

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»

Факультет перерабатывающих технологий
Кафедра технологии хранения и переработки
животноводческой продукции

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ
ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО СЫРЬЯ
(часть 2)**

Методические указания

к выполнению практических работ для обучающихся
по направлению подготовки 35.03.07 Технология производства
и переработки сельскохозяйственной продукции

Краснодар
КубГАУ
2019

Составители: Н.Ю. Сарбатова, Н.С. Безверхая, А.А. Нестеренко

Оборудование для переработки животноводческого сырья (часть 2) : метод. указания к выполнению практических работ /сост. Н.Ю. Сарбатова, Н.С. Безверхая, А.А. Нестеренко – Краснодар: КубГАУ, 2019 – 80 с.

Методические указания включают: теоретическую часть, цель работы, особенности техники выполнения работы, порядок оформления отчёта о выполнении работы, контрольные вопросы и список рекомендованной литературы.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции.

Рассмотрено и одобрено методической комиссией факультета перерабатывающих технологий Кубанского госагроуниверситета, протокол № 1 от 18.09.2019.

Председатель
методической комиссией

Е.В. Щербакова

- © Сарбатова, Н. Ю., Безверхая Н.С.,
Нестеренко А.А.,
составление, 2019
- © ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени
И. Т. Трубилина», 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 ЕМКОСТИ ХРАНЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ТРУБОПРОВОДЫ И АРМАТУРА	13
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 НАСОСЫ	18
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ГОМОГЕНИЗАТОРЫ.....	23
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 СЕПАРАТОРЫ.....	28
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 СЕПАРАТОР-МОЛОКООЧИСТИТЕЛЬ.....	38
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7 ФИЛЬТРЫ.....	41
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 ФРИЗЕРЫ	46
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9 ПАСТЕРИЗАЦИОННО-ОХЛАДИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПЛАСТИНЧАТОГО ТИПА.....	54
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛИВОЧНОГО МАСЛА	64
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11 АППАРАТЫ ДЛЯ ПЛАВЛЕНИЯ СЫРНОЙ МАССЫ	72
РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	77

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Перед началом работы в условиях производственной лаборатории студенты изучают правила охраны труда, техники безопасности и противопожарной безопасности, правила работы в лабораториях, особо обращая внимание на следующие требования:

1. Перед входом в лабораторию необходимо надеть специальную одежду. Любые лабораторные исследования без спецодежды запрещены. Не разрешается вносить на территорию лаборатории посторонние вещи, принимать пищу, курить.

2. Для предупреждения возникновения пожара воспрещается курить, оставлять бумагу и другие легковоспламеняющиеся материалы на шкафах и за шкафами, вблизи электрических приборов. Оставлять не выключенные электроприборы без присмотра. Запрещается хранить в лаборатории легковоспламеняющиеся, взрывчатые и другие огнеопасные вещества без соблюдения действующих правил безопасности.

Преподаватель, ведущий занятия, должен обеспечить выполнение правил работы и охраны труда в лаборатории.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ЕМКОСТИ ХРАНЕНИЯ

И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Цель и задачи работы – ознакомиться с различными конструкциями емкостей, научиться определять продолжительность опорожнения емкостей.

Для хранения молока и молочных продуктов применяют емкости различной вместимости, представляющие собой горизонтальный или вертикальный сосуд с двумя выпуклыми сферическими днищами, установленный на опорах (рисунок 1, 2).

Цилиндрический сосуд состоит из внутреннего корпуса, изготовленного из алюминиевого листа, и наружного – из листовой стали. Пространство между корпусами заполнено термоизоляционным материалом – фенолформальдегидным пластиком марки ФРП-Х или ФРП-П.

В верхней части резервуара расположены: моечное устройство, датчик верхнего уровня, воздушный клапан и смотровое окно.

Моечное устройства представляет собой две трубчатые полудуги, имеющие отверстия для подачи моющего раствора, под действием которого полудуги приводятся во вращение.

Датчик верхнего уровня молока предназначен для подачи сигнала о заполнении рабочей емкости резервуара. Для выхода воздуха из резервуара при заполнении его молоком и поступления воздуха при опорожнении резервуара имеется воздушный клапан.

Светильник и смотровое окно служит для периодических визуальных наблюдений. На переднем днище горизонтальных резервуаров в центральной части вертикальных резервуаров расположены люк, термометр, кран для отбора проб, устройство для постоянного контроля уровня молока и стационарная неотъемная лестница.

Люк предназначен для установки моечного устройства и эжектора, а также ремонта и осмотра внутренней поверхности резервуара.

Лестница предназначена для обслуживания верхней части резервуара.

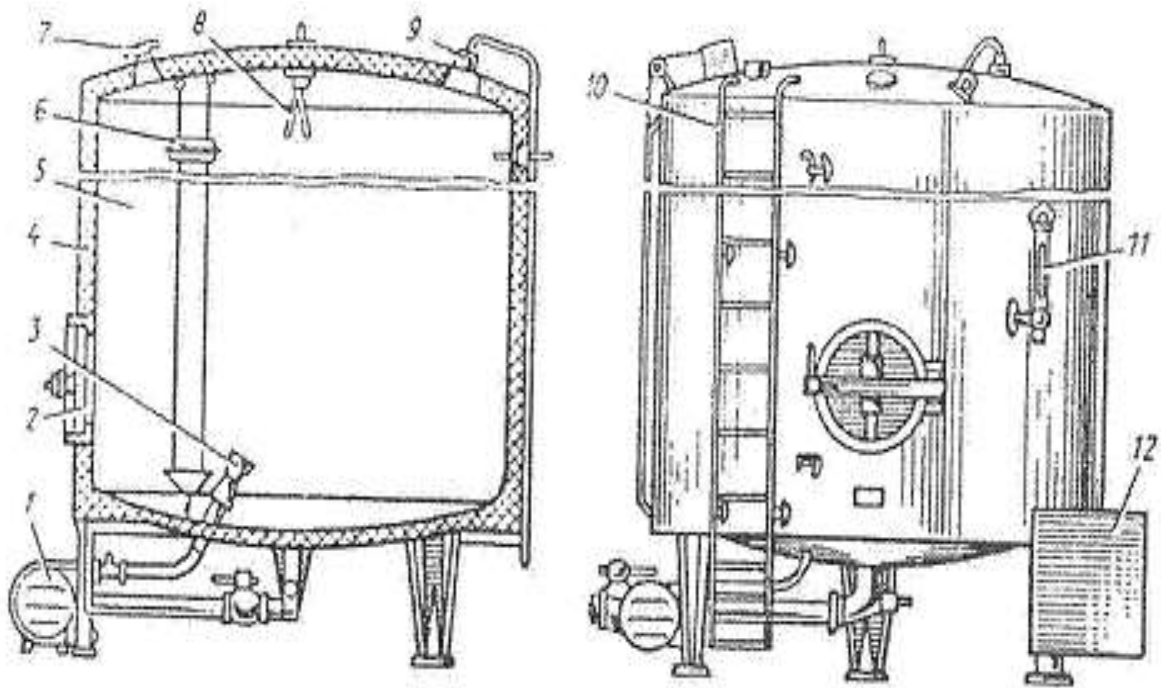


Рисунок 1 – Общий вид резервуара молока вертикальный:
 1 – насос; 2 – люк; 3 – эжектор; 4 – изоляция; 5 – резервуар;
 6 – поплавок; 7 – вентиляционное устройство; 8 – моечное устройство;
 9 – осветительное устройство; 10 – лестница; 11 – термометр;
 12 – шкаф управления

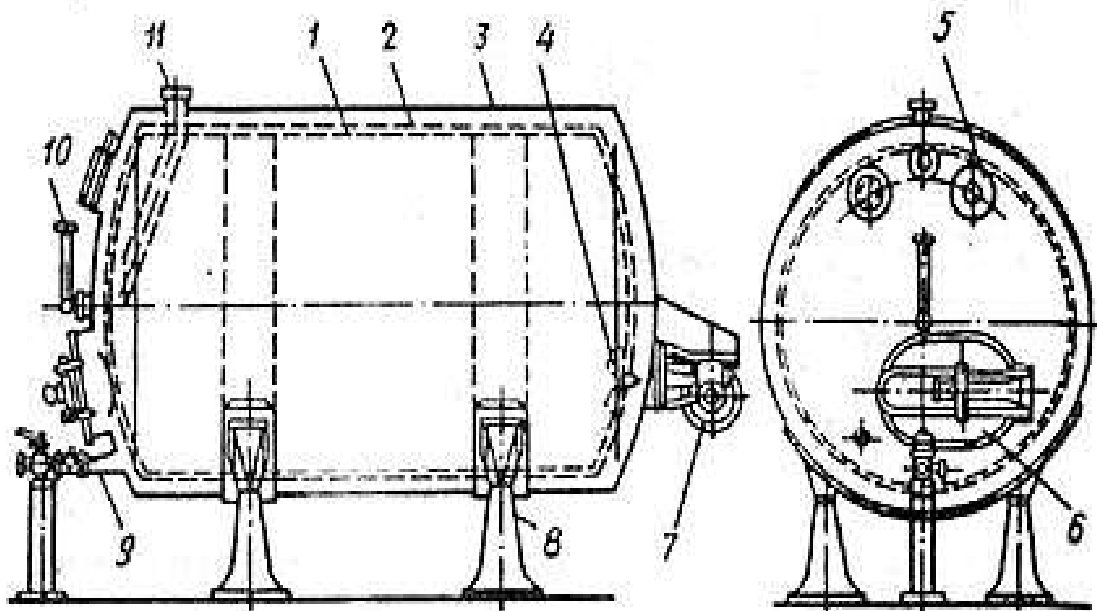


Рисунок 2 – Общий вид резервуара горизонтальный:
 1 - рабочий резервуар; 2 – теплоизоляция; 3 – кожух; 4 – мешалки;
 5 – смотровое окно; 6 – люк; 7 – мешалки; 8 – опорные ножки; 9 – сливной
 патрубок; 10 – термометр; 11 – наливная труба

В нижней части резервуара расположены перемешивающее устройство, датчик нижнего уровня молока, опоры.

Перемешивающее устройство состоит из специального центробежного насоса, смонтированного вместе с электродвигателем, системы трубопроводов с кранами и эжектора, смонтированного внутрь резервуара.

Датчик нижнего уровня молока предназначен для подачи сигнала о полном опорожнении резервуара. Датчик установлен в патрубке наполнения – опорожнения.

Наполнение резервуара молоком производится через трехходовой кран (при этом блокируется возможность слива) и патрубок, расположенный в нижней части резервуара. Наполнение резервуара через нижний патрубок предотвращает вспенивание молока.

Опорожнение резервуара производится самотеком или с помощью насоса и осуществляется через тот же патрубок. При этом трехходовой кран становится в положение на слив, блокируя наполнение.

Заполнение или опорожнение резервуара прекращается после светового или звукового сигналов.

Перемешивание молока в резервуаре производится автоматически через каждые 4 ч. После интенсивного перемешивания в течение 15 минут разность жирности молока в различных точках резервуара составляет не более 0,1 %.

Термоизоляционный материал обеспечивает повышение температуры молока не более, чем на 275 К (2°C) за 24 ч хранения.

Емкости технологического назначения бывают для биохимических процессов, физико-химических и тепловых процессов.

Рассмотрим резервуар марки В2-ОКВ-10 состоит из корпуса, мешалки, привода, моечного устройства, крышки люка, датчиков верхнего и нижнего уровней, мембранного разделителя, манометра, лабораторного крана, термометра сопротивления, запорного вентиля, устройства КУ-4, датчика рН-метра, сливного крана, шкафа электрооборудования, электро-пневматического вентиля.

Корпус представляет собой вертикальный трехстенный сосуд с коническими днищами. Верхнее днище – одинарное без теплоизоляции и охлаждения, нижнее – охлаждаемое с

теплоизоляцией. К днищу приварены шесть регулируемых по высоте опор.

Рубашка охлаждения имеет многозаходную спиральную направляющую для хладагента. Вода в межстенное пространство поступает через отверстия в перфорированной трубе, расположенной по периметру в верхней части корпуса. Орошение холодной водой производится с целью эффективного охлаждения продукта в рабочей полости резервуара в процессе изготовления продукта.

Пространство между обшивкой и внутренней рубашкой заполнено заливным фенолформальдегидным пенопластом марки ФРП-1.

