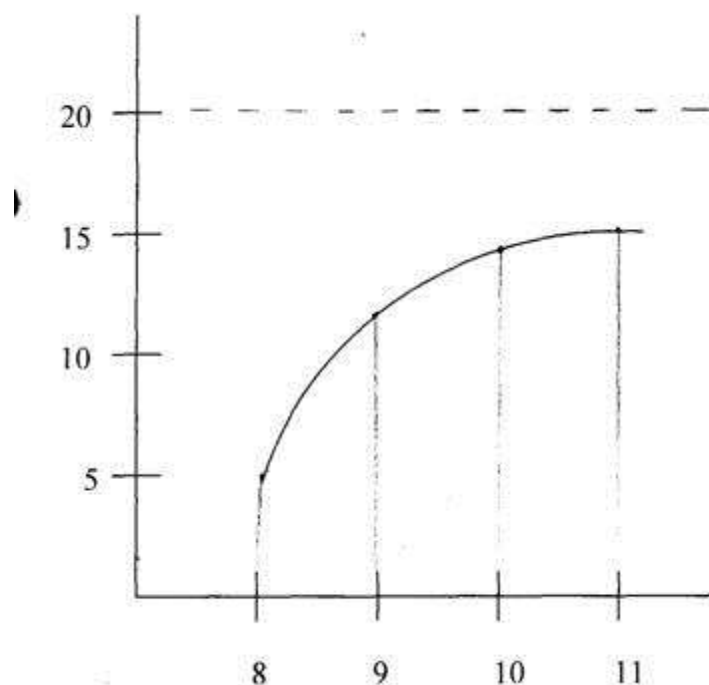


Рисунок 1.1. - Графический метод расчета

1. Определение продолжительности опорожнения баков, цистерн и резервуаров.

Определяют продолжительность опорожнения различных емкостей и коэффициенты истечения продукта при разных способах отвода его. Для проведения работы собирают установку по схеме.

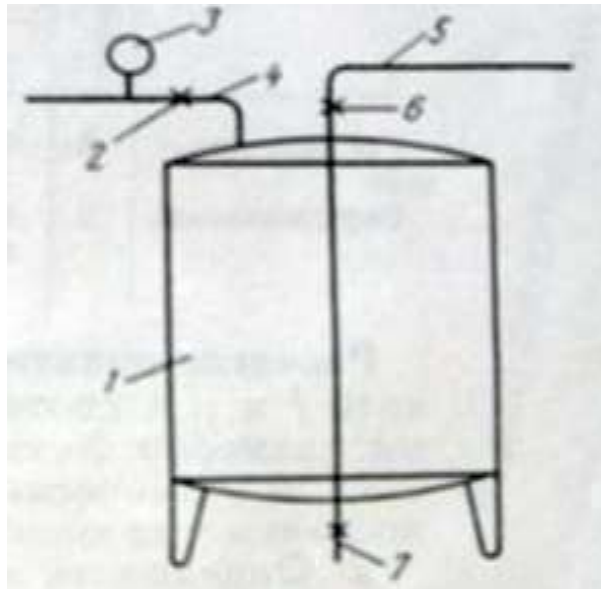


Рисунок 1.2 - Схема установки для определения продолжительности опорожнения резервуаров:

1- резервуар; 2 – вентиль; 3 - манометр; 4 - патрубок для подачи в резервуар сжатого воздуха; 5 - патрубок для наполнения резервуара продуктом; 6 - кран; 7 - патрубок для выхода молока.

Предварительно определяют объем резервуара расчетным путем по геометрическим размерам или непосредственно измеряют объем, применяя для этого различные мерные сосуды. Затем определяют все необходимые геометрические показатели.

Определив необходимые геометрические показатели, наполняют резервуар водой и секундомером устанавливают продолжительность опорожнения. Время истечения жидкости начинают отсчитывать с момента открытия крана на патрубке выхода молока, а заканчивают по истечении всей жидкости из резервуара.

Результаты замеров записывают в таблицу следующей формы

Таблица 1.1 - Продолжительность опорожнения резервуаров

Резервуар	Объем резервуара, м ³	Способ опорожнения	Определяющие размеры резервуара, м	Диаметр патрубка для выхода молока, мм	Давление сжатого воздуха, вод.ст.	Продолжительность опорожнения резервуара, с	Коэффициент истечения μ
Горизонтальный	3	Самотеком	Радиус 0,5	50	-	750	0,85
Вертикальный	2	Сжатым воздухом	-	35	10	160	0,8

Для взвешивания молока или молочных продуктов вместе с тарой применяют товарные, рычажные и циферблатные весы, а для взвешивания готовых продуктов вместе с тарой – весы специального назначения, например, весы для взвешивания сливочного масла.

Для определения массы молока без тары применяют рычажные и циферблатные весы с подвижными резервуарами (люльками).

Цена наименьшего деления шкалы, по которой отсчитывают $m_{пр}$, составляет 0,1% от m_{ax} грузоподъемности весов.

Допустимая погрешность не должна превышать $\pm 0,1\%$ от их грузоподъемности. Масса взвешиваемого на весах продукта не должна быть больше 100% и меньше 5% максимальной грузоподъемности весов.

Пропускную способность или производительность весов M (кг/ч) определяют:

$$M = \frac{60 \cdot G}{Z_{ц}}, \quad (1.9)$$

где G – грузоподъемность весов (кг);

$Z_{ц}$ – продолжительность цикла (мин).

Продолжительность цикла ($Z_{ц}$) складывается из продолжительности наполнения весов молоком, собственно взвешивания, в течение которого производят отсчет, и опорожнения весов.

Для определения количества молока в потоке применяют различные расходомеры (поршневые с кольцевым и дисковым поршнем, электромагнитные, турбинные, шестеренчатые и ультразвуковые), преимущественно с кольцевым поршнем и овальными шестернями. Допустимая точность счетчиков составляет $\pm 0,5\%$ от количества пропущенного через него молока.

Пропускную способность счетчиков или количество жидкости, проходящее через них M (кг/с), определяют по уравнению расхода:

$$M = V f \rho_{ж}, \quad (1.10)$$

где V - скорость движения жидкости, м/с;

f - сечение проходного канала счетчика, м²;

$\rho_{ж}$ - плотность жидкости кг/м³.

В поршневых и шестеренчатых счетчиках измерение количества проходящей через них жидкости основано на суммировании определенных объемов этой жидкости, отсекаемых поршнями и шестеренками.

Количество отсекаемых объемов зависит от частоты вращения поршня или шестерни, а частота вращения – от количества жидкости, проходящей через трубопроводы и счетчик.

Для обеспечения точности измерения количества молока счетчиками необходимо исключить резкие колебания напора, температуры, расхода измеряемой жидкости, подсос воздуха и пропускание вспененного молока.

Перед счетчиком и после него не рекомендуется устанавливать насосы, т. к. при прекращении работы насоса в систему нагнетается воздух, вследствие чего, искажаются показания счетчика. Перед счетчиком после насоса целесообразно устанавливать промежуточный бачок. Во избежание образования воздушной воронки в промежуточной бачке, уровень жидкости в нем должен быть не менее 25см.

При выполнении лабораторной работы знакомятся с устройством различных весов и счетчиков, а также вычисляют основные условия точной работы и устанавливают причины искажений показаний счетчика.

При проведении лабораторной работы сначала составляют кинематическую схему весов для молока с указанием основных их элементов и кратко поясняют принцип действия изучаемых весов. Затем определяют продолжительность одного цикла взвешивания:

$$Z_{\text{ц}} = Z_{\text{н. в}} + Z_{\text{взв.}} + Z_{\text{оп. в.}} = 190 + 80 + 130 = 400\text{с} = 0,11 \text{ час}$$

Таблица 1.2 - Техническая характеристика весов

Показатели	СМИ - 250	СМИ – 500
Предел взвешивания, кг	12,5 – 250	25 - 500
Цена наименьшего деления циферблата, час	250	500
Габариты, мм		
длина	1740	1740
ширина	1235	1235
высота	1775	1775
Масса, кг	312	331

В лабораторных условиях погрешность весов T можно проверить по разности между показаниями весов и массой контрольных гирь по формуле:

$$T = \frac{P_{\text{г}} - P_{\text{д}}}{P_{\text{д}}} \cdot 100\%, \quad (1.11)$$

где $P_{\text{г}}$ - масса груза, показываемая весами, кг;

P_d - действительная масса груза, кг.

Точность показаний счетчика T (в %) определяют:

$$T = \frac{M_c}{m_3} \cdot 100\%, \quad (1.12)$$

где M_c - количество жидкости, прошедшей через счетчик, m^3 ;

m_3 - количество жидкости, прошедшей через счетчик, по результатам замеров тарированными сосудами, m^3 .

Расчетно-практические задания

Задача 1. Определить f и p в соответствии с непосредственными замерами размеров фляг, баков, ванн, цистерн. Сравнить технико-экономические показатели оборудования для доставки и хранения молока.

Задача 2. Определить конечную температуру молока, транспортируемого в течение 4 ч. В цистерне вместимостью 2000 л. Поверхность цистерны $10m^2$. Начальная температура молока $8^\circ C$, температура воздуха $25^\circ C$. Коэффициент теплопередачи $k = \frac{1,7^{Вт}}{(m^2 \cdot c)}$

Задача 3. Установить графически соответствие между вместимостью резервуаров, имеющих на заводе и количеством поступающего молока.

Вместимость резервуаров $15 m^3$. Молоко поступает в течение 3 ч. В 1ч принимают 7 т молока. Переработку его начинают через 1,5 часа после начала приемки, в каждый час перерабатывают 6 т.

Задача 4. На маслодельный завод в течение 3-х часов равномерно поступает 3т молока и 0,5т сливок в час. Определить, можно ли указанное количество продукта взвесить в течение 3-х часов на 2-х весах грузоподъемностью 250кг (под весами установлены баки для приемки молока и сливок).

Задача 5. Определить абсолютную ошибку счетчика, выраженную в метрах, установленную между аппаратным цехом и цехом разлива, если счетчик работал в течение 5 часов, из них – 3 часа пропускал по 5000 литров молока в течение часа и 2 часа – по 6500 литров. Ошибка счетчика однозначна – 0,3%.

Задача 6. Определить требуемую грузоподъемность весов, если на завод в течение часа поступает 250 тонн молока. Для всех весов продолжительность цикла одного взвешивания составляет в среднем 4 минуты.

Вопросы для самоконтроля

1. Каким транспортом доставляют молоко и молочные продукты на предприятия?
2. Что вы знаете об автомолцистернах АЦПТ?
3. Как заполняют автоцистерны молоком?
4. В каких резервуарах хранят молоко до переработки?
5. Как устроены танки для приёмки молока?
6. Какие основные формулы применяют для расчета оборудования для доставки и хранения молока?
7. Какие приборы и оборудование используют для определения количества молока.
8. Как устроены молокомеры?
9. По какой формуле рассчитывают пропускную способность весов?
10. Что вы знаете об устройстве стационарных весов?
11. Как устроены счетчики-расходомеры?

РАБОТА №2 ТРУБОПРОВОДЫ И НАСОСЫ

Цель работы: Определение гидравлических сопротивлений в коммуникации трубопровода.

Краткие теоретические сведения

На молочных заводах коммуникации трубопроводов, по которым молоко и другие молочные продукты поступают из одного аппарата или резервуара в другой, достигают длины, измеряемой десятками и сотнями метров.

При этом трубопроводы подбирают и монтируют так, чтобы по возможности обеспечить минимальное сопротивление движению жидкости и исключить отрицательное влияние трубопроводов на качество продукта. В случае неправильного монтажа трубопроводов в углах коммуникаций может скапливать воздух, вследствие чего молоко вспенивается и изменяется дисперсность продукта. На дисперсность и качество продукта отрицательно влияет чрезмерное повышение скорости движения жидкости по трубопроводам.

Трубопроводы, применяемые в молочной промышленности, изготавливают из нержавеющей стали, алюминия, стекла, пластмасс. Диаметр металлических трубопроводов 25; 35; 50; 76 мм, толщина стенок 1-2 мм, а стеклянных соответственно 15-59 и 5-9 мм.

Расчеты:

При подборе трубопроводов необходимо определить диаметр (d) трубопроводов, потери напора и давление, создаваемое вакуум-компрессионной системой.