Мешалка предназначена для охлаждения и перемешивания продукта. Она состоит из полого вала, выполненного из двух концентрически расположенных труб, трубчатого контура и лопастей, мешалка установлена вертикально, в нижнем днище она опирается на подшипник скольжения.

Привод предназначен для передачи крутящего момента мешалки и представляет собой электродвигатель и червячный редуктор, установленный на общей плите и соединенный между собой при помощи клиноременной передачи. Привод установлен на регулируемых опорах.

Для мойки резервуаров верхней части имеется моеющее устройство. Оно состоит из двух головок, вращающихся во взаимоперпендикулярных плоскостях, каждая из которых имеет изогнутые трубки, создающие при вытекании из них жидкости реактивную силу, вращающую головку.

Для сигнализации о достижении продуктом верхнего уровня в верхней части корпуса резервуара установлены два датчика.

Для сигнализации при опорожнении резервуара в нижней части корпуса имеется датчик нижнего уровня.

Для контроля уровня продукта в каждый момент времени в нижнем днище корпуса резервуара установлен мембранный разделитель с показывающим манометром. Изменение показаний манометра на 0,01 МПа соответствует изменению уровня продукта в резервуаре на 1 м.

Для определения температуры продукта в резервуаре в нижнем днище корпуса установлен термометр сопротивления.

Для взятия пробы продукта с целью определения кислотности лабораторным способом в цилиндрической части корпуса резервуара предусмотрены два крана.

Для определения кислотности автоматическим способом в верхней крышке корпуса предусмотрено место для установки датчика рН-метра.

Резервуар имеет люк, закрываемый герметически крышкой посредством защёлки. Уплотнение создается резиновой прокладкой.

На горловине люка имеется конечный выключатель, который при открывании люка отключается от сети электродвигателя мешалки.

Технологический процесс производства кисломолочных напитков (данный резервуар предназначен для производства резервуарным способом кефира, ацидофильного молока, ацидофилина) включает в себя следующие операции: заполнение резервуара молоком с закваской до определенного уровня, перемешивание молока с закваской, сквашивание молока, перемешивание и охлаждение сквашенного продукта, созревание продукта, опорожнение резервуара.

При поступлении молока в резервуар датчик дает сигнал на включение мешалки, которая работает во время заполнения резервуара и отключается по сигналу датчика через 15 мин после заполнения.

Начинается процесс сквашивания, который длится 8–12 ч.

При достижении заданной кислотности продукта, которая определяется лабораторным способом при взятии пробы из лабораторного крана или от команды с рН-метра нажатием кнопки на пульте управления включается запорный вентиль подачи холодной воды в мешалку и охлаждающую рубашку, с включением вентиля подается сигнал на начало операции перемешивания и охлаждения сквашенного молока.

При достижении продуктом требуемой температуры термометр дает электрический сигнал на отключение мешалки и прекращение подачи холодной воды в охлаждающую рубашку.

Техническая характеристика

.Вместимость, дм ³ геометрическая	10520
рабочая	10000

Внутренний диаметр, мм	2200
Условный, проход патрубка наполнения-опорожнения, мм	80
Мощность привода мешалки, кВт,	1,8/2,3
Частота вращения мешалки, об/мин	10/20
Габаритные размера, мм	2520 × 2338 × 4380
Масса, кг.	2975

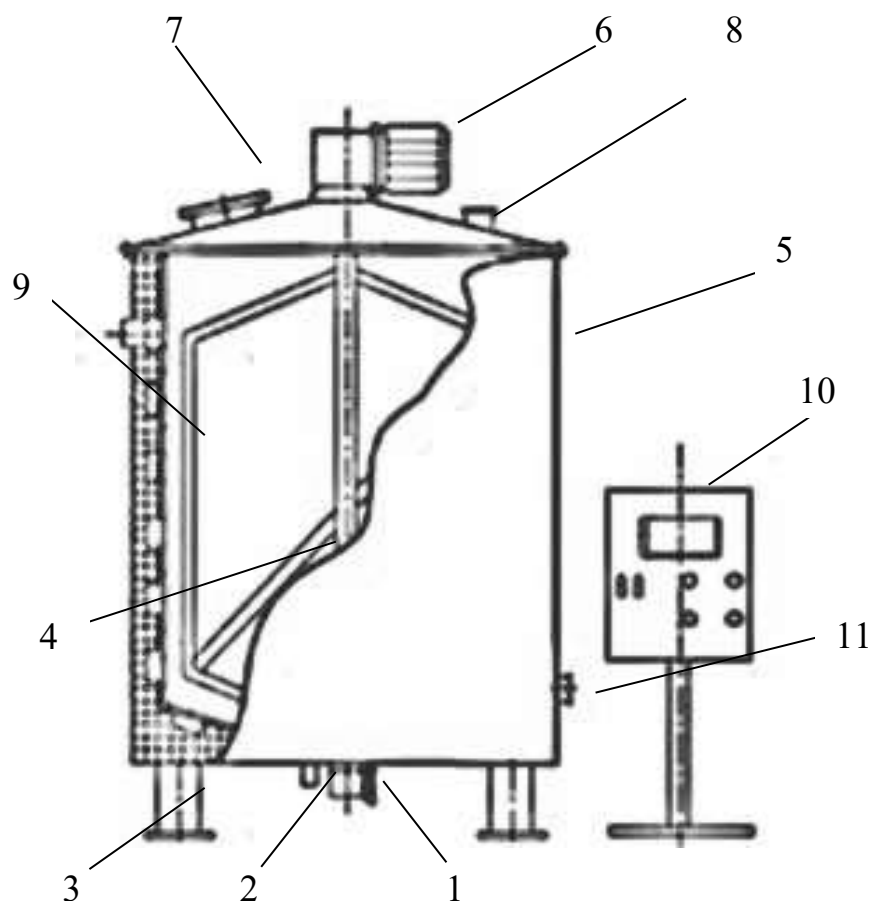


Рисунок 3 – Общий вид резервуара марки В2-0КВ-10:

- 1 – мембранный разделитель; 2 – термометр сопротивления; 3 – опора;
 4 – кран; 5 – корпус; 6 – привод; 7 – моечное устройство; 8 – светильник;
 9 – мешалка; 10 – устройство КУ-4; 11 – кран сливной

При расчете резервуара необходимо определить продолжительность истечения жидкостей из резервуаров, которая зависит от площади сечения сливного патрубка и от напора жидкости.

Скорость движения жидкости, вытекающей из сливного патрубка, м/с:

$$V = \mu\sqrt{2gH} , \quad (1)$$

где μ – коэффициент расхода, зависящий от вязкости вытекающей жидкости;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

H – высота от сливного патрубка до уровня жидкости, м.

Вышеприведенная формула применима при постоянном значении H , когда расход вытекающей жидкости компенсируется притоком жидкости в резервуар.

По данным Лейбензона зависимость коэффициента расхода от коэффициента кинематической вязкости следующая:

γ , см ² /с	0,01–0,1	0,69	5,5
μ	0,61	0,34	0,24

Во время опорожнения резервуаров, когда приток жидкости в них прекращен значения H и V уменьшаются. В этом случае продолжительность истечения жидкости из ванн, вертикальных танков и заквасочников, имеющих постоянное сечение F , с:

$$\tau = \frac{2F\sqrt{H}}{\rho f \sqrt{2g}} , \quad (2)$$

или, обозначив объем жидкости в резервуаре через V , получают

$$\tau = \frac{2V}{\rho f \sqrt{2gH_{\max}}} , \quad (3)$$

где f – площадь поперечного сечения сливного патрубка, м;

H_{\max} – наибольшая высота уровня жидкости, м.

При опорожнении самотеком автоцистерн, горизонтальных танков и сливкосозревательных ванн, имеющих переменную площадь поперечного сечения, продолжительность опорожнения при свободном истечении жидкости определяют по следующим формулам:

для автоцистерн, с

$$\tau = \frac{8 \cdot l \cdot r}{3\mu \cdot f} \sqrt{\frac{r}{g}}, \quad (4)$$

ИЛИ

$$\tau = \frac{1,7 \cdot V}{l \cdot v_{\max}}, \quad (5)$$

для сливкосозревательных ванн, с

$$\tau = 1,55 \frac{V}{f \cdot v_{\max}}, \quad (6)$$

где l – длина емкости цистерны, м;

r – внутренний радиус цистерны, м;

V – объем жидкости в одной емкости цистерны, м³;

v_{\max} – наибольшая скорость истечения жидкости, м/с.

В закрытом резервуаре при вытеснении жидкости под давлением сжатого воздуха скорость истечения продукта из сливного патрубка, м/с

$$v = \sqrt{2g\left(H + \frac{P_{\text{изб}}}{\rho}\right)}, \quad (7)$$

где $P_{\text{изб}}$ – избыточное давление сжатого воздуха, ат.;

ρ – плотность жидкости, кг/м³.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается преимущества перевозки молока в цистернах по сравнению с флягами.
2. Устройство емкостей и принцип работы.
3. Емкости технологического назначения устройство и принцип работы.
4. Как опорожняется и наполняется автоцистерна.
5. Назначение мешалок в танках для хранения.
6. Перечислите емкости технологического назначения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ТРУБОПРОВОДЫ И АРМАТУРА

Цель и задачи работы – ознакомиться с конструкциями и схемами трубопроводов, арматуры, научиться рассчитывать гидравлические и местные сопротивления.

На предприятиях молочной промышленности при подаче молока и молочных продуктов к технологическому оборудованию применяются трубопроводы.

При наличии большого количества трубопроводов для удобства их сборки, составляют схемы. Условные обозначения трубопроводов и арматуры на схемах приведены на рисунок 1.

Трубы изготавливаются из нержавеющей стали, стекла и полимерных материалов.

Трубы из нержавеющей стали выполняются с внутренним диаметром 26, 36, 50, 75 мм при толщине стенки 1 и 1,5 мм.

Для со стыкования труб между собой или соединения труб концах труб привариваются ниппели с накидными гайками или штуцера с резьбой, имеющие резиновые уплотнительные кольцевые прокладки. Ниппель одной трубы входит в кольцевой паз штуцера другой трубы, и соединение стягивается гайкой.

Стеклянные трубы устойчивы к воздействию различных сред, в том числе кислот (за исключением фтористоводородной и фосфорной) и щелочей (кроме горячих и концентрированных). Прозрачность стеклянных труб создает удобство для визуальных наблюдений за перемещающимся продуктом. Однако по сравнению с трубами из нержавеющей стали они менее термостойки и по механической прочности уступают последним. Для соединения стеклянных труб на их концах устанавливаются натяжные кольца, которые стягиваются между собой болтами. Между кольцами имеется резиновая прокладка.

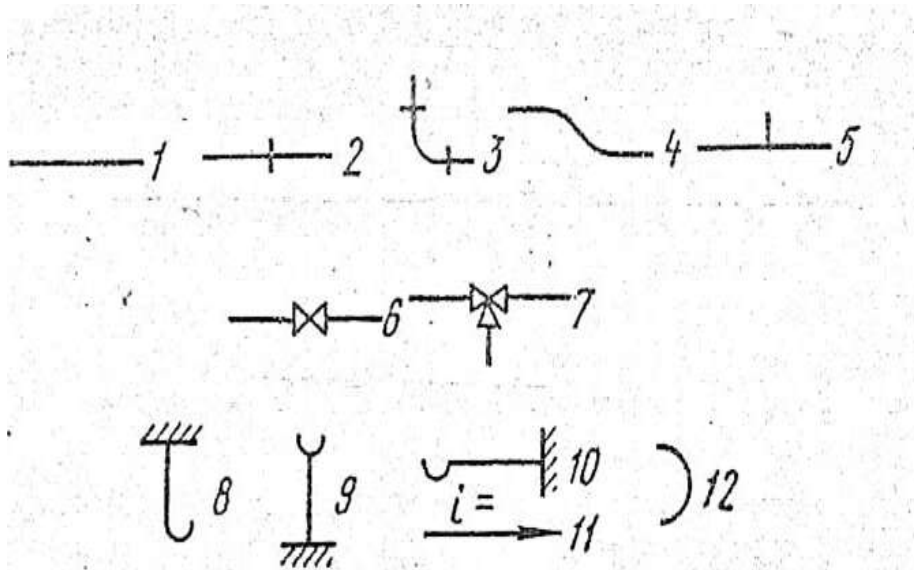


Рисунок 1 – Условные обозначения на схемах трубопроводов для молока:
 1 – трубопровод; 2 – муфтовое или фланцевое соединение; 3 – отвод;
 4 – отступ; 5 – тройник; 6 – проходной кран; 7 – трехходовой кран;
 8 – подвеска; 9 – подставка (стойка); 10 – кронштейн; 11 – уклон; 12 – калач

Трубы из полимерных материалов обладают высокими коррозионными и диэлектрическими свойствами, низкой теплопроводностью и малой массой. К недостаткам полимерных труб следует отнести меньшую по сравнению с металлическими трубами механическую прочность и более высокий коэффициент термического расширения.

Для присоединения трубопроводов к технологическому оборудованию, регулированию расхода и давления перекачиваемого продукта и изменения направления его движения трубопроводы комплектуются арматурой.

По назначению арматуру можно разделить на *запорную* – для полного отключения или включения технологического оборудования или отдельных участков трубопровода (краны, вентили, пневматические клапаны);

распределительную – для изменения направления движения продукта одновременного отключения или включения участков трубопроводов в цел., изменения направления движения продукта (тройники, отводы, трехходовые краны, пневматические клапаны);

регулирующую – для регулирования расхода, давления, температуры к уровню продукта (мембранные манометры, расходомеры, уровнемеры и регуляторы давления);

предохранительную – для прекращения повышения давления

продукта и снижения его до первоначального значения или прекращения подачи продукта к аварийному участку.

Полное гидравлическое сопротивление, Па:

$$\Delta P_o = \Sigma \Delta P_{TP} + \Sigma \Delta P_{м.с.} + \Sigma \Delta P_{с.к.} \pm \Delta P_z, \quad (1)$$

где ΔP_{TP} – сумма гидравлических сопротивлений трения, Па;

$\Sigma \Delta P_{м.с.}$ – сумма местных сопротивлений, Па;

$\Sigma \Delta P_{с.к.}$ – сумма дополнительных давлений на подъем жидкости, создание скоростного напора и неучтённых потерь, Па;

ΔP_z – разность давлений по высоте подъема жидкости, Па.

Гидравлическое сопротивление трения обусловлено вязкостью и режимами давления жидкости. Его рассчитывают для каждого трубопровода разного диаметра, Па:

$$\Delta P_{TP} = \xi_{TP} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \quad (2)$$

где ΔP_{TP} – гидравлическое сопротивление трения, Па;

ξ_{TP} – коэффициент трения;

l – длина трубы, м;

d – диаметр трубы, м;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

v – скорость движения жидкости в трубе, м/с.

Потери давления в местных сопротивлениях $\Delta P_{м.с.} = \xi_{м.с.}$, где $\xi_{м.с.}$ – коэффициент местного сопротивления. Он зависит от формы входной кромки трубы: при острых ее краях $\xi_{м.с.} = 0,5$, при тупых $\xi_{м.с.} = 0,25$, при закругленных $\xi_{м.с.} = 0,06 \div 0,005$. При выходе из трубы $\xi_{м.с.} = 1$. Коэффициент местных сопротивлений находят последующим формулам:

для поворотов трубопровода:

$$\xi_{м.с.} = \left[0,131 + 0,16 \left(\frac{d}{R} \right)^{3,5} \right] \frac{\alpha}{90}, \quad (3)$$

где d – диаметр трубы, м;

α – угол поворота, град;

R – радиус поворота, м.

для колена, угольника и тройника

$$\xi_{\text{м.с.}} = 0,946 \sin^2 \frac{L}{2} + 2,05 \sin \frac{4L}{2}, \quad (4)$$

при внезапном расширении и сужении трубопроводов

$$\xi_{\text{м.с.}} = \left(1 - \frac{f_1}{f_2}\right)^2, \quad (5)$$

где $\frac{f_1}{f_2}$ – отношение площадей расширенной и суженной частей.

В кранах коэффициент местного сопротивления зависит от угла поворота крана:

α	– 5	10	20	30	40	45	50	65	70
ξ	– 0,05	0,29	1,56	5,47	17,3	31,2	20,6	48,6	67,5

При транспортировке жидкостей, вязкость которых отлична от вязкости воды, вводится поправка β для всех местных сопротивлений и сопротивления трения:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{\nu_n}{\nu_v}}, \quad (6)$$

где ν_n – кинематическая вязкость продукта, м²/с;

ν_v – кинематическая вязкость воды, м²/с

Для того чтобы в трубопроводе протекала жидкость, необходимо затратить дополнительное давление $\Delta P_{\text{с.к.}}$ (Па) на создание скоростного напора:

$$\Delta P_{\text{с.к.}} = \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \quad (7)$$

Допустимое давление, Па:

$$P_{кр.} = 2 \frac{\delta}{D} \cdot \frac{\psi}{1 + \frac{\psi}{E} \cdot \left(\frac{D}{\delta}\right)^2}, \quad (8)$$

где δ – толщина стенки трубы, м;
 ψ – предел текучести материала;
 D – наружный диаметр трубы, м;
 E – модуль упругости, Па.

Толщина стенки трубы, находящейся под внутренним давлением, мм:

$$\delta = \frac{P \cdot d}{0,023\sigma_{доп.} - P} \cdot \frac{1}{\varphi} + C, \quad (9)$$

где P – внутреннее избыточное давление, Па;
 d – внутренний диаметр трубы, м;
 $\sigma_{доп.}$ – допустимое напряжение на растяжение, Па;
 φ – коэффициент прочности шва (для бесшовных и сварных труб малых диаметров $\varphi=1$, для сварных труб больших диаметров $\varphi=0,85$);
 C – прибавка на коррозию (при $\delta > 6$ мм, $C=1$; при $\delta < 6$ мм $C=0,18$).

Контрольные вопросы

1. Из каких материалов изготавливают трубопроводы и арматуру.
2. Как осуществляется соединение металлических, стеклянных, полимерных трубопроводов?
3. В чем отличие запорной, распределительной, регулирующей, предохранительной арматуры?
4. Как обозначаются на схемах трубопроводов отступы, тройники, проходные краны, трехходовые краны и др.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

НАСОСЫ

Цель и задачи работы – изучить устройство и работу центробежных насосов

В молочной промышленности для перекачивания маловязких продуктов применяют центробежные насосы.

Рассмотрим электронасос центробежный самовсасывающий марки 36-Ц 3,5-10, предназначенный для перекачивания маловязких продуктов температурой не более 90°С.

Расшифровка марки насоса 36–3113,5–10:

36 – диаметр входного и выходного патрубка 36 мм;

Ц – центробежный;

3,5 – производительность 3,5 л/с;

10 – общий напор 10 и водного столба.

В основном центробежные насосы работают под заливом, но если температура продукта до 50 °С, то насос работает без залива. Чтобы насос работал под заливом, надо насос установить ниже емкости, из которой перекачивают молоко, при этом уровень молока в емкости должен быть не менее 300 мм. При меньшем уровне в месте выхода молока из бака образуется жидкостная воронка и насос будет подсасывать воздух, что приведет к образованию пены молока.

Насос состоит (рисунок 1) из съемной крышки с вертикально расположенным всасывающим патрубком. Крышка входит в корпус соединенный посредством фланца с электродвигателем. Зажимным кольцом она прижимается к корпусу с расположенным на периферии выходным патрубком.

Электронасос, заполненный водой до верхнего уровня всасывающего патрубка, включают в работу, причем направление вращения колеса должно соответствовать направлению стрелки на крышке электронасоса.

Рабочее колесо вращаясь, образует в рабочей камере электронасоса воздушно-жидкостную смесь и выталкивает ее через сопло в воздухоотделитель, где жидкость, освободившись от воздуха, возвращается обратно в рабочую камеру электронасоса для образования воздушно-жидкостной смеси.

Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет создано необходимое разрежение для подъема жидкости через всасывающий трубопровод и заполнения рабочей камеры электронасоса.

После заполнения рабочей камеры жидкостью электронасос работает как центробежный.

При необходимом повторном отсосе воздуха из всасывающего трубопровода процесс возобновляется благодаря наличию оставшейся жидкости в рабочей камере электронасоса.