Диаметр трубопровода: (мм)

$$d = \sqrt{\frac{4M}{\pi V 3600}}, \quad (2.1)$$

где V - скорость движения жидкости, м/с

M - количество жидкости, м³/с

$v_m = 0,5 - 1,5 \text{ м/с};$

$v_{\text{сп.сзущ.м.,смет.}} = 0,3 - 0,5 \text{ м/с};$

$v_{\text{об.м.,пасты,сывор.}} = 1 - 2 \text{ м/с}$

Потери напора, или гидравлическое сопротивление движению жидкости H_c (м) в трубопроводах:

$$H_c = \frac{v^2}{2g} - \left(\varepsilon_{\text{спр}} - \frac{l}{d} + \sum \varepsilon_{\text{мс}} + 1 \right), \quad (2.2)$$

где l - длина трубопровода, м;

g - ускорение силы тяжести;

$\varepsilon_{\text{спр}}$ - коэффициент сопротивления трения;

$\varepsilon_{\text{мс}}$ - коэффициент местных сопротивлений.

Коэффициент сопротивления трения зависит от режима движения жидкости.

При турбулентном режиме: $Re > 2320$

$$\varepsilon_{\text{спр}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}, \quad (2.3)$$

где Re - критерий Рейнольдса

При ламинарном режиме: $Re < 1200-1600$

$$\varepsilon_{\text{спр}} = \frac{64}{Re}, \quad (2.4)$$

Скорость движения жидкости по трубопроводам v (м/с) определяют по уравнению расхода.

$$v = \frac{M}{f_{\text{тр}}} = \frac{4M}{\pi d^2}, \quad (2.5)$$

где $f_{\text{тр}}$ - площадь сечения трубопровода

Критерий Рейнольдса вычисляют по формуле

$$Re = \frac{vd}{\nu} (2.6)$$

где ν - кинематическая вязкость продукта, m^2/c

Коэффициент местных сопротивлений ϵ_{mc} зависит от вида сопротивления.

При отводах, устанавливаемых на коммуникациях трубопроводов, ϵ_{mc} равен

$$\epsilon_{mc} = [0,131 + 0,16 - (d/R)^{3,5}] - \frac{a}{90} \quad (2.7)$$

где d – диаметр трубы, м;

R – радиус закругления, м.

Необходимое избыточное давление P_H (Па) для подъема жидкости привакуум-компрессионной системе подаче:

$$P_H = (H_B + H_C)\rho_{ж}g \quad (2.8)$$

где H_B - высота подъема жидкости, м

H_C - гидравлическое сопротивление движению жидкости в трубопроводе, м.

H_C определяют по формуле (2.2). При этом скорость движения жидкости в трубопроводе определяют по формуле

$$V = \sqrt{\frac{2(P_H - H_B \cdot \rho_{ж} \cdot g)}{H_C \cdot \rho_{ж}}}, \quad (2.9)$$

Вакуум, необходимый для подъема жидкости на заданную высоту, в (Па) определяют по формуле:

$$P_b = 10\rho_b g - P_o = 10\rho_b g - H_{в\rho_{ж}}g + H_{с\rho_{ж}}g, \quad (2.10)$$

где P_o - остаточное давление в резервуаре, Па

Насосы.

В молочной промышленности применяют плунжерные, центробежные, роторные, шестеренные, диафрагменные, винтовые, шланговые насосы. Наибольшее распространение получили центробежные насосы.

Известны центробежные насосы для перекачивания высоковязких и пластичных продуктов (сливок, сметаны, сгущенного молока). Принцип действия всех центробежных насосов одинаков.

Основными показателями являются: высота подачи жидкости и потребляемая мощность.

Высота подачи жидкости от уровня всасываемой жидкости до наивысшей точки подъема ее, называемая полным напором H (м), зависит от расположения оси вращения (горизонтально или вертикально) рабочего колеса центробежного насоса.

Для горизонтального насоса:

$$H = \frac{P_d - P_s}{\rho_{ж}g} + \frac{V_d^2 - V_s^2}{2g}, \quad (2.11)$$

Для вертикального насоса:

$$H = H_s + \frac{P_d}{\rho_{ж}g} + \frac{V_d^2}{2g}, \quad (2.12)$$

где P_d - гидростатическое давление продукта, измеряемое у выходного патрубка, Па

P_s - гидростатическое давление, измеряемое у входного патрубка, Па

H_s - расстояние от уровня жидкости до оси нагнетательного патрубка, м;

V_d - скорость движения жидкости в нагнетательном патрубке, м/с

V_s - скорость движения жидкости во всасывающем патрубке, м/с.

Высоту подачи жидкости, или полный напор H , создаваемый рабочим колесом насоса, чаще всего определяют по формуле:

$$H = \frac{V_0^2}{g} = \frac{\pi^2 n^2 D^2}{g}, \quad (2.13)$$

где V_0 - окружная скорость рабочего колеса насоса, м/с

n - частота вращения рабочего колеса, 1/с

D - диаметр рабочего колеса

Мощность, потребляемую центробежными насосами, N (кВт) определяют по формуле:

$$N = \frac{MN\rho_{ж}}{10^{2n}}, \quad (2.14)$$

где M - производительность насоса, м²/с

n - коэффициент полезного действия центробежного насоса $n=0,2-0,4$.

Взаимосвязь между частотой вращения рабочего колеса, производительностью, напором и мощностью, потребляемой насосом, выражают следующими уравнениями:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{M_1}{M_2}, \frac{n_1^2}{n_2^2} = \frac{H_1}{H_2}, \frac{n_1^3}{n_2^3} = \frac{N_1}{N_2}, \quad (2.15)$$

где n_1 и n_2 - соответственно паспортная и измененная частота вращения рабочего колеса насоса;

H_1, M_1, N_1 - соответственно напор, производительность и потребляемая мощность при паспортном числе оборотов;

H_2, M_2, N_2 - соответственно напор, производительность и потребляемая мощность при измененном числе оборотов.

Важным показателем, позволяющим сравнивать геометрически подобные центробежные насосы, является так называемый коэффициент быстроходности n_6

$$n_6 = \frac{13140n\sqrt{M}}{\sqrt[4]{H^3}}, \quad (2.16)$$

где n – частота вращения рабочего колеса насоса, 1/с

Если давление в камере насоса равно упругости паров жидкости при данной температуре, то наблюдается кавитация, в результате которой резко снижается производительность и к.п.д. насоса, возникают гидравлические удары, разрушающие колесо и корпус насоса.

Поэтому для центробежных насосов, работающих на всасывание, определяют коэффициент кавитации σ

$$\sigma = 0,00123 \frac{(3600n^2M)^{2/3}}{m}, \quad (2.17)$$

Высота всасывания зависит от температуры продукта и практически ее можно принять в следующих пределах (таблица 2.1).

Таблица 2.1 - Высота всасывания и температуры продукта

Температура продукта, °С	10	20	30	40	50	60	65
Высота всасывания, м	6	5	4	3	2	1	0

Задание

Задание 1. При подборе трубопроводов определить диаметр трубопроводов, потери напора и давление, создаваемое вакуум-компрессионной системой для подачи молока, сгущенного молока и сметаны.

Задание 2. Определить основные показатели насосов, которыми являются: высота подачи жидкости и потребляемая мощность.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое трубопровод?

2. Какие трубопроводы применяются в молочной промышленности?
3. От чего зависят местные сопротивления в трубопроводах?
4. Что такое насос?
5. Какие насосы получили наибольшее распространение в молочной промышленности?
6. Как определяется подачи жидкости в насосе?
7. Что такое кавитация?

РАБОТА №3

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОРОСИТЕЛЬНОГО ОХЛАДИТЕЛЯ

Цель работы: изучить устройство и принцип работы оросительного охладителя.

Краткие теоретические сведения и основные расчеты

Для охлаждения молока и жидких молочных продуктов чаще всего применяют пластинчатые и трубчатые закрытые охладители. Вместе с тем для охлаждения молока и особенно сливок на практике до сих пор применяют оросительные охладители. При замораживании сливок для длительного резервирования их предварительное охлаждение целесообразно осуществлять также на оросительных охладителях.

В них в качестве хладоносителей используют воду, ледяную воду, рассол, аммиак и т. п.

Оросительные охладители классифицируют по количеству секций и форме трубок.

Известны односекционные и многосекционные (пакетного или книжечного типа) охладители.

В односекционных охладителях трубки чаще всего круглого профиля, поэтому их называют круглотрубчатыми, а в многосекционных охладителях, как правило, фасонного профиля.

Кроме того, все охладители разделяют на одно и двухступенчатые.

В одноступенчатых охладителях применяется только один хладагент (чаще всего вода, ледяная вода, рассол), а в двухступенчатых – на первой ступени продукт охлаждается за счёт воды, на второй за счёт рассола или аммиака.

Эффективность работы оросительных охладителей в значительной степени предопределяется гидравлическими закономерностями движения охлаждаемой и охлаждающей жидкостей. Охлаждающая жидкость движется по трубкам и с увеличением скорости эффект теплообмена между ней и трубками возрастает. Режим движения охлаждающей жидкости должен быть турбулентным. Охлаждаемая жидкость стекает тонким слоем и во избежание разбрызгивания её, допустим только ламинарный режим течения.

Основные расчёты:

Режим течения охлаждаемой и охлаждающей жидкости определяют по критерию Рейнольдса (Re):

Для круглотрубчатых охладителей:

Для охладителей другого сечения и для плёночного течения жидкости:

$$Re = \frac{9d}{v}, \quad (3.1)$$

где $d_{\text{экв}}$ – эквивалентный диаметр, м

S – смоченный периметр, м

v – кинематическая вязкость жидкости, $\text{м}^2/\text{с}$

Для трубок фасонного профиля. Когда жидкость течет внутри них, смоченный периметр измеряют непосредственно.

Для этого по контуру трубки накладывают полоски бумаги, затем измеряют длину бумажной полоски, облегающей трубку.

Когда же жидкость стекает тонкой плёнкой, смоченный периметр выражают в виде суммарной ширины орошаемой поверхности охладителя. (Жидкость на оросительных охладителях течёт с двух сторон, поэтому суммарный периметр равен удвоенной длине трубок охладителя).

Скорость движения жидкостей:

$$v = \frac{M}{f_{\text{тр}}} = \frac{4M}{\pi d^2}, \quad (3.2)$$

где $f_{\text{тр}}$ – площадь сечения трубопровода.

При этом площадь сечения потока в фасонных трубках измеряют, а площадь сечения плёнки охлаждаемой жидкости, находят по формуле:

$$F_n = 2b\delta, \quad (3.3)$$

где b – ширина орошаемой поверхности охладителя, м;

δ – толщина плёнки, м

Толщину плёнки определить расчётным путём крайне затруднительно, т.к. имеющиеся формулы не учитывают диаметра или профиля трубок охладителя.

Достаточно точно толщину плёнки можно определить непосредственным замером, применяя для этого электроконтактные измерители или индикаторы.

Охладители работают эффективно, если толщина и распределение плёнки равномерны по всему охладителю, поэтому для обеспечения лучшей смачиваемости поверхность охлаждения должна быть тщательно обезжирена.

Зависимость эффективности работы охладителя от гидравлических факторов предопределяется тем, что коэффициент теплоотдачи от стенки к охлаждающей жидкости λ_2 является функцией критериев Re и Pr

$$\lambda_2 = \frac{0,0214\lambda}{d_{\text{экв}}} Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_{\text{ст}}} \right), \quad (3.4)$$

где Pr - критерий Прандтля для средней температуры жидкости;

$Pr_{\text{ст}}$ - критерий Прандтля для температуры пограничного слоя (в приближённых расчётах можно принять $Pr = Pr_{\text{ст}}$);

λ - коэффициент теплопроводности жидкости Вт/м °С

С увеличением критерия Re коэффициент теплоотдачи от стенки к охлаждающей жидкости α_1 возрастает.

Коэффициент теплоотдачи от охлаждаемой жидкости к стенке α_1 , зависит от толщины плёнки:

$$\alpha_1 = \frac{1,9\lambda}{\delta}, \quad (3.5)$$

где λ - коэффициент теплопроводности охлаждаемого продукта, Вт/м °С

Гидравлические сопротивления течению жидкости внутри трубок определяют:

$$H_c = \frac{v^2}{2g} \left(\xi_{\text{тр}} \frac{1}{d} + \sum \xi_{\text{тс}} + 1 \right), \quad (34)$$

Чтобы воспользоваться этой формулой для расчёта охладителей с фасонными трубками, предварительно определяют эквивалентный диаметр трубок $d_{\text{экв}}$ (м)

$$d_{\text{экв}} = \frac{4f}{s}, \quad (3.6)$$

где f – живое сечение потока в трубке, м².

Производительность охладителя ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$M = \frac{kF\Delta t_{\text{ср}}}{C_n(t_n - t_k)\rho_n}, \quad (3.7)$$

где $\Delta t_{\text{ср}}$ - средняя разность температур, $^{\circ}\text{C}$;

C_n - удельная теплоёмкость продукта, $\text{Дж}/\text{кг}^{\circ}\text{C}$;

F - поверхность охлаждения, м^2 ;

K - поверхность охлаждения, м^2 ;

t_n - начальная температура продукта, $^{\circ}\text{C}$;

t_k - конечная температура продукта, $^{\circ}\text{C}$;

ρ_n - плотность продукта $\text{кг}/\text{м}^3$.

Без учёта потерь тепловой баланс охладителя имеет вид:

$$M^{C_n}(t_n - t_k)\rho_n = M_0 C_0(t_{0.к} - t_{0.н})\rho_0, \quad (3.8)$$

где M_0 - расход охлаждающей жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$;

C_0 - удельная теплоёмкость охлаждающей жидкости, $\text{Дж}/\text{кг}^{\circ}\text{C}$;

ρ_0 - плотность охлаждающей жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$t_{0.н}$ - начальная температура охлаждающей жидкости, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{0.к}$ - конечная температура охлаждающей жидкости, $^{\circ}\text{C}$;

Из уравнения можно определить отношение количества охлаждающей жидкости к количеству охлаждаемой:

$$n = \frac{M_0}{M} = \frac{C_n(t_n - t_k)\rho_n}{C_0(t_{0.н} - t_{0.к})\rho_0}, \quad (3.9)$$

Производительность можно регулировать, изменяя уровень жидкости в приёмном желобе. Количество жидкости, которое может поступить из приёмного желоба на охлаждающую поверхность охладителя $M_{\text{п.ж}}$ ($\text{м}^3/\text{с}$) определяют по формуле:

$$M_{\text{п.ж}} = m \frac{\pi d^2}{4} \varphi \sqrt{2gh}, \quad (3.10)$$

где m - количество отверстий в приёмном желобе;

d - диаметр отверстий, м ;

φ - коэффициент истечения;

H - высота столба жидкости в приёмном желобе, м .

При правильно установленном режиме работы оросительных охладителей $M = M_{\text{п.ж}}$;

Если $M > M_{\text{п.ж}}$, охладитель работает недогрузкой

Если $M < M_{\text{п.ж}}$, охладитель работает перегрузкой, температура охлаждения молока выше требуемой.

Расчётно-практические задания

Задача 1. Определить гидравлические сопротивления при движении охлаждающей воды в кругло-трубчатом плоском оросительном охладителе. Число труб 20, $d = 35$ мм, длина труб 1,5 м. На охладителе в течение часа охлаждаются 1500 л молока. Начальная температура 70°C , конечная 30°C . Начальная температура воды - 10°C , конечная 45°C .

Задача 2. Определить коэффициент теплопередачи оросительного охладителя, техническая характеристика которого следующая: поверхность охлаждения $2,53 \text{ м}^2$, диаметр трубок = 35 мм; $t_1 = 85^{\circ}\text{C}$, $t_2 = 13^{\circ}\text{C}$. Производительность 500 л/час.

Задача 3. Установить, сколько должно быть отверстий $d = 2$ мм на приёмном желобе круглотрубчатого оросительного охладителя. Если производительность охладил/час, начальная температура воды 1°C , конечная температура охлаждающей воды 37°C , начальная температура молока 85°C , конечная температура молока 25°C , площадь $4,2 \text{ м}^2$, $k = 1744,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$. Уровень молока в приёмном желобе 15 см.

Вопросы для самоконтроля

1. Какое оборудование применяется для охлаждения молока?
2. Как классифицируются оросительные охладители?
3. По какой формуле определяется гидравлическое сопротивление?
4. Как можно регулировать производительность в оросительном охладителе?

РАБОТА №4 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГОМОГЕНИЗАЦИИ И ЭМУЛЬГИРОВАНИЯ

Цель работы: установить зависимость эффективности гомогенизации от давления и температуры. Ознакомится с основными расчётами.

Краткие теоретические сведения и основные расчеты

Гомогенизаторы применяют при производстве цельного пастеризованного и стерилизованного молока, стерилизованного сгущенного молока, кисломолочных напитков, при выработке некоторых натуральных и плавленых сыров, а также мороженого.

Эмульгаторы – при производстве продуктов из восстановленного молока и масла.

Гомогенизаторы.

Эффективность, или степень гомогенизации зависит от давления и температуры молока. Её можно установить в результате сравнения дисперсности продукта до и после гомогенизации по среднему диаметру жировых шариков молока: чем меньше средний диаметр жировых шариков, тем выше эффективность гомогенизации.

Для режимов принятых в промышленности ($t= 60-65\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P= 13-20\text{ МПа}$), средний диаметр жировых шариков d_{cp} после гомогенизации (в мкм) определяют по формуле

$$d_{cp} = \frac{3,8}{\sqrt{p}}, \quad (4.1)$$

где p - давление гомогенизации, МПа.

Эффективность гомогенизации определяют и по так называемым интегральным кривым распределения жировых шариков. В этом случае распределение жировых шариков устанавливают визуально по средствам микроскопа.

Подсчитав 600-1000 жировых шариков и установив их размер строят кривые распределения жировых шариков по размерам при разных давлениях гомогенизации.

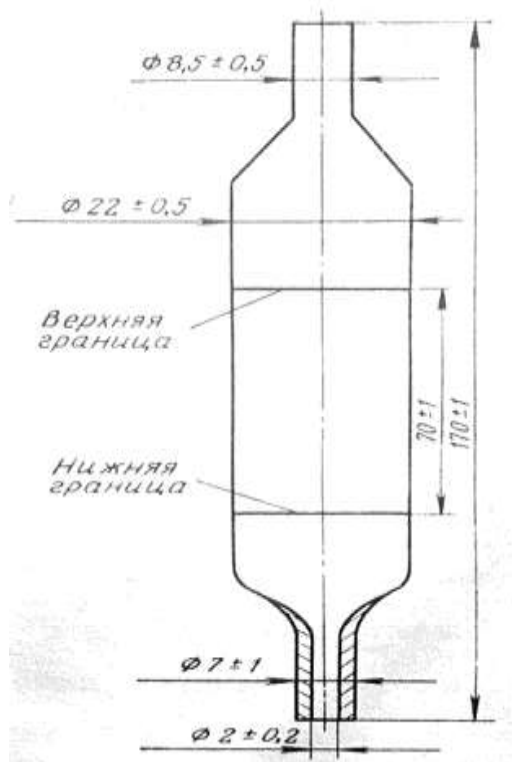


Рисунок 4.1 - Пипетка для определения степени гомогенизации жидких молочных продуктов

Оценка эффективности гомогенизации по интегральным кривым распределения жировых шариков и по среднему диаметру жировых шариков очень трудоёмка. На практике применяют менее точный, но простой метод оценки гомогенизации. Сущность его заключается в сравнении степени отстоя жира в гомогенизированном и исходном молоке.

Специальную пипетку разработанную ВНИМИ, заполняют через нижний капиллярный конец гомогенизированным молоком.

Затем верхний конец её закрывают пальцем, а нижний - резиновой пробкой. Заполненные молоком пипетки вставляют симметрично в патроны приводных обогреваемых центрифуг пробками к периферии и в течении 30 мин проводят центрифугирование при температуре 38-40 °С и частоте вращения центрифуги 20 1/с. По окончании центрифугирования пипетки ставят вертикально пробкой вниз и сливают молоко до тех пор, пока уровень его не достигнет нижней границы пипетки. В молоке, отобранном из пипетки, определяют содержание жира методом Гербера.

Эффективность или степень гомогенизации $\Gamma_{\text{эф}}$ (%) вычисляют по формуле

$$\Gamma_{\text{эф}} = \frac{Ж_{\text{п}}}{Ж_{\text{и}}}, \quad (4.2)$$

где $Ж_{\text{п}}$ - содержание жира в образце молока, отобранного из пипетки, %

$Ж_{\text{и}}$ – содержание жира в исходном молоке, %.

Чем выше P тем больше степень гомогенизации.

С уменьшением давления снижается степень гомогенизации, а с повышением его возрастают энергозатраты.

При прохождении через гомогенизирующую щель вследствие преобразования механической энергии в тепловую молоко или какой либо другой продукт нагревается.

Повышение температуры продукта $\Delta t(^{\circ}\text{C})$ можно определить по формуле

$$\Delta t = \frac{P}{\rho c}, \quad (4.3)$$

где P - давление гомогенизации, Па;

ρ – плотность продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$;

c - удельная теплоёмкость продукта, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Производительность гомогенизатора предопределяется производительностью насоса, который нагнетает молоко в гомогенизирующую головку. Гомогенизаторы оснащены в основном плунжерными насосами, производительность которых M вычисляют по формуле

$$M = 60 f l n z \eta \quad (4.4)$$

где f - площадь сечения плунжера м^2 ;

l - длина хода плунжера; м

n - число оборотов коленчатого вала насоса в минуту;

z - число плунжеров;

η - объемный к.п.д. насоса ($\eta = 0,8-0,9$).

Эмульсоры. В эмульсорах жир эмульсируется в результате того что смесь жира и молока выбрасывается под действием центробежной силы с большой скоростью через узкие отверстия или щели.

Определяющими показателями работы эмульсоров является давление кольца жидкости (смеси), скорость истечения и производительность эмульсора.

От давления кольца жидкости, находящиеся в эмульсоре, зависит давление, или напор, с которым жидкость выбрасывается через отверстия.

Давление кольца жидкости p (в Па) определяют по формуле

$$p = 2\pi^2 n^2 \rho (R^2 - r^2), \quad (4.5)$$

где n - частота вращения ротора эмульсора, 1/с;

ρ – плотность эмульгируемой жидкости, кг/м³;

R - внешний радиус слоя вращающейся жидкости, или внутренний радиус камеры эмульсора, м;

r - внутренний радиус слоя вращающейся жидкости, м.

Теоретическую скорость истечения жидкости v (в м/с) из отверстий определяют из уравнения

$$v = \varphi \sqrt{2g \frac{2p}{\rho g}} = \varphi \sqrt{\frac{2p}{\rho}} \quad (4.6)$$

где p - давление, при котором происходит истечения жидкости, Па

φ - коэффициент истечения ($\varphi = 0,8$).

Результирующая скорость движение жидкости $v_{рез}$ в момент срыва её с кольца представляет собой сумму двух скоростей – скорости истечения и окружной скорости вращения ротора. Вычисляют её следующим образом

$$v_{рез} = \sqrt{v_{окр}^2 + v_{иск}^2} \quad (4.7)$$

где $v_{окр}$ – окружная скорость жидкости на периферии ротора эмульсора, м/с;

$v_{иск}$ - скорость истечения жидкости, м/с.

В свою очередь

$$v_{окр} = \pi D n, \quad (4.8)$$

где D - диаметр ротора эмульсора, м;

n – частота вращения ротора эмульсора, 1/с.

Теоретическую производительность эмульсора (м³/с) можно определить из уравнения расхода

$$M = f_{ист} m, \quad (4.9)$$

где m - количество отверстий на кольце;

f - площадь сечения отверстий, м²;

$v_{ист}$ – скорость истечения жидкости, м/с.

Исходя из формулы (4.9), можно определить необходимое число отверстий m в роторе или кольце эмульсора.

$$m = \frac{4M}{v_{ист} \pi d_0^2} \quad (4.10)$$

где d_0 - диаметр отверстия, м (обычно $d_0 \sim 0,001$ м).

Изучение работы гомогенизатора.

Устанавливают зависимость эффективности гомогенизации от давления, повышения температуры продукта после прохождения через гомогенизатор и сравнивают теоретическую производительность с действительной.

Действительную производительность гомогенизатора устанавливают, измеряя количество продукта, выходящего из гомогенизатора в единицу времени. Результаты лабораторной работы оформляют в виде таблицы.

Расчетно-практические задания

Задача 1. Определить ожидаемый диаметр жировых шариков после гомогенизации и повышение температуры молока при давлении гомогенизации 18 МПа и температуре 65°C.