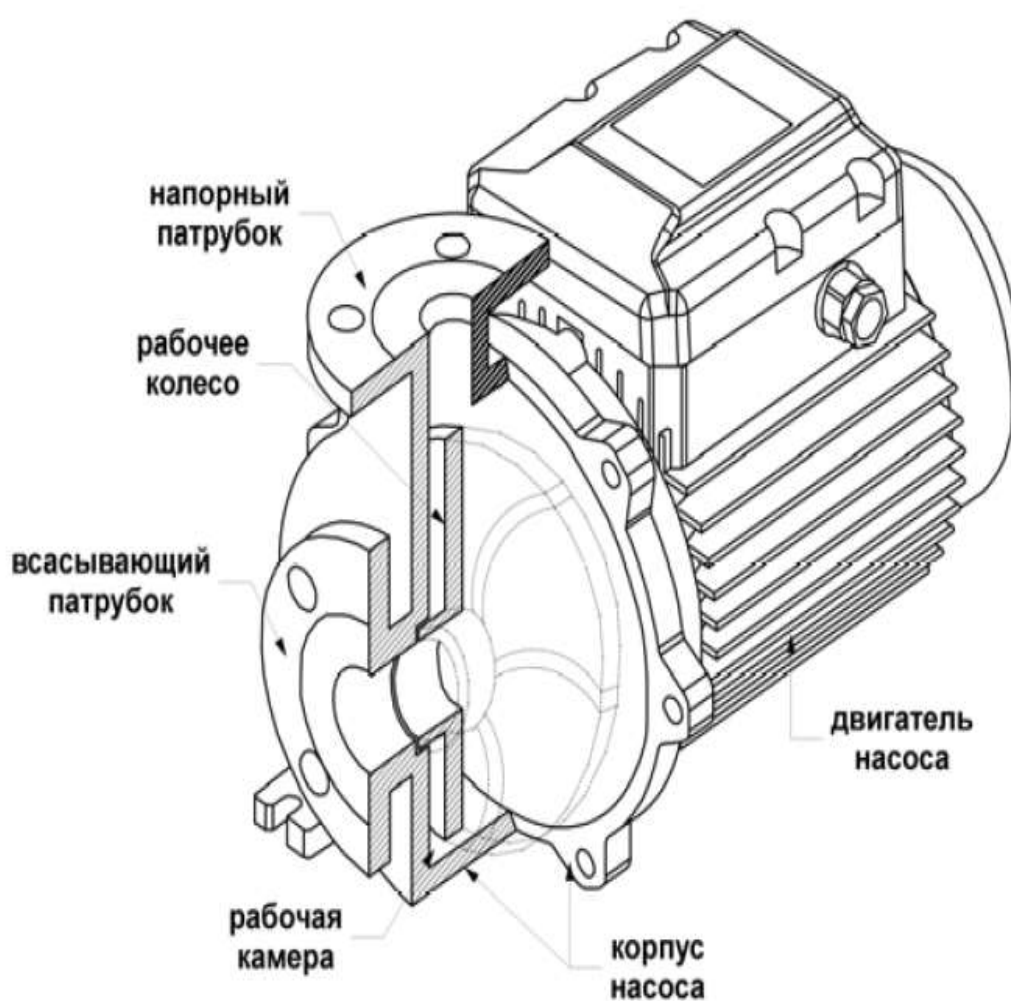


Рисунок 1 – Центробежный насос 36-Ц 3,5-10

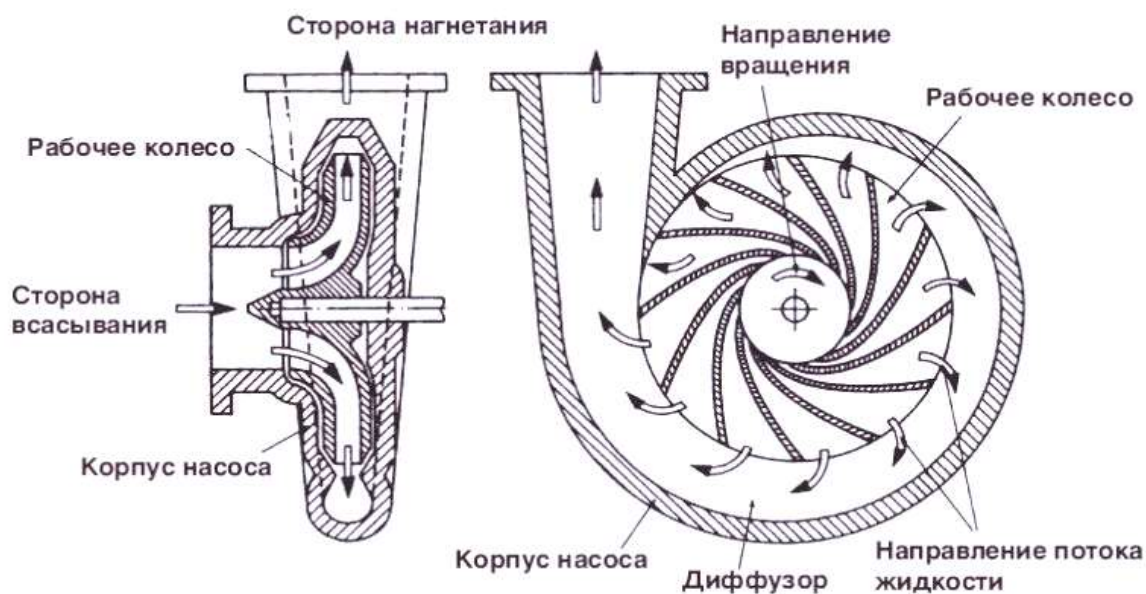


Рисунок 2 – Центробежный насос – принцип работы

Техническая характеристика

Подача, м ³ /ч (л/ч)	13(3,5)
Максимальная высота всасывания при температура жидкости до 50 °С, м	5
Рабочее колесо: частота вращения, с ⁻¹ (об/мин)	47,3(2835)
диаметр, мм	122
число лопаток	4
ширина лопатки, мм	10
Потребляемая мощность, кВт	1,0–1,1
Электродвигатель: тип	A0Л2-12-2
мощность, кВт	1,1
частота вращения, с ⁻¹ (об/мин)	47,3(2835)
Габаритные размеры, мм	520×225×503
Масса, кг	21

При расчете насосов определяют их производительность и мощность электродвигателя. Производительность центробежных насосов, м³/с:

$$M = v(\pi \cdot D - \delta \cdot z) \cdot v \cdot n_{об} , \quad (1)$$

где v – ширина рабочего колеса на внутренней окружности, м;

D – диаметр внутренней окружности рабочего колеса, м;

δ – толщина лопаток рабочего колеса, м;

z – число лопаток;

v – скорость движения жидкости на внутренней стороне диска, м/с;

$n_{об}$ – объемный КПД насоса.

Мощность, потребляемая центробежными насосами, кВт:

$$N = \frac{M \cdot H \cdot \rho_{ж}}{10^2 \cdot \eta} , \quad (2)$$

где H – высота подачи жидкости, м;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

M – производительность насоса, м³/с;

η – КПД насоса ($\eta = 0,2-0,4$).

Задачи

1. Найти потребляемую центробежным насосом мощность, N Вт, если по трубопроводу с внутренним диаметром d , м, имеющим длину l , м, перекачивается, м³/ч молока при t °С. На трубопроводе имеется три поворота под углом 90°, Коэффициент полезного действия насоса $\eta = 0,5$. Частота вращения рабочего диска n с⁻¹. Определить гидравлическое сопротивление жидкости. Данные приведены в таблице 1.

2. Определить производительность шестеренчатого насоса с внешним зацеплением, если диаметр начальной окружности шестерен D , м, модуль зацепления m , частота вращения шестерен n с⁻¹, ширина шестерен b , м, КПД - $\eta_{об}$ Данные приведены в таблице 2. Производительность определяется по формуле, м³/ч:

$$M = 60 \cdot \pi \cdot D_n \cdot m \cdot b \cdot n \cdot \eta_{об} , \quad (3)$$

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются насосы? Требования, предъявляемые

к насосам.

2. Принцип действия центробежного насоса, его назначение. В чем состоит преимущество центробежных насосов?

3. Назовите насосы, не оказывающие существенного воздействия на мировую фракцию молока.

4. Укажите факторы, влияющие на подачу и напор насосов.

5. Каковы правила техники безопасности при техническом обслуживании насосов?

6. Какие насосы используются для перекачивания творога, сырного зерна с сывороткой, масла, сливок, молока, моющих растворов?

7. Какие параметры рассчитывают при расчете насосов.

Таблица 1 – Данные для расчета центробежного насоса

Обозначение величины	Варианты						
	1	2	3	4	5	6	7
M, м ³ /ч	1,0	5,0	15,0	20,0	25,0	30,0	6,0
d, м	0,050	0,036	0,078	0,08	0,036	0,085	0,050
l, м	25	30	40	50	55	45	28
t, °C	3	4	5	6	7	8	4
n, с ⁻¹	48	52	48	45	34	36	36

Таблица 2 – Исходные данные для расчета шестеренчатого насоса

Обозначение величины	Варианты						
	1	2	3	4	5	6	7
D _н , м	0,10	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,10
m	4	5	6	5	4	6	4
b, м	0,08	0,09	0,10	0,09	0,11	0,09	0,08
n, с ⁻¹	16	18	18	15	18	17	16
η _{об}	0,7	0,75	0,75	0,7	0,85	0,65	0,8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ГОМОГЕНИЗАТОРЫ

Цель и задачи работы – ознакомиться с конструкцией клапанных гомогенизаторов, изучить принцип их работы

В молочной промышленности применяют в основном гомогенизаторы высокого давления клапанного типа.

Рассмотрим гомогенизатор марки К5-0ГА-1.2, который предназначен для дробления и равномерного распределения жировых шариков в молоке и молочных продуктах, а также в смесях для мороженого.

Гомогенизатор состоит из следующих основных узлов: кривошипно-шатунного механизма с системой смазки и охлаждения, плунжерного блока с гомогенизирующей и манометрической головками и предохранительным клапаном, станины с приводом. Привод гомогенизатора осуществляется от электродвигателя с помощью клиноременной передачи (рисунок 1).

Кривошипно-шатунный механизм гомогенизатора предназначен для преобразования вращательного движения, передаваемого клиноременной передачей от электродвигателя в возвратно-поступательное давление плунжеров, которые посредством манжетных уплотнений входят рабочие камеры плунжерного блока и, совершая всасывающие и нагнетательные ходы, создают в нем необходимое давление гомогенизирующей жидкости.

К корпусу кривошипно-шатунного механизма при помощи двух шпилек крепится плунжерный блок, который предназначен для всасывания продукта подающей магистрали и нагнетания его под высоким давлением в гомогенизирующую головку. Плунжерный блок включает в себя блок, плунжеры, манжетные уплотнения, нижние, верхние и передние крышки, гайки, всасывающие и нагнетательные клапаны, седла клапанов, прокладки, втулки, пружины, фланец, штуцер и фильтр, который устанавливается во всасывающей канал блока. К торцовой плоскости плунжерного блока крепится гомогенизирующая головка, предназначенная для выполнения двухступенчатой гомогенизации продукта за счет прохода его под высоким давлением через щель между клапаном, и

седлом клапана в каждой ступени.

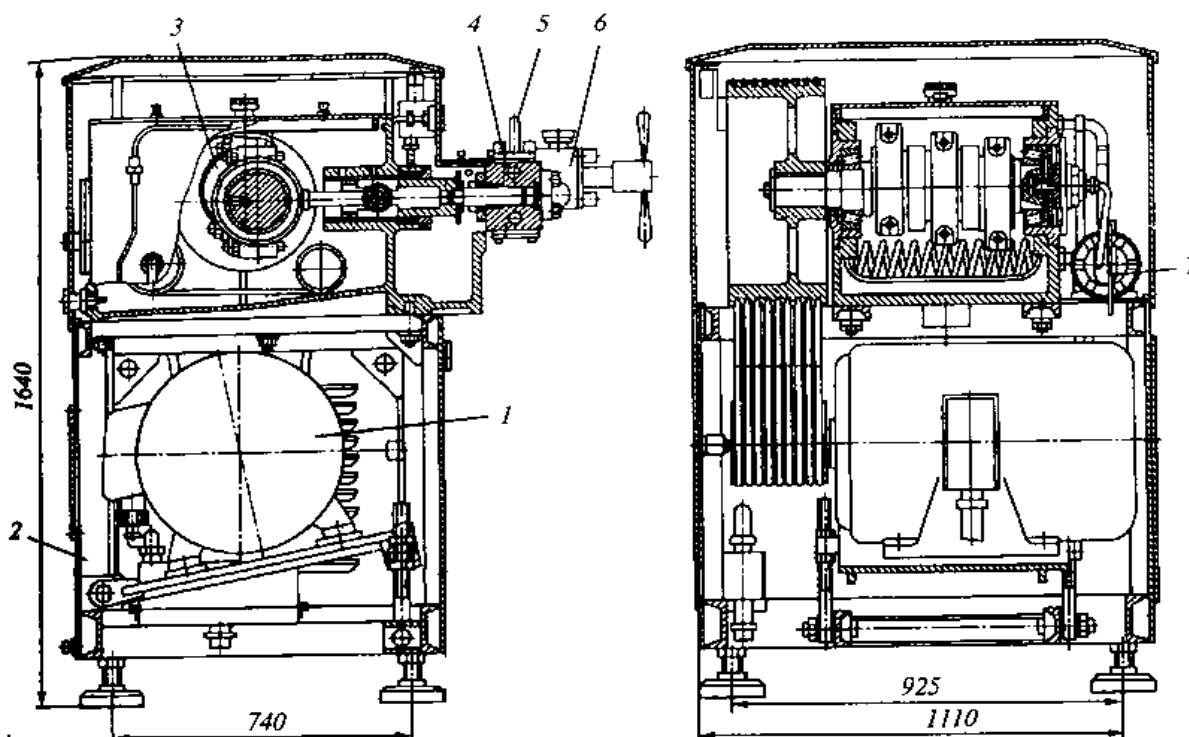


Рисунок 1 – Общий вид гомогенизатора марки К5-0ГА-1,2:

- 1 – опора; 2 – станина; 3 – плита; 4 – электродвигатель;
 5 – кривошипно-шатунный механизм; 6 – вкладыш; 7- шатун; 8 – палец;
 9 – ползун; 10 – манометрическая головка; 11 – плунжер; 12 – плунжерный блок; 13 – устройство для натяжения ремней; 14 – шкив ведущий; 15 – шкив ведомый; 16 – коленчатый вал; 17 – клиновой ремень; 18 – клапан предохранительный

Гомогенизирующая головка представляет собой две одноступенчатые головки аналогичной конструкции, соединенные вместе и связанные каналом, позволяющим продукту переходить последовательно от первой ступени ко второй. Каждая из ступеней состоит из корпуса, клапана, седла клапана и нажимного устройства, включающего стакан, шток, пружину и нажимной винт с рукояткой.

Рассмотрим схему гомогенизатора клапанного типа, представленную на рисунке 2.

Описание схемы: при ходе плунжера влево с помощью кривошипно-шатунного механизма 1 молоко проходит через всасывающий клапан 2 в цилиндр насоса 3. Затем при ходе вправо продукт проталкивается через нагнетательный клапан 11 в камеру, на которой установлен манометр 10 для контроля за давлением. Далее молоко по каналу поступает в гомогенизирующую головку,

где оно поднимает клапан 6, прижимаемый к седлу 5 пружиной 7. Натяжение пружины регулируется винтом 8. Клапан и седло притерты друг к другу и в нерабочем положении прижаты друг к другу. Под давлением продукта между ними образуется щель, через которую продавливается молоко и происходит дробление жировых шариков. Гомогенизатор снабжен предохранительным пружинным клапаном 4, через который жидкость выходит наружу, когда давление в машине выше установленного.

При расчете гомогенизатора определяют его производительность, степень раздробления жировых частиц при гомогенизации, мощность, необходимую для работы гомогенизатора.

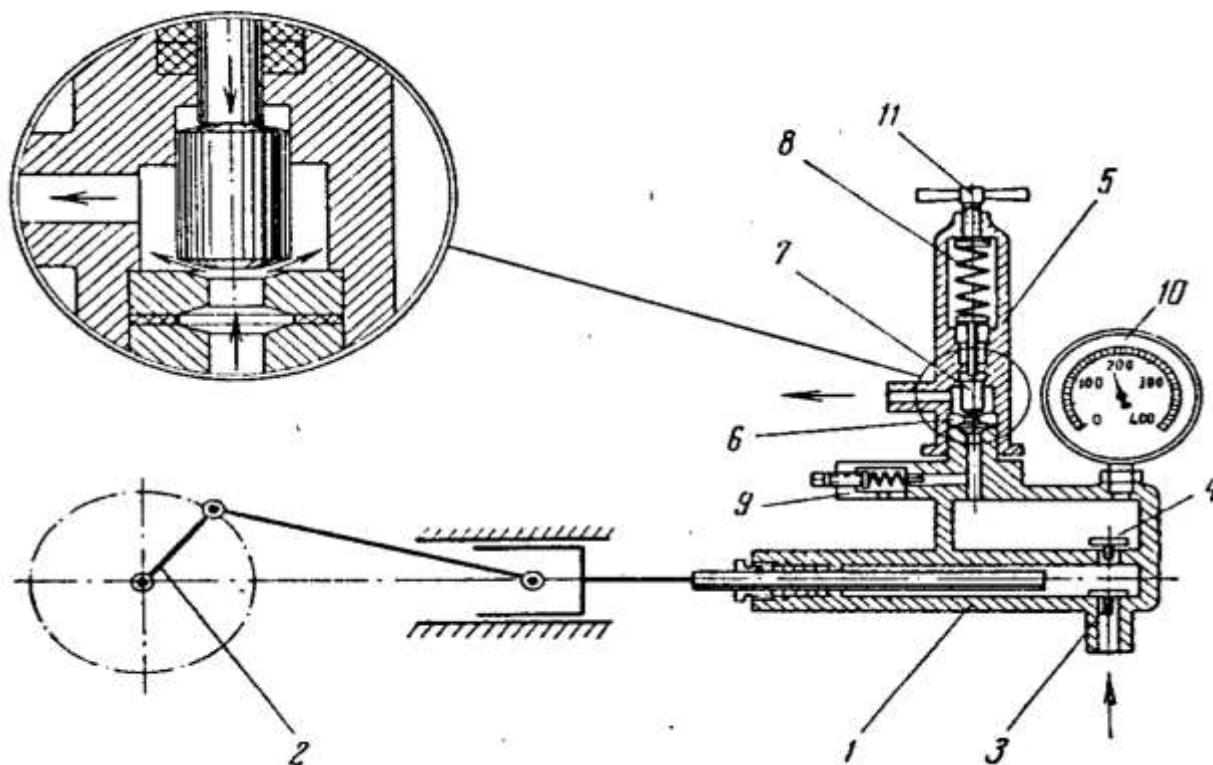


Рисунок 2 – Схема гомогенизатора клапанного типа:

- 1 – кривошипно-шатунный механизм; 2 – всасывающий клапан; 3 – насос;
 4 – предохранительный клапан; 5 – седло клапана; 6 – клапан; 7 – пружина;
 8 – регулировочный винт; 9 – гомогенизирующий клапан; 10 – манометр;
 11 – нагнетательный клапан

Производительность гомогенизатора рассчитывается как производительность плунжерного насоса, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$M = \pi \cdot d^2 \cdot S \cdot n \cdot Z \cdot \varphi , \quad (1)$$

где d – диаметр плунжера, м;

S – ход плунжера, м;

n – частота вращения коленчатого вала, с^{-1} ;

Z – количество плунжеров;

φ – объемный КПД насоса ($\varphi=0,8-0,85$)

Степень раздробления жировых шариков при гомогенизации можно охарактеризовать диаметром, который они имеют после обработки в гомогенизаторе.

При давлении гомогенизации $(30-200) \cdot 10^5$ Па и температуре продукта 60°C средний диаметр жирового шарика d_{cp} , м:

$$d = \frac{3,8}{\sqrt{P}} , \quad (2)$$

где P – давление гомогенизации, Па.

При гомогенизации в результате перехода механической энергии в тепловую температура молока повышается. Существует линейная зависимость изменения температуры молока Δt от давления, она выражается следующей формулой, $^\circ\text{C}$:

$$\Delta t = \frac{P}{39,1 \cdot 10^4 \cdot 9,8} , \quad (3)$$

Высокое давление гомогенизации является причиной того, что гомогенизаторы клапанного типа поглощают много электроэнергии. У большинства гомогенизаторов высокое давление клапана на седло компенсируется пружиной, которая должна быть достаточно жесткой, чтобы обеспечить необходимое давление гомогенизации.

Мощность, необходимая для работы гомогенизатора, определяют по формуле для расчета мощности насоса, кВт:

$$N = \frac{M \cdot P_0}{\eta} , \quad (4)$$

где M – производительность гомогенизатора, $\text{м}^3/\text{с}$;

P_0 – давление, развиваемое плунжерами гомогенизатора, Па;

η – механический КПД гомогенизатора ($\eta=0,75$)

Задача

Определить производительность гомогенизатора, имеющего техническую характеристику: диаметр плунжера d , мм; число плунжеров Z , шт.; длина хода плунжера l , мм; число оборотов коленчатого вала гомогенизатора n , с^{-1} ; объемный КПД η ; температура гомогенизации t , $^{\circ}\text{C}$; давление гомогенизации P , МПа. Определить ожидаемый диаметр жировых шариков после гомогенизации и повышение температуры обрабатываемого молока. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета гомогенизатора

Обозначение величины	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d , мм	30	32	38	35	40	42	45	30	35
Z , шт.	3	5	3	7	3	5	5	3	7
l , мм	40	45	30	35	45	40	50	50	45
η	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	0,9	0,85	0,9
n , с^{-1}	4	3,5	4,6	4,5	5	3,7	5,2	6	4,3
t , $^{\circ}\text{C}$	60	61	65	63	64	60	65	62	63
P , МПа	13	15	17	19	21	20	18	16	14

Контрольные вопросы

1. Каково назначение гомогенизаторов?
2. В чем заключается принцип действия гомогенизатора?
3. Опишите устройство и работу плунжерного блока, гомогенизирующей головки.
4. Как определить производительность и потребную мощность гомогенизатора?
5. Дать сравнительную характеристику клапанного гомогенизатора и ультразвукового.
6. Устройство и работа эмульсора?
7. В чем отличие гомогенизатора для высоковязких продуктов от гомогенизатора для молока?
8. Какую роль выполняет кривошипно-шатунный механизм в гомогенизаторе?
9. Принцип, действия и назначение пластификаторов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

СЕПАРАТОРЫ

Цель и задачи работы – изучить конструкцию, принцип работы сепаратора-сливкоотделителя С0М-3-1000М

Данный сепаратор предназначен для разделения цельного молока на сливки и обезжиренное молоко и для одновременной очистки молока от посторонних примесей.

Производительность сепаратора С0М-3-1000М открытого типа при температуре молока 35-40 °С и кислотности не более 22 °Т составляет 1000 л/ч. Содержание жира в обезжиренном молоке после сепарирования не более 0,04 %. Регулировка объемных отношений выхода из сепаратора сливок к обезжиренному молоку от 1:4 до 1:12, что позволяет получить сливки жирностью от 10 до 45 %. Продолжительность непрерывной работы сепаратора 1 ч.

Основные части сепаратора (рисунок 1) станина с приводным механизмом, плитой и салазками, барабан и молочная посуда.

Приводной механизм, смонтированный в станине, состоит из вертикального вала (веретена) 16, горизонтального вала 17, клиноременной передачи 11 и фрикционно-центробежной муфты установленной на валу электродвигателя 12.

Вертикальный вал (рисунок 2) вращается в верхней (горловой) упругой опоре к нижнем шарикоподшипнике и опирается через промежуточную шайбу упорный шарикоподшипник 15, специальные шайбы 13 и 14 на винт подпятника 12. Винт подпятника ввернут в станину и закреплен контргайкой 11 и гайкой 10 через прокладку 9. Винтом подпятника можно поднимать или опускать веретено для правильной установки барабана по высоте.

Верхняя опора веретена смонтирована в корпусе 3. В отверстиях корпуса расположены шесть пружин 5. Одним концом они опираются на винты 6, ввинченные в эти отверстия, а другим - через стаканчики 4 на обойму шарикоподшипника. Корпус 3 прикреплен винтами к станине сепаратора.

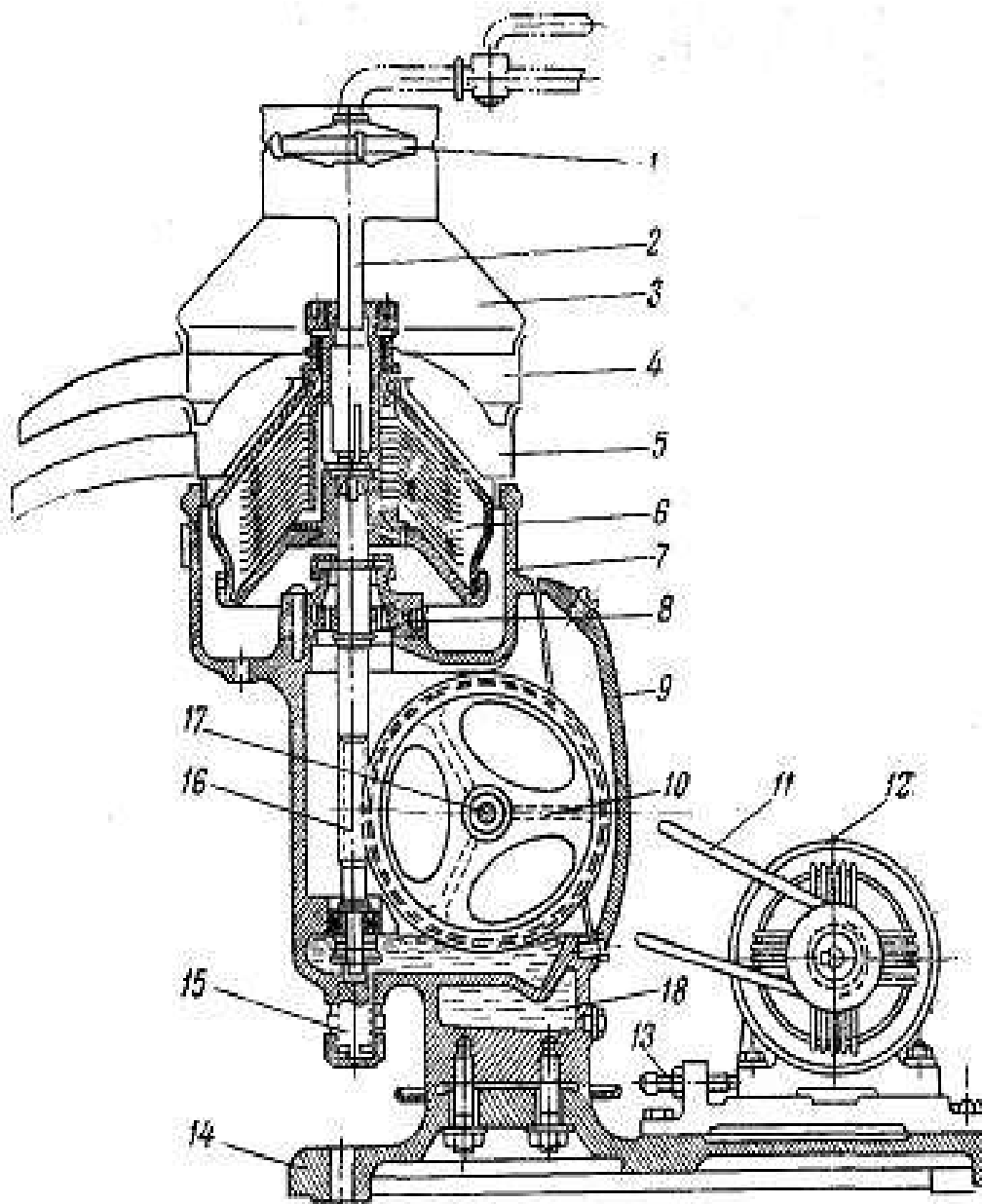


Рисунок 1 – Сепаратор СОМ -3-1000М:

- 1 – поплавок; 2 – трубка поплавковой камеры; 3 – поплавковая камера;
 4 – сборник сливок; 5 – сборник обрата; 6 – барабан; 7 – станина;
 8 – горловой подшипник; 9 – крышка; 10 – большая шестерня;
 11 – клиноременная передача; 12 – электродвигатель; 13 – натяжное устройство; 14 – основание; 15 – подпятник; 16 – вертикальный вал (веретено); 17 – горизонтальный вал; 18 – смазочное масло

Такое устройство обеспечивает упругость подшипника. При возникновении определенной радиальной нагрузки подшипник вместе с веретеном смещается и пружины сжимаются.