Задача 2. Определить степень гомогенизации молока, если в слое молока, отобранного из пипетки, содержалось 3,5% жира, а в исходном – 3,7%.

Задача 3. Определить производительность эмульсора ВНИМИ. Рабочая частота вращения большого кольца составляет 2800 об/мин, диаметр его 255 мм, толщина слоя жидкости 5мм, на кольце имеется 25 отверстий, диаметром 1мм.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое процесс гомогенизации?
2. Для какой цели применяют гомогенизаторы в молочной промышленности?
3. От чего зависит эффективность гомогенизации?
4. Как определяют степень гомогенизации?
5. Где применяются эмульгаторы?
6. Как рассчитать теоретическую производительность эмульсора?

РАБОТА №5 СЕПАРАТОРЫ И ЦЕНТРИФУГИ

Цель работы: Изучить процесс разделения жидкостей, сделать основные расчеты.

Материалы: схемы сепараторов, основные расчеты.

Краткая характеристика и основные расчеты

Применяемые в молочной промышленности сепараторы разделяют следующим образом:

- сливкоотделители (концентраторы);
- очистители (кларификаторы);
- нормализаторы (стандартизаторы);
- гомогенизаторы (кларификаторы);
- бактофуги — для механической пастеризации молока;
- сепараторы — для выделения белкового сгустка.

В молочной промышленности наиболее широкое применение получили сливкоотделители, очистители и нормализаторы.

По виду барабана различают открытые, полузакрытые (полугерметические) и закрытые (герметические) сепараторы.

По способу выгрузки осадка сепараторы подразделяют на сепараторы с ручной и центробежной выгрузкой осадка. Сепараторы с центробежной выгрузкой осадка названы саморазгружающимися. В свою очередь, саморазгружающиеся сепараторы разделяют на сепараторы с непрерывной (Сепараторы с непрерывной выгрузкой осадка часто называют сопловыми) и с пульсирующей выгрузкой осадка. К саморазгружающимся сепараторам с непрерывной выгрузкой осадка относятся бактофуги и сепараторы для выделения белкового сгустка, а к саморазгружающимся сепараторам с пульсирующей выгрузкой осадка — сливкоотделители и молокоочистители.

Сепарирование, или разделение жидкостей, осуществляется под действием центробежной силы, возникающей в результате вращения барабана сепаратора. Скорость перемещения частиц $V_{ст}$ (в м/с) в процессе сепарирования подчиняется закону Стокса, который можно выразить следующим образом

$$v_{ст} = \frac{2\pi}{9} n^2 R d^2 \frac{\rho_1 - \rho_2}{\mu} \quad (5.1)$$

где n - частота вращения барабана сепаратора, 1/с;

R - текущий радиус, на котором находится рассматриваемый жировой шарик, м;

d - диаметр жирового шарика, м;

ρ_1 - плотность плазмы молока, кг/м³;

ρ_2 - плотность жирового шарика, кг/м³;

μ - вязкость плазмы молока, Па · с.

Скорость всплывания жировых шариков необходимо сопоставить со скоростью движения жидкости в межтарелочном

пространстве. Среднюю скорость потока $V_{п}$ (в м/с) в межтарелочном пространстве определяют по формуле

$$v_{n=\frac{M}{2\pi R_T h z}} \quad (5.2)$$

где M - производительность сепаратора, м³/с;

R_T - радиус сечения тарелки, на котором определяют скорость потока, м;

h - расстояние между тарелками по нормали, м;

z - число тарелок.

Движение жировых шариков в межтарелочном пространстве состоит из двух стадий: на первой — жировые шарики проникают через толщу плазмы, а на второй — продвигаются по верхней поверхности тарелок к центру барабана.

В соответствии с существующими теориями сепарирования производительность сепаратора определяют для первой и второй стадий движения.

Для первой стадии движения производительность M определяют по формулам:

$$M = \frac{4,598\beta z n^2 (\rho_1 - \rho_2) (R_6^3 - R_M^3) d_1^2 \operatorname{tg} \alpha}{10^6 \mu} \quad (5.3)$$

или

$$M = 4,8\beta n^2 z \operatorname{tg} \alpha (R_6^3 - R_M^3) d_1^2 \quad (5.4)$$

где β — коэффициент полезного действия ($\beta = 0,5 - 0,7$);

n -частота вращения барабана, 1/с;

α -угол наклона образующей тарелки ($\alpha = 45 - 46^\circ$);

R_6 -максимальный радиус конической части тарелок;

R_M - радиус тарелок до центра молочных отверстий;

d_1 -диаметр расчетного жирового шарика;

ρ_1 - плотность плазмы молока;

ρ_2 - плотность жирового шарика;

μ — вязкость плазмы;

t - температура сепарирования, °С

Экспериментально установлена зависимость:

$$t = \frac{\rho_1 - \rho_2}{0,29\mu} \quad (5.5)$$

Для второй стадии движения жировых шариков производительность сепаратора M (в м³/с) определяют по формуле автора

$$M = 5,55 n^2 d^2 R_6^2 h^2 z \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{10^6 \mu} \cos \alpha \quad (5.6)$$

В формуле (5.3) производительность выражена в м³/с, в формуле (5.4) — в л/ч.

В связи с этим в формуле (5.3) R_б, R_м, d₁ даны в м, а в формуле (5.4) — в см; ρ₁ и ρ₂ —соответственно в кг/м³ и в г/см³; μ—в Па*с и в г/см*с. В формуле (5.6) ρ выражено в г/см³, μ —в г/см*с.

По формулам (можно определить расчетные предельные диаметры жировых шариков. Для первой стадии движения под расчетным предельным диаметром жирового шарика следует понимать минимальный размер жирового шарика, который при поступлении молока в межтарелочное пространство находится в наихудших условиях и, несмотря на это, может достигнуть наружной поверхности нижележащей тарелки.

Для первой стадии движения расчетный предельный диаметр жирового шарика d₁ (в м) определяют по формуле

$$d_1 = \sqrt{\frac{M\mu \cdot 10^6}{4,598\beta z n^2 (\rho_1 - \rho_2) (R_0^3 - R_M^3) d_1^2 \operatorname{tg} \alpha}} \quad (5.7)$$

Для второй стадии движения под расчетным предельным диаметром жирового шарика понимают размер такого шарика, который при данных условиях сепарирования может совершать движение по поверхности тарелки.

Для второй стадии движения расчетный предельный диаметр жирового шарика d₂ (в м) определяют следующим образом:

$$d_2 = \sqrt{\frac{M\mu \cdot 10^6}{5,55 n^2 d^2 R_0^2 h^2 z \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{10^6 \mu} \cos \alpha}} \quad (5.7)$$

Исходя из равенства d₁=d₂, определяют оптимальное расстояние между тарелками сепаратора h_{опт} (в м)

$$h_{\text{опт}} = \sqrt[4]{\frac{0,1493 \cdot 10^6 \beta \mu M (R_0^3 - R_M^3) \sin \alpha}{n^2 R_0^2 z (\rho_1 - \rho_2) \cos^3 \alpha}} \quad (5.8)$$

Для характеристики работы сепаратора, особенно с целью сравнения их по разделяющей способности, пользуются так называемым разделяющим фактором F:

$$F = \frac{z(R_0^3 - R_M^3) \pi N \omega^2}{4,6 M \lg \frac{R_0}{R_M}} \quad (5.9)$$

где N — высота тарелки, м;

ω — угловая скорость вращения барабана, рад/с.

Для сравнительной оценки сепараторов автором предложен следующий критериальный комплекс:

$$S = \frac{v^2 \nu}{gm} \quad (5.10)$$

где v - окружная скорость вращения барабана, м/с;

ν - кинематическая вязкость жидкости, м²/с.

m - количество жидкости, протекающей в одном межтарелочном пространстве, м³/с.

Из формул (5.7) — (5.10) можно сделать следующие выводы о качестве обезжиривания молока на сепараторах.

Качество разделения молока определяется размерами жировых шариков, которые переходят в обезжиренное молоко. Чем мельче жировые шарики, оставшиеся в обезжиренном молоке, тем лучше разделение.

Расчетные предельные размеры жировых шариков зависят от рабочих скоростей вращения барабана, расстояния между тарелками, производительности сепаратора, температуры молока, размеров и числа тарелок. С уменьшением производительности уменьшается расчетный предельный диаметр жирового шарика и улучшается обезжиривание молока.

Качество обезжиривания молока в значительной степени повышается при увеличении рабочих скоростей вращения барабана, а также размеров тарелок и числа их. Значительно улучшается сепарирование с повышением температуры, что обусловлено уменьшением вязкости молока.

Для сепаратора каждого типа существуют оптимальные расстояния между тарелками. С увеличением или уменьшением их ухудшается обезжиривание.

Производительность сепаратора взаимосвязана с расчетным предельным размером жирового шарика. При уменьшении или увеличении последнего соответственно уменьшается или увеличивается производительность сепаратора.

Важным показателем, характеризующим техническое совершенство сепаратора, является равномерность высоты шипиков на всех тарелках. Для определения высоты шипиков их замеряют на каждой тарелке и строят кривую распределения высоты шипиков в пакете тарелок барабана (рис.5. 1).

5.1. -
 ВЫСОТЫ

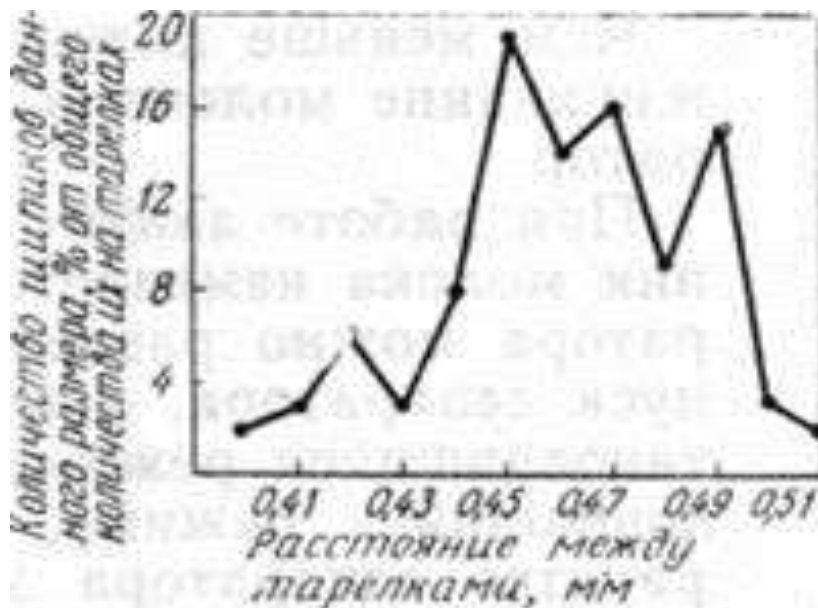


Рисунок
 График
 распределения
 шипиков на

тарелках сепаратора СПМФ-2000

Равномерность высоты шипиков в пакете тарелок барабана того или иного сепаратора характеризуется отношением

$$\Pi = \frac{h_{\max}}{h_{\min}} \quad (5.11)$$

где Π - показатель равномерности высоты шипиков;

h_{\max} - максимальная высота шипика, мм;

h_{\min} - минимальная высота шипика, мм.

Чем больше показатель равномерности высоты шипиков, тем менее совершенен барабан сепаратора.

Эффективность работы сепаратора характеризуется содержанием жира в обезжиренном молоке. Однако этот показатель позволяет оценить работу сепаратора односторонне, так как он в значительной мере зависит от размеров жировых шариков в молоке. Если в молоке много мелких жировых шариков, то при прочих равных условиях такое молоко обезжиривается на сепараторе хуже, чем молоко, в котором много крупных шариков и мало мелких.

По содержанию жира в обезжиренном молоке можно судить об эффективности работы различных сепараторов при сепарировании молока одной партии и при одинаковых технологических режимах. Для сравнения эффективности работы сепараторов при разделении молока различных партий определяют так называемый индекс сепарирования ИС

$$И_c = \frac{f_0}{f_n} \quad (5.12)$$

где f_0 - содержание жира в обезжиренном молоке, полученном при сепарировании цельного молока;

f_1 - содержание жира в обезжиренном молоке, полученном при повторном сепарировании.

Чем меньше индекс сепарирования, тем лучше обезжиривание молока и, следовательно, совершеннее сепаратор.