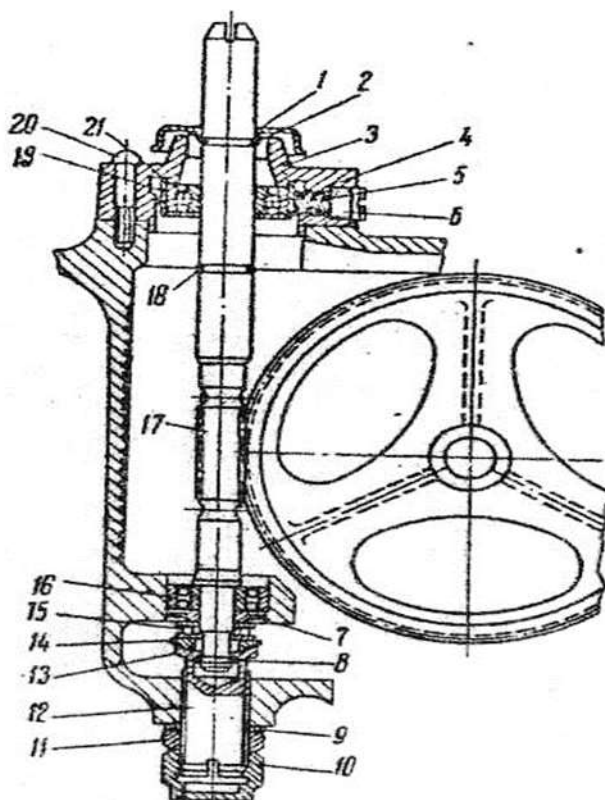


Рисунок 2 – Вертикальный вал сепаратора СОМ-3-1000М:
 1 – крышка; 2, 8 и 18 – кольца; 3 – корпус горловой опоры; 4 – стаканчик;
 5 – пружины; 6 – винт пружины; 7 – промежуточная шайба; 9 – прокладка,
 10 – гайка; 11 – контргайка; 12 – винт подпятника; 13 и 14 – специальные
 шайбы; 15 – упорный шарикоподшипник; 16 и- 21 – шарикоподшипники;
 17 – веретено; 19 – обойма; 20 – винт

Корпус 3 закрыт крышкой 1, установленной на веретене до упора в кольцо 2 и вращается вместе с ним. Крышка 1 предохраняется от попадания воды или молока в подшипник и от выходного смазочного масла из картера станины.

В верхней части веретена имеется прорезь, куда входит шпонка пробки пятника корпуса барабана, и он вращается вместе с веретеном. В средней части веретено снабжено семизаходной нарезкой, посредством которой оно входит в зацепление с шестерней горизонтального вала. Кольцо 18 на веретене служит для ограничения подъема при спуске сепаратора. Подъем веретена вызывается силой, направленной вверх от реакции зацепления шестерни с веретеном.

Горизонтальный вал (рисунок 3) вращается в двух шарикоподшипниках 26, расположенных в приливах в станине. Шарикоподшипники закрыты крышками 18 и 25 с прокладками.

Внутри станины на валу установлена бронзовая шестерня 8, которая закреплена винтом 23. Для ограничения перемещения вала между шарикоподшипником и шестерней установлена распорная втулка 24. На выходящем из станины конце вала закреплён шкив 19. Вращение шкиву передается через клиновидный ремень 20 от электродвигателя 10 через фракционно-центробежную муфту 17. Электродвигатель установлен на двух салазках 11, закрепленных на плите 12. Для натягивания ремня перемещают электродвигатель на салазках и закрепляют его болтами. Клиноременная передача закрыта ограждением.

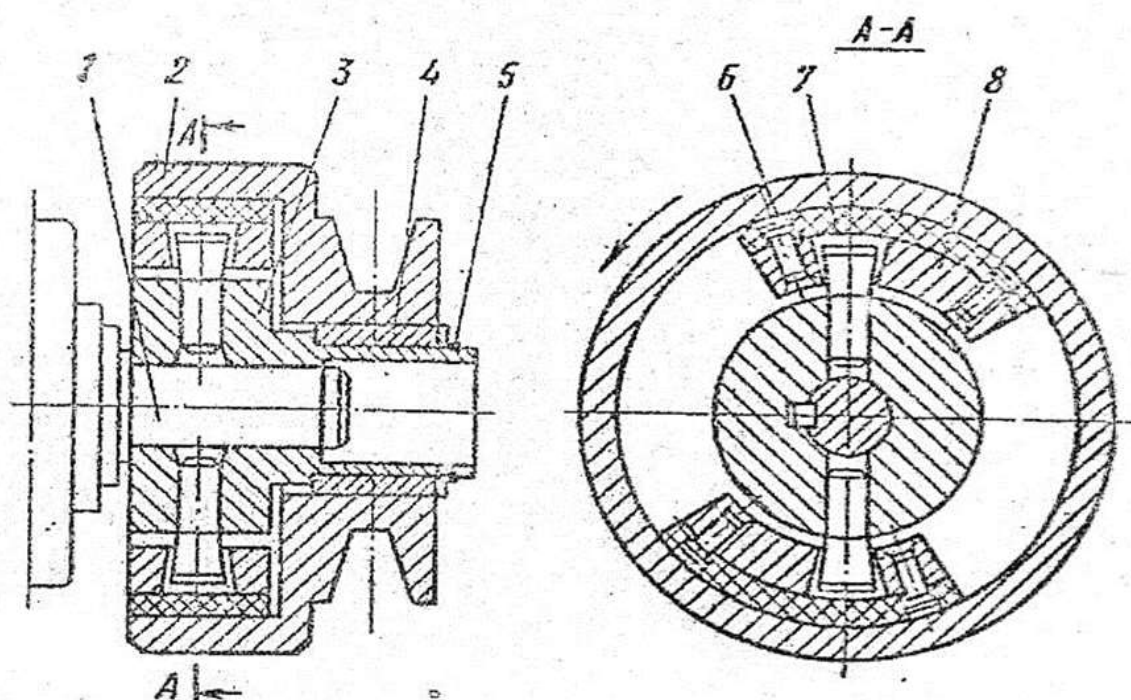


Рисунок 3 – Центробежная фрикционная муфта сепаратора С0М-3-1000М:
 1 – вал электродвигателя; 2 – шкив с бандажом; 3 – полумуфта; 4 – втулка;
 5 – упорное кольцо; 6 – заклепка; 7 – фрикционная накладка; 8 – колодка

Фрикционная центробежная муфта (рисунок 3) служит для постепенной и плавной передачи вращения крутящего момента от электродвигателя барабану, установленному на вертикальном валу. При вращении вала электродвигателя вместе с ним вращается полумуфта 3 и две колодки. Под действием центробежной силы колодки прижимаются к внутренней поверхности шкива 2 и увлекают его за собой. Колодки снабжены накладками 7, закрепленными заклепками 6. Колодки закрепляются штифтом.

Шкив 2 свободно вращается на втулке 4 и удерживается упорным кольцом 5.

В момент пуска сепаратора, когда возникает значительная мощность для преодоления инерции барабана сепаратора, колодки проскальзывают и не передают полных оборотов. Постепенно проскальзывание уменьшается и барабан достигает рабочих оборотов. Барабан набирает рабочие обороты за 2–4 мин.

Барабан является основной частью сепаратора. В нем происходит сепарирование молока – разделение молока под действием центробежной силы на сливки и обезжиренное молоко.

Основание 11 барабана (рисунок 4) имеет коническую форму. В центре его расположена центральная трубка. В верхней части ее имеется нарезка для гайки – три продолговатых отверстия, через которые молоко из трубки попадает в каналы тарелкодержателя 13. Ниже этих отверстий в трубке запрессована пробка 5 пятника с конусом и поперечной шпонкой 7 для посадки барабана на веретено. В диске основания расположена канавка, куда вкладывается резиновое кольцо 9, обеспечивающее герметичность соединения крышки 4 с основанием. В наружном борту основания находится лаз, в который входит штифт 10 крышки и фиксирует ее по отношению к основанию.

На трубку основания надет тарелкодержатель 13. С внутренней стороны его находятся три продольных канала, заканчивающихся в нижней части сквозными отверстиями, через которые молоко из центральной трубки попадает в пакет тарелок.

На наружной стороне тарелкодержателя имеются три грани, на которых фиксируются тарелки 14. На гранях есть дополнительные каналы для прохода сливок. На тарелках 14 имеются три отверстия и несколько шипиков.

При укладке тарелок отверстия в них и в тарелкодержателе совпадают и образуют вертикальные каналы, по которым молоко поднимается вверх и распределяется между тарелками тонкими слоями.

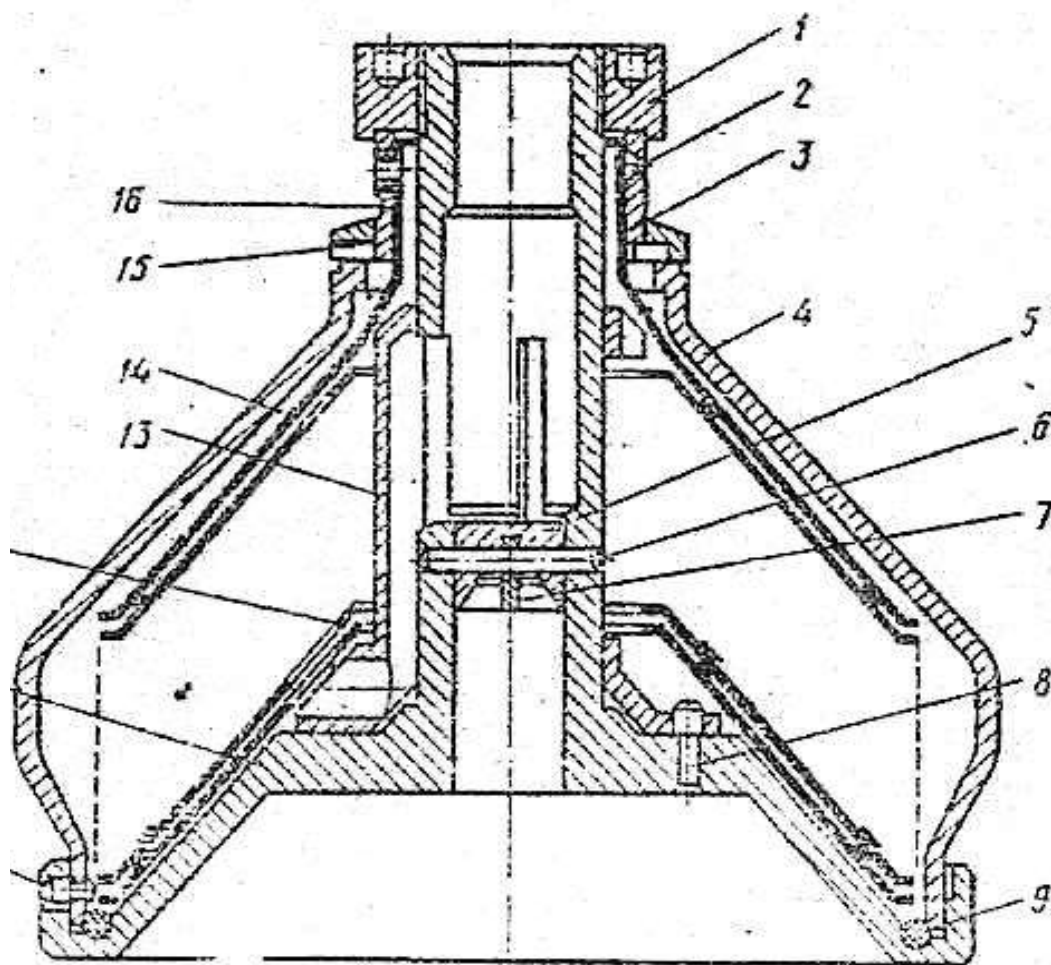


Рисунок 4 – Барабан сепаратора СМ-3-1000М:

- 1 – гайка; 2 – отверстие для воздуха; 3 – разделительная тарелка; 4 – крышка;
 5 – пробка; 6,8 и 10 – штифты; 7 – шпонка; 9 – уплотнительное кольцо;
 11 – основание; 12 – нижняя тарелка; 13 – тарелкодержатель;
 14 – промежуточная тарелка; 15 – кольцо; 16 – планка

Пакет тарелок состоит из 48–52 тарелок. Он накрыт разделительной тарелкой 3. В горловине ее припаяна планка 16 с регулировочным винтом 17 и на наружной конусной поверхности – три ребра, на которые ложится крышка 4 барабана, образуя пространство между разделительной тарелкой.