При работе любого сепаратора качество обезжиривания молока изменяется во времени.

Цикл работы сепаратора можно разделить на три периода: первый — пуск сепаратора, наполнение барабана молоком (неустановившийся режим), второй — рабочий период (установившийся режим), третий период — грязевое пространство сепаратора забивается сепараторной слизью, вследствие чего качество обезжиривания резко ухудшается.

При эксплуатации сепараторов с ручной выгрузкой осадка цикл безостановочной работы его необходимо ограничивать только двумя периодами. В зависимости от качества молока продолжительность первого и второго периодов, т. е. длительность безостановочной работы сепаратора, может быть различной. Чем чище молоко, тем меньше из него выделяется сепараторной слизи, тем продолжительнее может работать сепаратор безостановочно, и наоборот.

Начало третьего периода следует устанавливать в каждом конкретном случае экспериментально. Для этого отбирают пробы обезжиренного молока через каждые 3—5 мин работы сепаратора. О начале третьего периода свидетельствует резкое повышение содержания жира в обезжиренном молоке.

При сепарировании молока часто приходится регулировать содержание жира в сливках. Для этого открытые сепараторы снабжают регулировочными винтами, устанавливаемыми на выходе сливок или на выходе обезжиренного молока. Известно несколько конструкций регулировочных винтов, но принцип действия их одинаков. Этими винтами можно увеличивать и уменьшать количество продуктов сепарирования. При увеличении количества выходящих сливок жирность их снижается. В случае установки регулировочного винта на выходе обезжиренного молока с увеличением или уменьшением его количества соответственно увеличивается или уменьшается содержание жира в сливках. В полугерметических и герметических сепараторах жирность сливок регулируют специальными кранами, установленными на выходе сливок и обезжиренного молока.

Взаимосвязь между количеством сливок и их жирностью при сепарировании молока характеризуется следующим уравнением

$$МЖ_М = СЖ_С + ОЖ_О \quad (5.13)$$

где М-количество просепарированного молока, кг;

С - количество полученных сливок, кг;

О - количество обезжиренного молока, кг;

ЖС - жирность сливок, %

Жм, Жо - содержание жира в цельном и обезжиренном молоке, %.

В общем виде материальный баланс сепарирования можно выразить следующим уравнением

$$М = С + О + С_л + П_М \quad (5.14)$$

где С_л-количество сепараторной слизи, оставшейся на стенках барабана и между тарелками, кг;

(С_л = 0,02 + 0,15% от массы просепарированного молока);

П_М-потери цельного молока, сливок и обезжиренного молока (П=0,05+0,1% от массы просепарированного молока).

Потери цельного молока, сливок и обезжиренного молока складываются из потерь молока при подаче его в сепаратор и отводе продуктов сепарирования. К потерям относят также количество сливок и обезжиренного молока, оставшееся в барабане сепаратора. При составлении материального баланса сепарирования количество сепараторной слизи и потери цельного молока, сливок, обезжиренного молока не учитывают.

Потери жира при сепарировании определяют по формуле

$$П_ж = \frac{ОЖ_О}{МЖ_М} \quad (5.15)$$

Мощность N (в кВт), потребляемую сепараторами, приближенно можно рассчитать по следующей формуле

$$N = КН_б n^3 R^4 \quad (5.16)$$

где К- коэффициент(К=0,016-0,018);

Н_б-высота барабана, м;

n-частота вращения барабана, 1/с;

R-максимальный наружный радиус барабана, м.

Продолжительность безостановочной, или непрерывной работы сепаратора определяется длительностью установившегося режима сепарирования. В общем виде продолжительность непрерывной работы сепаратора τ (в ч) можно определить по формуле

$$\tau = k_1 \frac{100V}{M(a-k_2)} \quad (5.17)$$

где k_1 - коэффициент, учитывающий полезную емкость грязевого пространства барабана,заполнение которой не нарушается эффективности процесса сепарирования;

k_2 - коэффициент, вводимый при расчете времени непрерывной работы сепаратора при разделении гетерогенной системы на фракции, одна (или несколько) из которых уносит с собой определенное количество взвешенных веществ (для упрощения расчетов в условиях молочной промышленности принимают $k_1 = 1; k_2 = 0$);

V - объем грязевого пространства сепаратора, m^3 ;

M -производительность сепаратора, $\frac{m^3}{ч}$;

α -объемная концентрация взвешенных частиц в молоке, которые образуют осадок, % (при сепарировании молока объемная концентрация взвешенных частиц в молоке, образующих осадок, равна количеству сепараторной слизи, выраженному в %).

Продолжительность непрерывной работы саморазгружающихся сепараторов с пульсирующей выгрузкой осадка фактически означает периодичность выгрузки осадка, т.е. продолжительность работы сепаратора между двумя выгрузками осадка.

При выборе параметров периодичности цикла разгрузки сепараторов необходимо учитывать количество механических примесей в молоке и количество образующейся сепараторной слизи, а также содержание жира в выгружаемом осадке, которое должно быть минимальным.

Производительность сопловых сепараторов M (в ч) можно определить из следующего уравнения материального баланса:

$$M = L + Q_0 \quad (5.18)$$

где L - количество фугата, m^3 ;

Q_0 - количество тяжелой фракции (осадка), выбрасываемой из сопел, m^3 .

Задания

- 1 Классификация сепараторов. Принципы классификации.
- 2 Скорость разделения жидкостей. Сила разделения.
- 3 Производительность сепараторов.
- 4 Расчетный предельный диаметр жирового шарика при первой и второй стадии сепарирования.

5 Взаимосвязь между количеством сливок и их жирностью при сепарировании молока, потери жира при сепарировании.

6 Индекс сепарирования.

7 Продолжительность непрерывной работы сепаратора.

РАБОТА № 6

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ

Цель работы: изучить процесс измельчения мясного сырья, устройства и принципа работы современных волчков. Изучение устройства и принципа работы волчка, освоение навыков ведения процесса измельчения мясного сырья.

Краткие теоретические сведения

При производстве мясных полуфабрикатов широко применяются процессы резания, которые существенным образом оказывают влияние на качество сырья и готовой продукции.

В настоящее время процесс измельчения мясного сырья в фарш или шрот осуществляется в основном с помощью медленно вращающихся ножей и неподвижных решеток при непрерывной подаче сырья шнеком. Такие устройства называются волчками.

В волчках режущая кромка ножа расположена по радиусу, и при вращательном движении линейная скорость режущей части ножа изменяется пропорционально радиусу.

Структура фарша в сечении получается неоднородной, хорошо измельченной на периферии и хуже – ближе к оси вращения.

Волчки предназначены для среднего и мелкого измельчения сырья.

Основные части волчка – механизмы подачи, измельчения и привод. Механизм подачи имеет загрузочный бункер, в котором либо смонтирован питатель (принудительная подача), либо его нет (сырье загружается самотеком). По конструкции питатели бывают одно- и двухшнековыми, спиральными, лопастными, пальцевыми, их расположение относительно механизма подачи может быть верхним параллельным или боковым параллельным, перпендикулярным, угловым и соосным (рисунок 6.1).

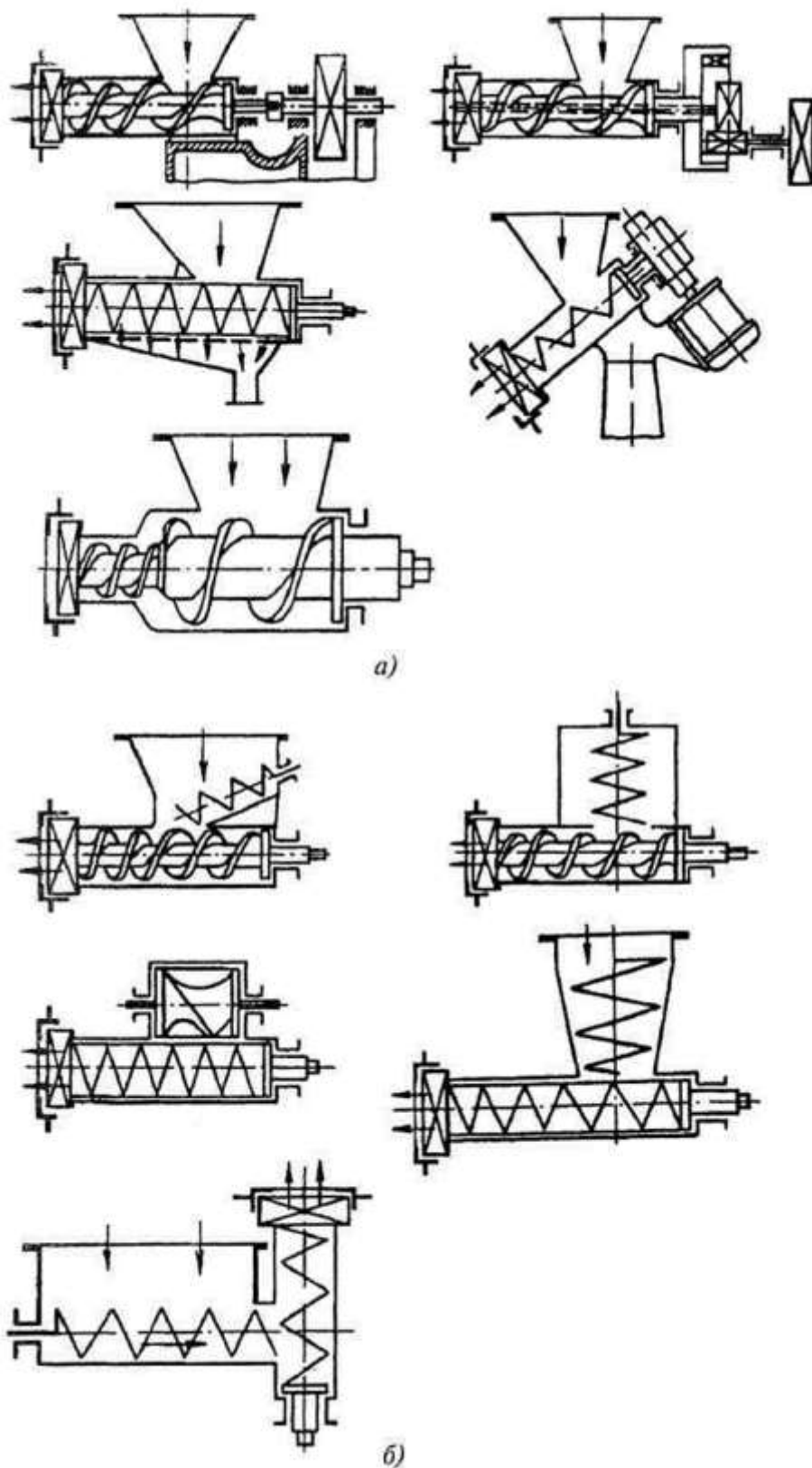


Рисунок 6.1 - Схема волчков с принудительной (а) и без принудительной (б) подачи сырья

Механизм измельчения волчка бывает коническим, цилиндрическим и плоским. Последний получил большее распространение. Это вызвано не только удобством и быстротой обслуживания, но и возможностью выполнения на нем ступенчатого измельчения, а также простотой изготовления надежностью работы. Он представляет собой последовательное чередование неподвижных решеток и вращающихся ножей.

Наиболее распространённым является механизм измельчения, состоящий из приемной, промежуточной и выходной решеток, двусторонних и односторонних многозубных ножей. Особенность конструкции инструмента и типа решеток – это форма и размеры отверстий, представляющих собой кольцевые режущие кромки. Диаметр отверстий определяет скорость истечения сырья и степень его измельчения. Форма отверстий бывает круглой, квадратной, овальной, фасолевидной, со скосами и без них и т.д. Ножи для волчков применяют в основном трех- и четырехзубые, сплошные и составные, с односторонней и двусторонней заточкой, с прямолинейными и криволинейными режущими кромками. Для жиловки мяса при измельчении используют жиловочные ножи перед выходной решеткой волчка. Они имеют разнесенные по зубьям специальные канавки, по которым при измельчении удаляются из зоны резания пленки и сухожилия. Известны также и другие конструкции жиловочных ножей.

Привод волчка электромеханический. По конструкции он может быть общим и отдельным для подающего и режущего механизмов, одно- и многоскоростным. Применение отдельного привода связано с заданием различных режимов работы подающего и режущего механизмов в зависимости от свойств измельчаемого сырья.

За основную техническую характеристику волчка принимают диаметр решетки. Наибольшее применение для измельчения мягкого мясного сырья нашли волчки с диаметрами решетки 82, 114, 120, 160 и 200 мм.

В настоящее время получили распространение волчки, которые наряду с измельчением выполняют и другие технологические операции – смешивание, жиловку, посол. Для их выполнения в приемном бункере волчка монтируют детали, которые одновременно перемешивают и нагнетают сырье в механизм измельчения.

Устройство и принцип действия измельчающего оборудования

Волчок ЛПК-1000В предназначен для предварительного измельчения всех сортов мяса, отделения в процессе измельчения (при

установке жиловочного устройства) при производстве консервных изделий или для окончательного жиросырья при производстве пищевых жиров на предприятиях мясной промышленности (рисунок 6.2).



Рисунок 6.2 -Волчок ЛПК-1000В

Волчок используется для среднего и мелкого измельчения на предприятиях мясной промышленности.

Технические характеристики:

Производительность, кг/ч	1100
Вместимость загрузочной чаши, л, не более	135
Номинальный диаметр выходной решетки, мм	114
Установленная мощность электрооборудования, кВт, не более	9
Габаритные размеры волчка, мм, не более	
длина 1000 ширина 715 высота 1200	
Масса волчка, кг	443

Волчок - мясорубка МИМ-300 и МИМ-600.

Волчок - мясорубка МИМ-300 и МИМ-600 по конструкции одинаковы и предназначены для измельчения мяса на фарш, повторного измельчения котлетной массы. Машины выполнены в двух вариантах: напольный и настольный. Состоят из привода, съёмной мясорубки, чаши и опоры. С целью получения фарша различной степени измельчения машины снабжены набором ножевых решеток с диаметрами отверстий 3,5-9 мм (рисунок 6.3).



Рисунок 6.3 - Мясорубка МИМ -300

Технические характеристики

Мясорубка МИМ-300 МИМ-600

Производительность (не менее)

300 кг/ч 600 кг/ч

Диаметр решеток

82 мм 105 мм

Установленная мощность (не более)

1,5 кВт 2,2 кВт

Частота вращения шнека

250 об/мин 250 об/мин

Габаритные размеры 680мм х370мм х950мм 840мм х450мм х950мм

Масса (не более)

55 кг 85 кг

Устройство и работа мясорубок

Мясорубка МИМ-300 и МИМ-600 состоят из собственно мясорубки 2 и привода (рисунок 6.4).

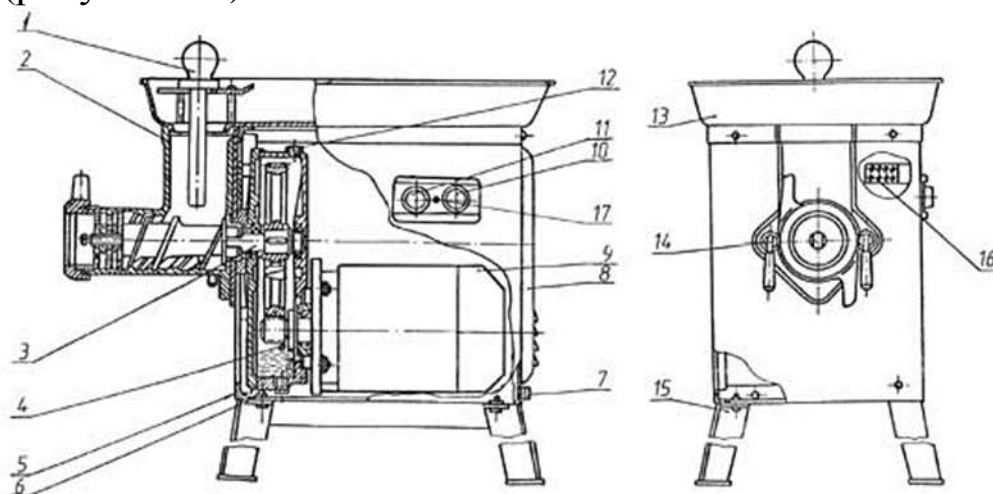


Рисунок 6.4 - Схема мясорубки МИМ-300: 1 – толкач; 2 – мясорубка;

3 – вал приводной; 4 – отверстие для контроля уровня масла; 5 – облицовка передняя; 6 – пробка сливная; 7 – зажим заземления; 8 – облицовка задняя; 9 – электродвигатель; 10 – кнопка «Пуск»; 11 – кнопка «Стоп»; 12 – пробка; 13 – чаша с предохранителем; 14 -зажим; 15 - опора; 16 – блок зажимов; 17 – индикатор.

Мясорубка в сборе состоит из алюминиевого корпуса, в котором вращается шнек, зажимной гайки, двухсторонних ножей, набора ножевых решеток, кольца упорного и ножа подрезного.

На передней части корпуса мясорубки имеется наружная резьба, на которую навинчиваются гайка зажимная, а задней части - фланец, которым корпус крепится к приводу.

Крепление корпуса производится резьбовыми зажимами. Над загрузочным отверстием расположен несъемный предохранитель, исключающий возможность попадания руки обслуживающего персонала к шнеку работающей мясорубки.

Перерабатываемый продукт из чаши вручную подается к горловине корпуса мясорубки, а затем толкачом к вращающемуся шнеку. Увлекаемый шнеком продукт проходит последовательно через набор режущих инструментов.

Для получения фарша разной степени измельчения мясорубка снабжена набором ножевых решёток с отверстиями различных размеров.

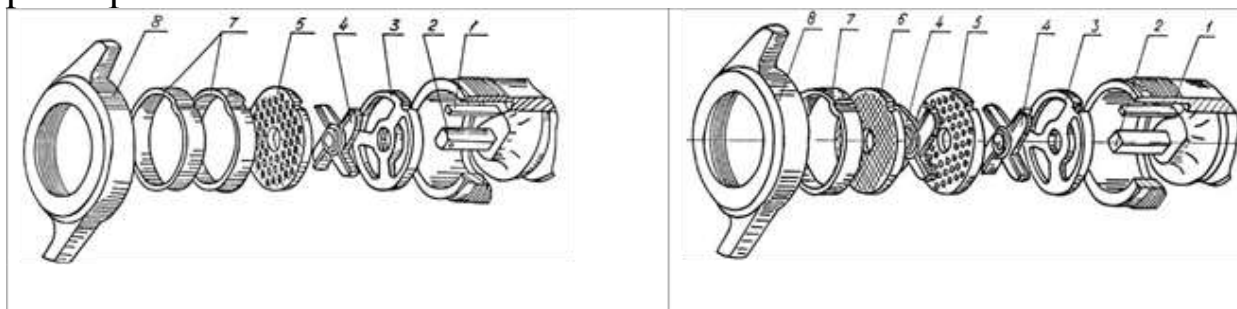


Рисунок 6.5 - Набор режущих инструментов:

1 – шпонка; 2 – шнек; 3 – нож подрезной; 4 – нож двухсторонний; 5 – решётка с отверстиями 9 мм; 6 – решётка с отверстиями 5мм; 7 – кольцо упорное; 8 – гайка зажимная.





Рисунок 6.6 - Фотографии набора режущих инструментов:
 а – ноже крестовый; б – нож подрезной; в – решетка с диаметром отверстий 9 мм; г - решетка с диаметром отверстий 5 мм; д – гайка прижимная; е – кольцо упорное; ж – решетка с диаметром отверстий 3мм; з –решетка с диаметром отверстий 3 мм с буртом; к – шнек.

Волчок-мясорубка К7-ФВП-82 (рисунок 6.7).

Волчок К7-ФВП-82 с номинальным диаметром выходной решетки 82 мм и производительностью 450 кг/ч предназначен для непрерывного измельчения охлажденного бескостного жилованного мяса и мясопродуктов при производстве фарша для колбасных и других мясных изделий. Степень измельчения сырья зависит от диаметра отверстий выходной режущей решетки.



Рисунок 6.7 - Волчок - мясорубка К7-ФВП-82

Волчек состоит из бескарасного корпуса, на 4 виброопорах, имеет

прочное основание для закрепления привода. Чаша сваривается с боковыми стенками, корпус рабочего шнека закрепляется болтами к фланцу чаши, имеются 2 боковые дверки. На правой дверке закреплен встроенный электрический шкаф управления; на передней стенке закреплены пульт управления, поворотный кожух режущей решетки и откидная площадка обслуживания. На задней стенке закреплен рычажный выталкиватель рабочего шнека. Имеется зеркало обзора внутренней чаши.

Технические характеристики

Производительность	450 кг/ч
Диаметр ножевых решеток	82 мм
Вместимость чаши (бункера)	20 л
Мощность двигателя	2,2 кВт
Напряжение сети	380 В, 50 Гц
Напряжение цепи управления	24 В
Длина 610 мм Ширина 450 мм Высота 870 мм Масса 190 кг	

Волчок-мясорубки PSS.

Волчки – мясорубки серии PSS выполняются с номинальными диаметрами выходных решеток 114 - 130 мм и производительностью 1000 -3500 кг/ч предназначены для промышленного производства мясных изделий, а также других пищевых изделий. Волчки позволяют измельчать сырьё на требуемую структуру, которая достигается применением подходящего режущего устройства. Волчки имеют массивную конструкцию станины, которая отвечает всем санитарно-гигиеническим требованиям и долговечности. Округлённые формы и шлифованные поверхности позволяют проводить тщательную очистку и мойку волчков. Все основные элементы управления расположены в поле зрения обслуживающего персонала и легко доступны. Мясо, подготовленное для переработки, загружается в бункер, где далее шнеком подается к режущему инструменту. В зависимости от выбранного режущего инструмента, получается высококачественный конечный продукт необходимой структуры.



Рисунок 6.10 - Волчок - мясорубка PSS RM 114

Технические характеристики PSS RM 114

Привод шнека		5,5 кВт
Вес оборудования		360 кг
Размеры (Д x Ш x В)	1218 мм x 725 мм x 1085 мм	
Мелкое измельчение		650 кг/час
Производительность:		
Крупное измельчение		1 000 кг/час
Диаметр режущего инструмента		114 мм
Объем бункера		100 л
Напряжение сети	3/PE/N 50 Hz	230/400V TN-C-S
Нормированное переменное напряжение		230/400 V ± 10%
Напряжение управления		230/24 V AC

Задания:

Задание 1. Начертить схему волчка и режущего инструмента.

Задание 2. Определить тип, назначение и принцип действия, основные узлы и их взаимодействие.

Задание 3. Изучить устройство и принцип работы волчка.

РАБОТА №7

**РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСА.
РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
МЯСА И МЯСОРЕЗАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ**

Цель работы: изучить особенности принципа работы и расчета оборудования для измельчения мяса. Произвести расчет оборудования для тонкого измельчения мяса на мясорезательных машинах.

Краткие теоретические сведения

К машинам тонкого измельчения относятся куттеры периодического действия с различной формой и расположением серповидных ножей. При измельчении сырья в куттере процесс ведется в открытой чаше или под вакуумом. При измельчении в открытой чаше возможна некоторая аэрация фарша вследствие примешивания к измельченному мясу и жиру большого количества воздуха, что создает благоприятные условия для протекания окислительных процессов. Куттерование под вакуумом позволяет получить фарш и готовые изделия более высокого качества за счет улучшения цвета, вкуса и исключения образования крупных пор и воздушных пустот. Колбасные изделия, выработанные из фарша, куттерованного под вакуумом, более длительно сохраняют вкус и запах. Принцип работы куттера периодического действия показан на рис. 7.1. Сырье подается в приемную чашу 5, имеющую форму полутора, которая медленно вращается. Вал вращения чаши располагается вертикально, а ножевой вал расположен горизонтально. Серповидные ножи 2 ножевого вала проходят по касательной к поверхности чаши. Крышка 1 может иметь загрузочное отверстие, позволяющее загружать ингредиенты на ходу. Качество измельчения намного лучше и потерь питательных веществ меньше, чем в мясорубке, поскольку измельчение сырья происходит путем чистого среза, но здесь ножи и продукт не испытывают такого сильного давления, как в мясорубке.