На конусной части разделительной тарелки нет отверстий, поэтому она разделяет барабан на две части. На крышке барабана в верхней, части имеется вырез, кольцо 15 и паз, в который входит планка разделительной тарелки.

При сепарировании обезжиренное молоко, отходящее к периферии барабана, проходит между разделительной тарелкой и

крышкой. Затем оно выбрасывается из барабана через каналы в кольце 15 по касательной, вследствие этого облегчается ход барабана и уменьшается пенообразование. Сливки (наиболее легкая часть молока) оттесняются к тарелкодержателю и, поднимаясь вверх, выходят через отверстие регулировочного винта 17.

В пространстве между пакетом тарелок и крышкой (грязевом пространстве) скапливаются наиболее тяжелые посторонние примеси, выделившиеся из молока. По заполнению этого пространства надо прекратить сепарирование и удалить накопившиеся примеси.

Гайка 1 барабана служит для плотного соединения всех частей барабана. Она навинчивается на центральную трубку основания и прижимает крышку барабана к резиновому кольцу 9 и основанию, сжимая при этом весь пакет тарелок. Барабан получает вращение от электродвигателя через клиноременную передачу, фрикционно-центробежную муфту и винтовую зубчатую передачу.

Молочная посуда служит для подачи молока во вращающийся барабан и приема из барабана обезжиренного молока и сливок. Приемник обезжиренного молока 4 (рисунок 4) вставлен в чашу станины, а в него - приемник сливок 3, закрытый приемной камерой 2 с поплавком 1. Приемная камера в центре имеет калибровочную трубку, конец которой входит в центральную трубку основания барабана. Диаметр трубки приемной камеры соответствует производительности сепаратора.

Приемники обезжиренного молока и сливок установлены таким образом, что в них соответственно из барабана поступают обезжиренное молоко и сливки, исключается попадание сливок в обезжиренное молоко. Сливки и обезжиренное молоко выходят из приемника по специальным рожкам.

Разделяющий фактор рассчитывают по следующей формуле:

$$F = \frac{w^2 \cdot R}{g}, \quad (1)$$

где R – внутренний радиус барабана, м;

w – окружная скорость барабана м/с;

g – ускорение силы тяжести, м²/с.

Чем больше значение разделяющего фактора, тем интенсивнее

протекает процесс центрифугирования (сепарирования).

Под разделяющим фактором сепаратора понимается комплекс величин, определяемых его конструкцией, т. е.

$$F = \frac{Z \cdot (R_{\sigma}^2 - R_{\mu}^2) \cdot \pi \cdot H \cdot \omega^2}{4,6M \cdot \lg \frac{R_{\sigma}}{R_{\mu}}}, \quad (2)$$

где Z – число межтарелочных пространств в барабане;

R_{σ} , R_{μ} – соответственно больший и меньший радиусы тарелки, м;

H – высота тарелки, м;

M – производительность сепаратора, м³/с.

Затем определяют предельный размер дисперсной частицы. Под ним понимают такой ее минимальный размер, при котором она может быть выделена из молока и найдена для первой и второй стадий, ее движения.

Для первой стадии

$$d_1 = \sqrt{\frac{M \cdot \mu}{16,55 \cdot \eta_T \cdot n^2 \cdot Z \cdot \operatorname{tg} \alpha (R_{\sigma}^3 - R_{\mu}^3) (\rho_n - \rho_{ж})^3}}, \quad (3)$$

Для второй

$$d_2 = \sqrt{\frac{M \cdot \mu}{Z \cdot n^2 \cdot R^2 \cdot R^2 \cdot \cos \alpha \cdot (\rho_n - \rho_{ж})^3}}, \quad (4)$$

где μ – вязкость молока, Па·с;

η_T – технологический КПД (= 0,5–0,7);

n – частота вращения барабана, с⁻¹;

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

ρ_n , $\rho_{ж}$ – плотность соответственно плазмы и жира, кг/м³.

Сравнивают показатели работы сепаратора, найденные экспериментально и теоретически (по формулам). Делают анализ работы сепаратора на предприятии.

Задача

Определить предельный диаметр жирового шарика для первой и второй стадий его движения, разделяющий фактор, если сепаратор имеет Z тарелок. Их высота H мм, R_6 мм, R_M мм. Его производительность M м³/ч, угол наклона образующей α , число оборотов барабана n с⁻¹, расстояние между тарелками 0,8 мм. Температура сепарирования t °С, максимальный диаметр барабана D мм, его высота H_B мм. Исходные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета сепаратора

Обозначение величин	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_6 , мм	140	150	156	130	120	139	145	150	142
R_M , мм	50	52	53	55	49	50	51	49	51
H , мм	135	136	138	138	133	132	135	131	130
H_B , мм	400	430	470	520	380	390	410	420	425
n , с ⁻¹	100	110	112	115	98	90	105	106	117
M , м ³ /ч	10	15	20	15	5	7	12	9	8
D , мм	390	420	450	510	350	390	400	500	380
t , °С	45	42	46	50	49	47	46	41	45
α , град	55	45	57	54	51	46	47	50	52
Z , шт.	100	112	111	108	102	95	104	101	105

Контрольные вопросы

1. Разновидности сепараторов по назначению и исполнению.
2. Основные отличия молокоочистителя от сливокотделителя.
3. Основные узлы сепараторов, их устройство, назначение.
4. Что такое шламовое пространство?
5. Что такое разделяющий фактор сепаратора, как его определить?
6. Физическая сущность процесса сепарирования.
7. Каким путем можно повысить жирность сливок при сепарировании?
8. По каким каналам движутся в барабане сепаратора сливки и обезжиренное молоко?
9. Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать

при обслуживании сепаратора?

10. Для какой цели тарелки барабана сепаратора имеют отверстия и шипики?

11. Каким образом отводятся сливки и обезжиренное молоко в сепараторах различных типов?

12. Что такое периферия?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

СЕПАРАТОР-МОЛОКООЧИСТИТЕЛЬ

Цель и задачи работы – изучить конструкцию, принцип работы сепаратора-молокоочистителя, его особенности и отличия.

Сепаратор-молокоочиститель предназначен для выделения из молока механических и естественных примесей, а также разделение суспензий и эмульсий, где плотность плазмы ниже плотности выделяемых частиц.

К этим сепараторам относятся также и сепараторы-бактериоотделители, в которых происходит выделение из молока микроорганизмов.

Сепараторы-молокоочистители состоят из станины с приводным механизмом, приемно-отводящего устройства, гидроузла, чаши станины с приемником осадка и комплекта системы управления сепаратором (рисунок 1).

В сепараторе-молокоочистители молоко так же, как и в сепараторе-сливкоотделители, поступает в сепарирующее устройство, и таким образом срабатывает гидросистема. Сепаратор-молокоочиститель отличается от сепаратора-сливкоотделителя тем, что молоко поступает в межтарелочное пространство не через отверстия в тарелках, а с периферии. Очищенное от примесей молоко поступает к центру вращения. Разгрузка осадка из сепарирующего устройства осуществляется так же как у сепаратора-сливкоотделителя, только молоко выходит через один напорный диск.

У сепараторов-молокоочистителей и сепараторов-сливкоотделителей одинаковая по устройству гидросистема для раскрытия сепарирующих устройств в момент разгрузки. В обоих сепараторах гидросистема состоит из двух гидроузлов, которые предназначены для подачи буферной воды в сепарирующее устройство. Гидроузел снабжен редукционным клапаном и фильтром для очистки воды от крупных частиц примесей, которые при попадании могут привести к закупориванию сопел.

Сепараторы-молокоочиститель имеют аналогичное устройство привода с сепаратором-сливкоотделителем.

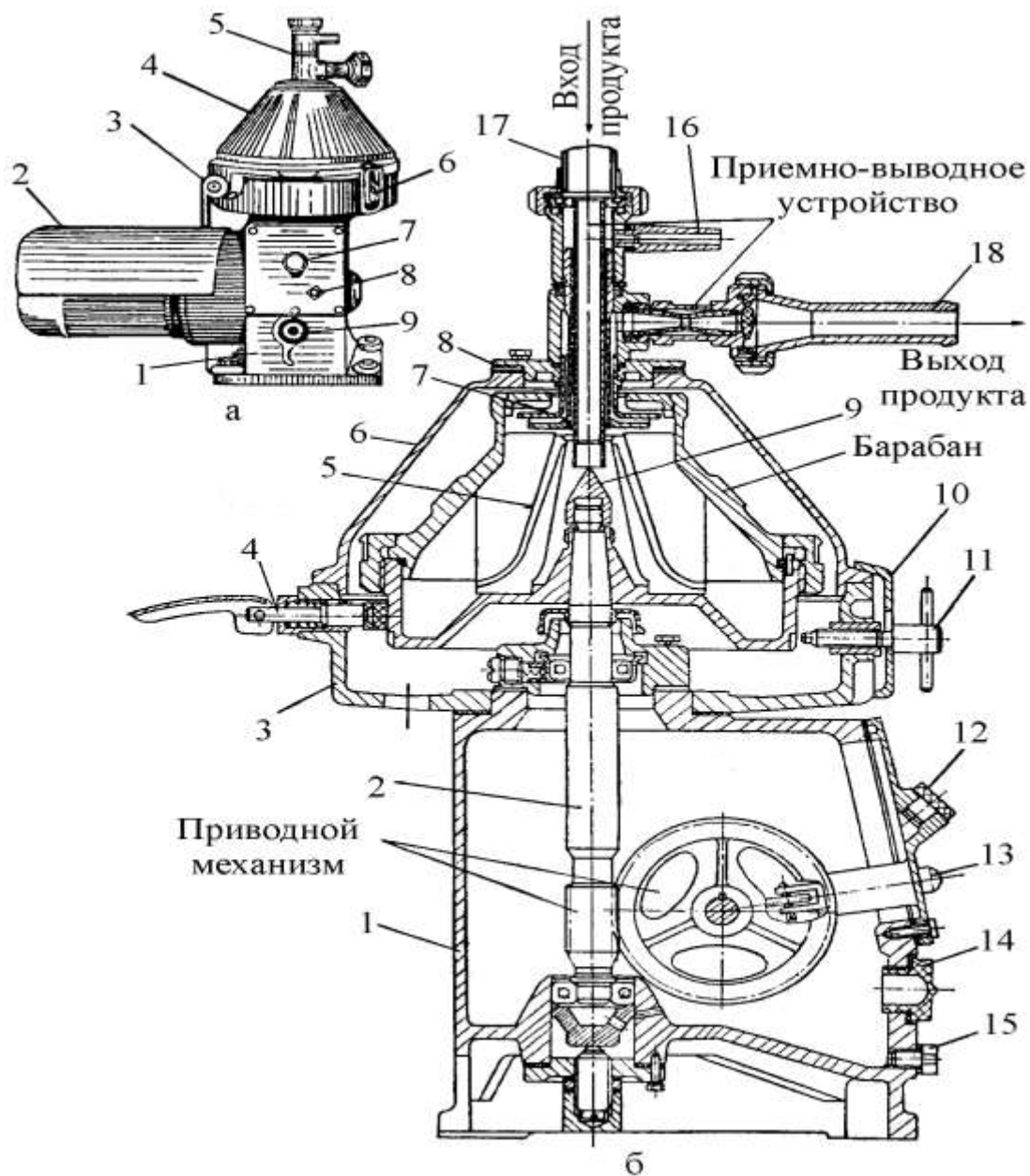


Рисунок 1 – Сепаратор-молокоочиститель:

- а – общий вид: 1 – станина; 2 – привод; 3 – стопор; 4 – кожух;
 5 – приемно-выводное устройство; 6 – ручка тормоза; 7 – отверстие для залива масла; 8 – кнопка пульсатора; 9 – смотровое стекло;
- б – вид в разрезе: 1 – станина; 2 – вертикальный вал (веретено); 3 – чаша; 4 – тормоз; 5 – крыльчатка; 6 – крышка; 7 – напорный диск; 8 – кольцо резиновое; 9 – гайка; 10 – прижим; 11 – стопор; 12 – пробка; 13 – кнопка пульсатора; 14 – смотровое стекло; 15 – отверстие для слива масла;
- 16 – патрубок подвода вакуума; 17 – центральная трубка;
 18 – выходной патрубок

Особенностью сепаратора-бактериоотделителя является сопловая выгрузка осадка (бактериальной взвеси), но возможно

комбинирование ее с пульсирующей выгрузкой. В этом случае сепаратор-бактериоотделитель выполняет функции бактериоотделения и очистки молока от других, несвойственных ему примесей. Молоко в сепарирующее устройство сепаратора-бактериоотделителя поступает через полое веретено. Очищенное молоко движется от периферии к оси вращения, а удаляется из сепарирующего устройства напорным диском. Шлам разгружается через сопла, находящиеся в стенках этого устройства.