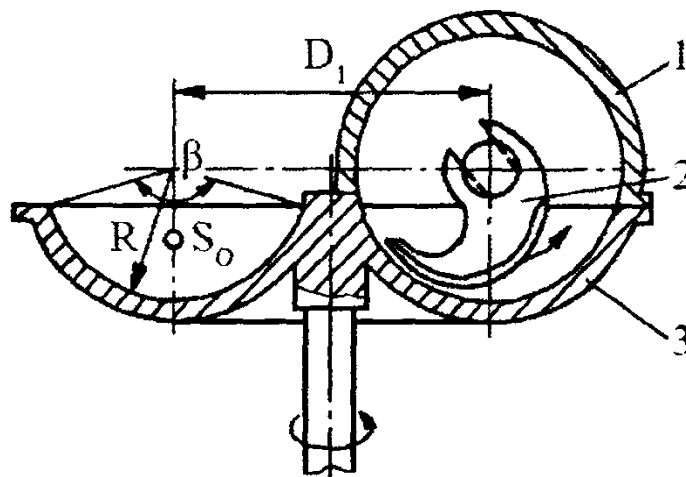


Рис. 7.1. Режущий механизм куттера:
1 - крышка; 2 - серповидный нож; 3 - чаша

Количество серповидных ножей зависит от вместимости куттера. Обычно устанавливают от 3 до 12 ножей. Неправильный выбор ножей и снижение в процессе эксплуатации их режущих свойств приводит к повышению температуры обрабатываемого сырья. Ножи крепятся на валу открытым или закрытым гнездом (рис. 7.2).

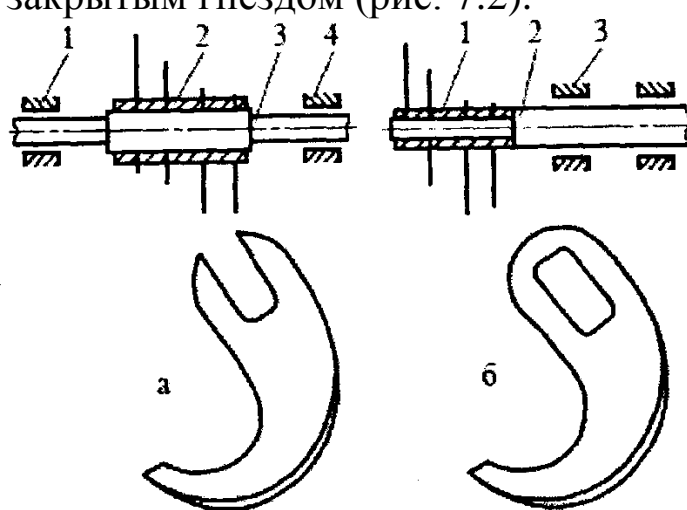


Рис. 7.2. Крепление серповидного ножа куттера:

- а - с открытым гнездом: 1,4- подшипники; 2 - распорная втулка; 3 - вал; б - с закрытым гнездом: 1 - распорная втулка; 2 - вал; 3 - подшипники.

При креплении ножей на валу открытым гнездом с обеих сторон вала установлены подшипники. Ножи насаживаются на вал вилкообразной полостью и зажимаются гайкой. Такой способ крепления применяется на куттерах малой производительности с небольшим числом оборотов вала, так как ножи на валу удерживаются силой трения. При увеличении скорости вращения ножевого вала под действием возрастающих центробежных сил нож может выпасть из ножевой головки. Однако ножи с вилкообразной посадочной частью имеют меньшую массу, что способствует экономии дорогостоящих инструментальных сталей. Кроме того, крепление открытым гнездом возможно и на консольном валу.

В куттерах высокой производительности применяется крепление ножей закрытым гнездом. В этом случае подшипники устанавливаются только с одной стороны вала. Одностороннее расположение подшипников обуславливает меньшую устойчивость вала, но зато закрытое гнездо ножей обеспечивает большую надежность их крепления. Для повышения надежности крепления ножей на ножевом валу куттера иногда применяют посадочные диски, на которых фиксируются ножи.

При обоих способах крепления ножи по отношению друг к другу на валу располагаются с поворотом, что необходимо для балансировки ножевого вала и обеспечения тем самым безотказной работы куттера.

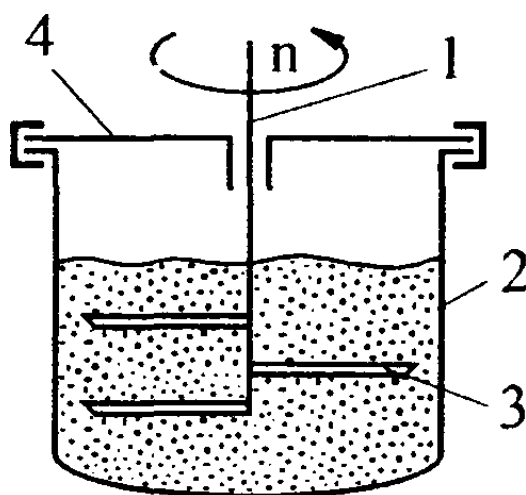


Рис. 7.3. Принципиальная схема миникуттера:
1 - ножевой вал; 2 - рабочая камера; 3 - ножи; 4 – крышка

В настоящее время за рубежом широкое распространение получили измельчители с вертикально расположенным ножевым валом, установленным в цилиндрической рабочей камере - миникуттеры (рис. 17.3), блендеры и бликсеры. Они могут иметь как верхнее, так и нижнее расположение привода. Эти многофункциональные кухонные машины с емкостями чаши от 2,5 до 11,5 л позволяют измельчать орехи, сухофрукты, сухари, зелень, лук, шоколад, сыр, лед; гомогенизировать овощные и фруктовые пюре, соусы, ягодные муссы, паштеты; рубить мясо; взбивать кремы, эмульсии, белки и замешивать тесто от блинного до густого.

Производительность куттера периодического действия и миникуттера определяется по формуле:

$$Q = \frac{G}{T_{ц}} = \frac{V\rho\varphi}{t_з+t_и+t_в}, \quad (7.1)$$

где G - масса единовременной загрузки сырья, кг;

$T_{ц}$ - продолжительность полного цикла обработки, с;

V - геометрический объем рабочей емкости чаши, м³ ;

ρ - плотность обрабатываемого сырья, кг/м³ (для фарша $\rho = 900$ кг/м³);

φ - коэффициент заполнения объема чаши (для куттеров с гладкой откидной крышкой, на которой не установлены подшипники ножевого

вала, $\varphi = 0,6$, для куттеров, в которых подшипники ножевого вала установлены на крышке чаши с выступом внутрь чаши, $\varphi = 0,55$);

t_3 - время загрузки фарша в чашу куттера, с;

$t_{и}$ - время измельчения и перемешивания порции продукта, с;

$t_{в}$ - время выгрузки фарша, с.

Геометрический объем рабочей емкости чаши (рис.7.1)

$$V=2\pi R_1 S_0 \quad (7.2)$$

где R_1 - расстояние от оси вращения чаши до центра тяжести слоя фарша, м;

S_0 - площадь сегмента, которым образована внутренняя часть чаши куттера, m^2 .

Геометрический объем рабочей камеры мини-куттера рассчитывается по известным из геометрии формулам.

Минимальное время измельчения и перемешивания порции продукта

$$t_{и} = \frac{60GF_1}{\varphi_0 F_0} = \frac{60GF_1}{\varphi_0 S_1 z n}, \quad (7.3)$$

где F_1 — площадь раздела при измельчении 1 кг продукта, m^2/kg ;

φ_0 - коэффициент использования режущей способности механизма измельчителя, $\varphi_0 = 0,7 - 0,8$;

F_0 - режущая способность механизма, $m^2/мин$;

S_1 - площадь разреза слоя фарша одним ножом за один оборот, m^2 ;

z — число ножей в режущем механизме, шт;

n - частота вращения ножевого вала, об/мин.

На стадии интенсивного измельчения мяса в куттере наиболее рационально использовать скорость ножей 30-40 м/с в течение 3-4 мин. На стадии образования вторичной структуры фарша наиболее рационально вести процесс при скорости 100-120 м/с в течение 3-4 мин. Благодаря двухступенчатой обработке мяса в куттере при рекомендованных режимах получают фарш и готовый продукт высокого качества.

Площадь разреза слоя фарша одним ножом за один оборот

$$S_1 = \frac{V_3}{2\pi R_1} = \varphi S_0 \approx \frac{G}{2\pi R_1 \rho}, \quad (7.4)$$

где V_3 - объем загрузки, m^3 .

Мощность электродвигателя куттера периодического действия

$$N = N_1 + N_2, \quad (17.5)$$

где N_1 - мощность, необходимая для куттерования сырья, Вт;

N_2 -мощность, необходимая для вращения загруженной сырьем чаши, Вт.

Мощность, необходимая для куттерования сырья:

$$N_1 = \frac{aS_1zn\eta_a}{60\eta}, \quad (7.6)$$

где a - удельный расход энергии на перерезание слоя фарша одним ножом за один оборот, Дж/м² (при измельчении мясного сырья при окружной скорости ножей до 30 м/с без добавления в фарш воды $a = 2700-3100$ Дж/м², с добавлением в фарш воды - $a = 2000-2400$ Дж/м²);

η_a - коэффициент запаса мощности, $\eta_a = 1,3-1,5$;

η - КПД передач от двигателя к ножевому валу.

Второе слагаемое мощности электродвигателя куттера периодического действия обычно принимается в зависимости от вместимости чаши.

Пример расчета

Рассчитать куттер периодического действия.

Исходные данные: масса единовременной загрузки сырья $G = 2,5$ кг; число ножей в механизме $z = 2$ шт.; частота вращения ножевого вала $n = 1380$ об/мин; измельчение с добавлением воды.

Определить: время измельчения мясного сырья t_i ; производительность куттера Q ; мощность привода N .

Последовательность расчета:

Из формулы (17.1) определяем геометрический объем рабочей емкости чаши, при этом принимаем плотность мясного сырья $\rho = 1100$ кг/м³ и коэффициент заполнения объема чаши $\varphi = 0,6$:

$$V = \frac{2,5}{1100 \cdot 0,6} = 0,0038 \text{ м}^3$$

Из формулы (17.2) определяем площадь сегмента, при помощи которого образована внутренняя часть чаши куттера, при этом по конструктивным соображениям радиус вращения центра тяжести площади S_0 вокруг вертикальной оси вращения принимается $R_1 \sim 0,054$ м:

$$S_0 = \frac{0,0038}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,054} = 0,0112 \text{ м}^2.$$

По формуле (17.4) вычисляем площадь разреза слоя фарши одним ножом за один оборот:

$$S_1 = \frac{2,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,054} = 0,0112 \text{ м}^2.$$

Минимально необходимое время измельчения порции продукта рассчитываем по формуле (17.3), приняв площадь раздела при измельчении 1 кг продукта $F1 = 2,3 \text{ м}^2 / \text{кг}$ и коэффициент использования режущей способности механизма измельчителя $\varphi_0 = 0,8$:

$$l_0 = \frac{60 \cdot 2,5 \cdot 2,3}{0,8 \cdot 0,0067 \cdot 2 \cdot 1380} = 23,3 \text{ с}$$

По рекомендации принимаем $t_u = 180 \text{ с}$.

Находим продолжительность цикла обработки порции продукта при $t_3 = t_B = 30 \text{ с}$:

$$T_{\text{ц}} = 30 + 180 + 30 = 240 \text{ с.}$$

По формуле (17.1) определяем производительность куттер периодического действия:

$$Q = \frac{3600 \cdot 2,5}{240} = 37,5 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}.$$

Мощность, необходимую для измельчения сырья, рассчитываем по формуле (17.6) при удельном расходе энергии на перерезывание слоя фарша одним ножом за один оборот $a = 2500 \text{ Дж/м}^2$, коэффициенте запаса мощности $\eta_a = 1,3$ и КПД передач от двигателя к ножевому валу $\eta = 0,8$:

$$N_1 = \frac{2500 \cdot 0,0067 \cdot 2 \cdot 1380 \cdot 1,3}{1000 \cdot 60 \cdot 0,8} = 1,25 \text{ кВт.}$$

Принимаем мощность, необходимую для вращения чаши, $N_2 = 0,1 \text{ кВт}$.

По формуле (17.5) рассчитываем мощность электродвигателя куттера периодического действия:

$$N = 1,25 + 0,1 = 1,35 \text{ кВт.}$$

Задания

Задача 1. Рассчитать куттер периодического действия если дано: масса единовременной загрузки сырья $G = 2,8 \text{ кг}$; число ножей в механизме $z = 2 \text{ шт.}$; частота вращения ножевого вала $n = 1440 \text{ об/мин}$; измельчение без добавлением воды. Определить: время измельчения мясного сырья t_i ; производительность куттера Q ; мощность привода N .

Задача 2. Рассчитать куттер периодического действия, если дано: масса единовременной загрузки сырья $G = 3,6 \text{ кг}$; число ножей в механизме $z = 2 \text{ шт.}$; частота вращения ножевого вала $n = 1500 \text{ об/мин}$;

измельчение с добавлением воды. Определить: время измельчения мясного сырья t_i ; производительность куттера Q ; мощность привода N .

Задача 3. Рассчитать куттер периодического действия, если дано: масса единовременной загрузки сырья $G = 4,0$ кг; число ножей в механизме $z = 1$ шт.; частота вращения ножевого вала $n = 1410$ об/мин; измельчение с добавлением воды. Определить: время измельчения мясного сырья t_i ; производительность куттера Q ; мощность привода N .

Задача 4. Рассчитать куттер периодического действия, если дано: масса единовременной загрузки сырья $G = 3,2$ кг; число ножей в механизме $z = 1$ шт.; частота вращения ножевого вала $n = 1480$ об/мин; измельчение с добавлением воды. Определить: время измельчения мясного сырья t_i ; производительность куттера Q ; мощность привода N .

РАБОТА №8

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОКОНЧАТЕЛЬНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСА. ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ КУТТЕРА

Цель работы: изучение устройства и принципа работы куттера, требования безопасной эксплуатации куттера, определение производительности куттера и мощности его привода.

Краткие теоретические сведения

Для получения однородной структуры фарша с минимальной водосвязывающей способностью и увеличения выхода готовой продукции, сырье подвергается куттерованию.

Куттер используется для окончательного измельчения мяса, получения тонкоизмельченного сырья и приготовления фарша при производстве п/к, в/к и вареных колбас, сосисок и сарделек. Допускается измельчение охлажденного от -1 до $+5$ °С мяса в кусках массой не более $0,5$ кг, также блоков замороженного мяса размерами $190 \times 190 \times 75$ мм температурой не ниже -8 °С.

Применение вакуума в герметичных куттерах позволяет сохранить цвет сырья, улучшить связывание протеина и влаги и, в конечном итоге, увеличить выход и качество продукции. Снижение содержания кислорода в сырье увеличивает срок его хранения при переработке.

Куттер состоит из станины 1 с электродвигателями приводов ножевого вала и чаши ножевого вала 6, защитной крышки, выгрузателя 4 с тарелкой 5, механизма загрузки 3, тележки 2 и электрооборудования

с пультом управления (рисунок 8.1).

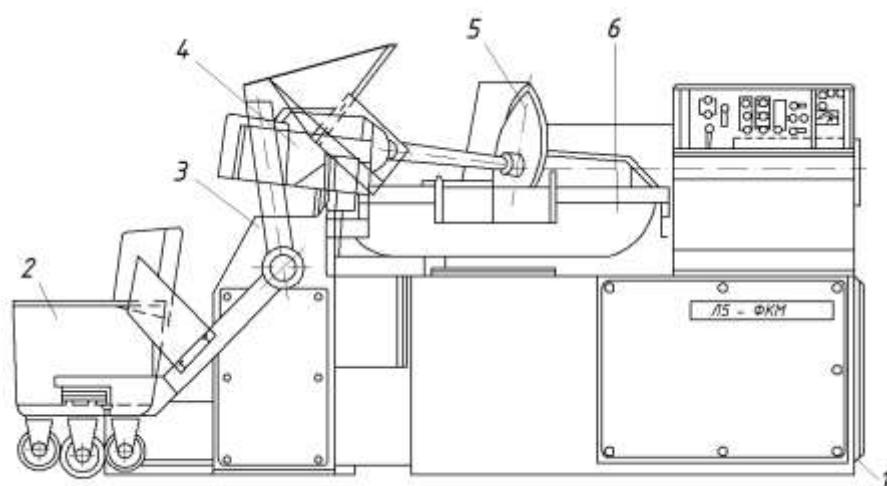


Рисунок 8.1 - Куттер Л5-ФКМ:

1 - станина; 2 - тележка; 3 - механизм выгрузки; 4 - выгрузатель; 5 - тарелка; 6 – чаша

Станина изготовлена из двух отдельных частей. В нижней части на качающихся плитах установлены электродвигатели приводов ножевого вала и чаши, в верхней части на подшипниках качения - ножевой вал, на консоли которого расположены ножевые головки.

Открытая чаша - рабочая емкость, опирающаяся на опорный подшипник. Привод - электродвигатель и червячный редуктор. Скорость вращения чаши $n = 0,3 \text{ с}^{-1}$. Для обеспечения безопасной работы и предотвращения разбрызгивания продукта в зоне резания, чаша закрывается защитной крышкой из нержавеющей стали, заполненной внутри звукопоглощающим материалом. Снизу крышки имеются скребки, направляющие продукт к режущему механизму.

Режущий механизм представляет собой комплект серповидных ножей, заточенных с одной стороны, и стальной гребенки, которая очищает лезвия ножей от мяса. В соответствии с требованиями качества фарша куттер должен иметь не менее 2-х скоростей (1500/3000 об/мин), а ножевая головка не менее 3-х пар ножей. Частота вращения ножей до 100 об/сек. Нож куттера имеет режущую кромку в виде прямой линии с заточкой в виде клина с углом при вершине 15-30°. Толщина ножа принимается по условиям работы 3...7 мм.

Конструкцию ножей и ножевой головки выбирают такой, чтобы

обеспечить их легкую балансировку и поддерживать минимальный зазор между внутренней поверхностью чаши и режущей кромкой ножа.

Ножи 1 укрепляют на вал гайкой, и они удерживаются силой трения, их изготавливают с отверстиями в посадочной части. Отверстия и предназначены для входа исходного сырья и удаления измельченного.

Привод ножевого вала - электродвигатель, клиноременная передача.

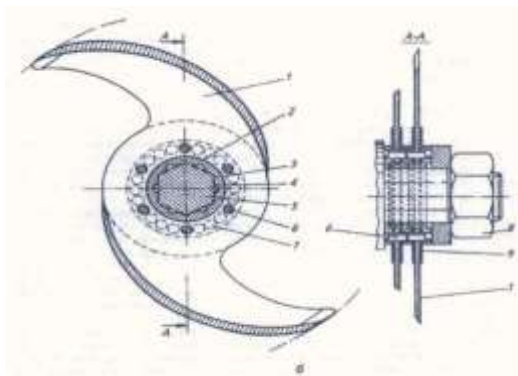


Рисунок 8.2 - Ножевая головка куттера:

1 - нож; 2 - посадочная часть; 3 - втулка; 4 - отверстие; 5 - вал; 6 - штифт; 7 - отверстие; 8 - гайка; 9 – диск

Механизм выгрузки - тарелка. Привод включает червячный редуктор, к которому с одной стороны фланцем присоединен электродвигатель, с другой - труба выгрузателя с проходящим через нее валом привода тарелки. В момент начала выгрузки продукта она получает вращение, а так как одновременно включается муфта червячной пары, то медленно опускается в чашу- фарш выгружается. При достижении тарелкой дна чаши муфта отключается, движение тарелки вниз прекращается. Она продолжает вращаться до полной выгрузки продукта, затем включается реверс и тарелка поднимается вверх.

Механизм загрузки- тележка для транспортирования продукта к куттеру и механизм ее опрокидывания, смонтированный в чугунной станине.

Принцип работы. В чашу сырье загружают при включенной машине, предварительно измельченное на волчке. Сырье, медленно вращаясь с чашей, подается к быстровращающимся ножам. Происходит мелкое измельчение.

Время куттерования зависит от вида продукта и степени его измельчения до поступления в куттер.

Степень измельчения зависит от длительности куттерования,

скорости резания, числа ножей и их заточки, расстояния между крайними ножами и чашей (минимальное 2 мм).

Измельчение продукта без добавления воды вызывает увеличение потребляемой мощности на 30 - 40%. В процессе измельчения в куттер добавляют воду или специальный чешуйчатый лед. Этим достигается соблюдение рецептуры фарша, а также снижение его температуры, которая при куттеровании повышается на 1.. .4 °С.

Техническая характеристика куттера

Производительность, кг/ч	1200
Вместимость чаши, м ³	0,125
Коэффициент загрузки чаши	0,4... 0,6
Число ножей	2
Длительность цикла, мин	3...5
Скорость резания ножей, м/с	65
Установленная мощность, кВт	30,6
Занимаемая площадь, м ²	5,5
Масса, кг	2200

Требования безопасности при эксплуатации.

Для безопасной разборки режущего механизма при санитарной обработке машины применяют приспособление для отвинчивания зажимной гайки и специальный крючок, прилагаемые в комплекте поставки. Зона вращения ножей куттера и передаточные механизмы должны быть закрыты крышками, заблокированными с пусковым устройством. При открытой любой из крышек куттера должна быть исключена возможность пуска куттера в работу. Для удобной и безопасной выгрузки из чаши переработанного фарша куттер следует обеспечивать тарельчатым выгрузителем, заблокированным с пусковым устройством.

При подъеме тарелки выгрузителя должно прекращаться вращение самой тарелки и чаши куттера. Дежа куттера – мешалки должна иметь предохранительную планку, заблокированную с приводом, обеспечивающую отключение машины при касании рамки дежи. После каждого цикла работы необходимо разбирать ножи, чистить и промывать, проверять состояние остроты. Также необходимо промывать чашу от мясных остатков. Причины неисправности и способы устранения представлены таблице 8.1.

Таблица 8.1 - Причины неисправности и способы устранения

Неисправность	Вероятная причина	Способ устранения
---------------	-------------------	-------------------

Не обеспечивается нужное качество измельчения сырья	Затупились ножи Слабо затянута гайка фиксации ножей	Снять ножи - заточить Затянуть гайку, отрегулировать зазор между ножом и чашей
При пуске установки ощутимы вибрации	Слабое натяжение ремней привода ножевого вала	Отрегулировать натяжение ремней привода ножевого вала
Шумы в редукторе при работе машины	Грязное масло Износились подшипники Небольшой уровень масла	Промыть и заменить масло Разобрать редуктор, заменить подшипники Долить масло

Задания:

Задание 1. Назначение куттера. Описание, принцип работы и техническая характеристика куттера марки Л5-ФКМ.

Задание 2. Описать работу ножевой головки куттера.

Задание 3. Изучить требования безопасности при эксплуатации куттера.

Задание 4. Перечислить причины неисправности куттера и способы их устранения.

СПИСОК РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оборудование пищевых производств. Материаловедение [Текст] : учебник для студентов вузов / Ю. П. Солнцев [и др.]. - СПб. : Профессия, 2003. - 526 с.
2. Оборудование мясной отрасли для термической обработки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. В. Хрундин, Э. Ш. Юнусов, В. Я. Пономарев, Г. О. Ежкова. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2017. – 96 с. : ил. – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=561090>
3. Драгилев, А. И. Технологическое оборудование предприятий перерабатывающих отраслей АПК [Текст] : Учебник / А. И. Драгилев, В. С. Дроздов. - М. : Колос, 2001. - 352 с.
4. Слесарчук, В. А. Оборудование пищевых производств : учебное пособие / В. А. Слесарчук. - Минск : РИПО, 2015. - 371 с. : схем., ил. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=463685> (дата обращения 14.09.2021) . - Режим доступа: по подписке. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-985-503-457-6. - Текст : электронный.
5. Хамитова, Е. К. Оборудование пищевых производств : учебное пособие / Е. К. Хамитова. - Минск : РИПО, 2018. - 248 с. : схем., ил. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=487985> (дата обращения 14.09.2021) . - Режим доступа: по подписке. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-985-503-736-2. - Текст : электронный.
6. Оленев, Ю. А. Технология и оборудование для производства мороженого [Текст] / Ю. А. Оленев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ДеЛипринт, 2001. - 323 с.
7. Технология пищевых производств [Текст] : уч. для вуз. / под ред. Л. П. Ковальской. - М. : Колос, 1997. - 752 с.
8. Сушка сырья: мясо, рыба, овощи, фрукты, молоко [Текст] : учебно-практическое пособие / Г. В. Семенов, Г. И. Касьянов. - Ростов н/Д. : МарТ, 2002. - 112 с.