Производительность сепаратора-молокоочистителя определяется по следующей формуле:

$$M = 0,77 \cdot 10^{-7} \cdot n^2 \cdot Z \cdot R_m^2 \cdot h^2 \cdot \alpha \frac{\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{м}}}{\mu} \cdot \cos \alpha, \quad (1)$$

где μ – коэффициент динамической вязкости молока, Н·с/м²;

α – угол между образующей тарелки и горизонтом, град.;

$\rho_{\text{м}}$ – плотность плазмы молока, кг/м³;

$\rho_{\text{ч}}$ – плотность частицы, кг/м³;

h – расстояние между тарелками, м;

n – частота вращения барабана, с⁻¹;

Z – число тарелок;

R_m – радиус малых тарелок, м;

d – (предельный диаметр частицы, м ($d = (1,5-2,5) 10^5$))

Контрольные вопросы

1. Отличия устройства барабана молокоочистителя от сливоотделителя.

2. Виды сепараторов-молокоочистителей.

3. Принцип действия сепаратора-молокоочистителя.

4. Назначение сепаратора-бактериоотделителя и принцип его действия.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

ФИЛЬТРЫ

Цель и задачи работы – изучить, конструкцию фильтров, фильтр-прессов, мембранных, ультрафильтрационных и обратноосмотических установок, ознакомиться с принципом их работы.

В молокоперерабатывающей промышленности для очистки молока и смесей мороженого от механических примесей, и для выделения белковых частиц применяют фильтры, а основном закрытого типа. Они бывают пластинчатыми, дисковыми и цилиндрическими.

В фильтр-прессах происходит отделение белковых сгустков после осаждения казеина или альбумина при осветлении сыворотки в производстве молочного сахара, а также выделение кристаллов молочного сахара.

А мембранные фильтрационные аппараты используют для разделения молока и молочных продуктов на фильтрат и концентрат.

Основной рабочей частью этого оборудования являются перегородки у фильтров и фильтр-прессов – проницаемые, у мембранных установок – полупроницаемые. В качестве проницаемых перегородок в фильтрах используют металлические сита (плетевые и штампованные) и ткани различной пористости, а в фильтр-прессах – тканевые перегородки. Высокая степень очистки достигается при сочетании металлических сит и холста, а также при использовании полимерных материалов (тканей из энанта и лавсана).

Полупроницаемые перегородки изготавливают на основе целлулоидацетата или синтетических полимеров.

Рассмотрим закрытый дисковый фильтр (рисунок 1), он состоит из стального корпуса, крышки, клапана, патрубка для входа молока, набора фильтрующих дисков с отверстиями для выхода молока. Фильтровальных прокладок, внутреннего стакана, крана для спуска молока из трубы.

Молоко поступает под давлением внутрь центрального цилиндрического стакана 5 через патрубок, проходит через

отверстия в дисках и фильтрующие элементы и выводится из стакана по трубе. При средней загрязненности молока (содержание примесей – 0,05–0,07 %) цилиндрические фильтры могут работать без разборки 1,5–2,0 ч, дисковые – немного дольше (2,5– 3,0 ч), поэтому для длительной непрерывной работы фильтров их выполняют двухкамерными с возможностью поочередной работы каждой из камер. Перед фильтрацией молоко необходимо нагреть до температуры 30...40 °С.

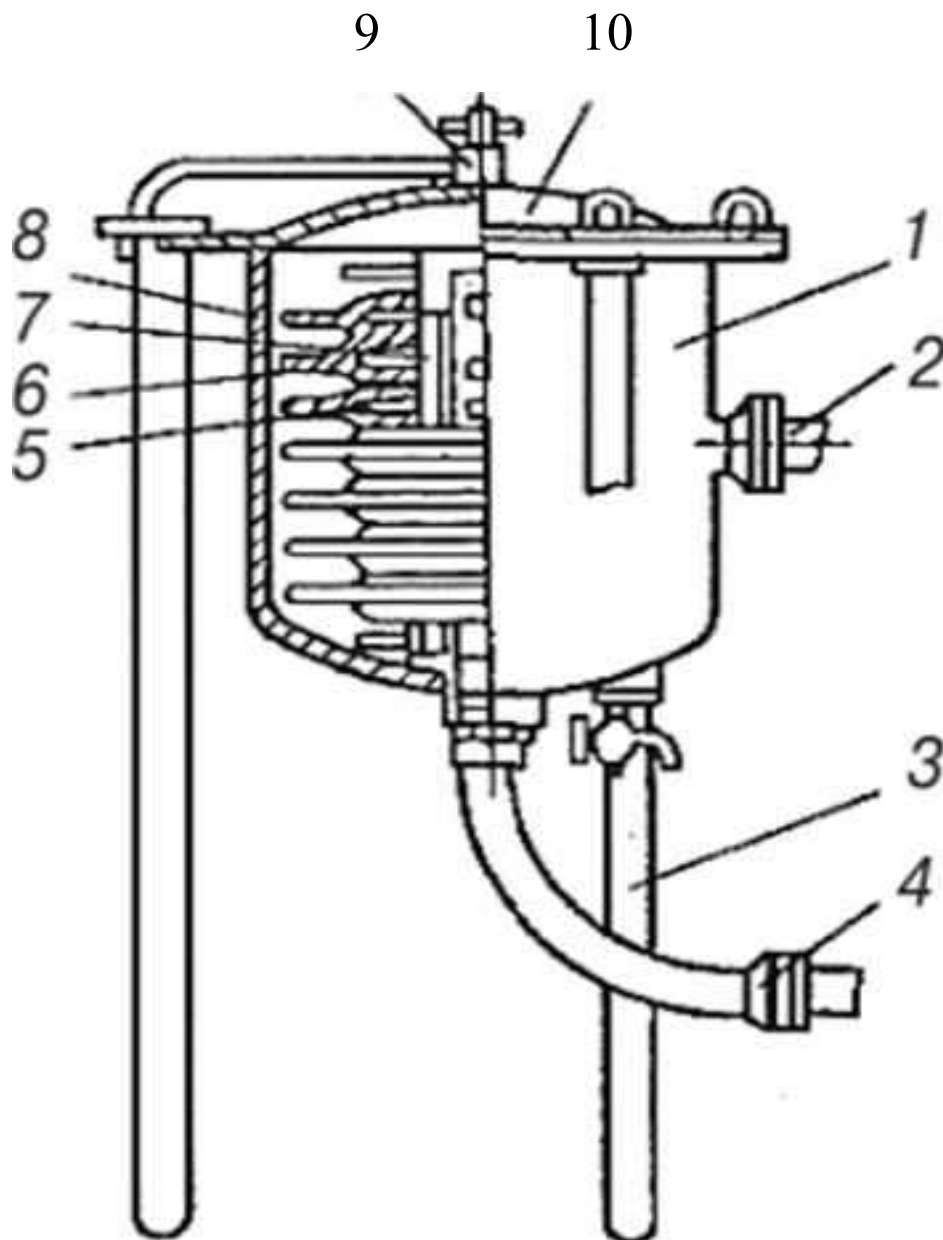


Рисунок 1 – Схема дискового фильтра:

1 – корпус; 2 – патрубок для входа молока; 3 – стойка; 4 – патрубок для выхода молока; 5 – цилиндрический стакан; 6 – фильтрующий элемент; 7 – отверстие; 8 – диск; 9 – клапан для выпуска воздуха; 10 – крышка

Рабочими элементами фильтр-прессов (рисунок 2) являются рамы и плиты, они изготовлены из чугуна и размещены поочередно. Плиты покрыты фильтровальной тканью. При сборке отверстия в рамах и плитах должны совпадать, они образуют каналы, по которым жидкость поступает внутрь рам, ткань при этом задерживает осадок. Фильтр-прессы работают при давлении до $3 \cdot 10^5$ – $4 \cdot 10^5$ Па.

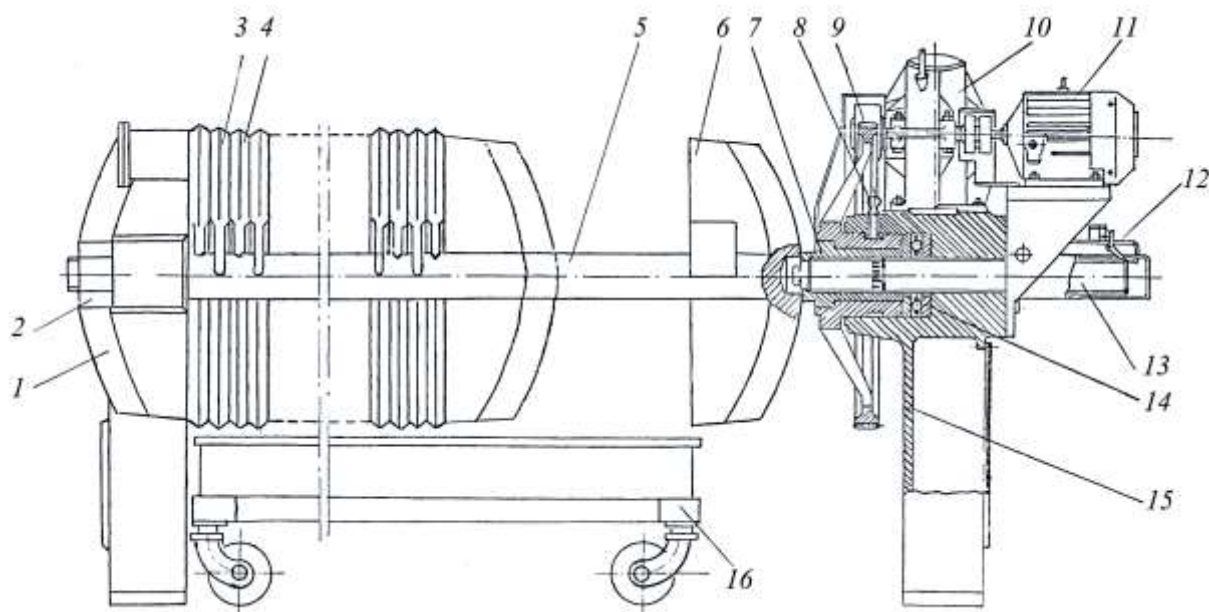


Рисунок 2 – Фильтр-пресс:

- 1 – опорная плита; 2 – гайка; 3 – плита; 4 – рама; 5 – балка; 6 – зажимная плита; 7 – гайка; 8 – сухарь; 9 – зубчатое колесо; 10 – редуктор; 11 – электродвигатель; 12 – гайка; 13 – винт; 14 – подшипник; 15 – стойка; 16 – корыто

При работе мембранных фильтрационных установок (рисунок 3) продукт проходит большое количество секций. Фильтрат удаляется из каждой секции. На выходе из последней секции концентрация продукта наибольшая.

Мембраны собираются в узлах, которые называются ультрафильтрационными модулями. Модули различаются по конструкции, они бывают трубчатые и пластинчатые.

На основе фильтрующих элементов созданы установки различных технологических назначений.

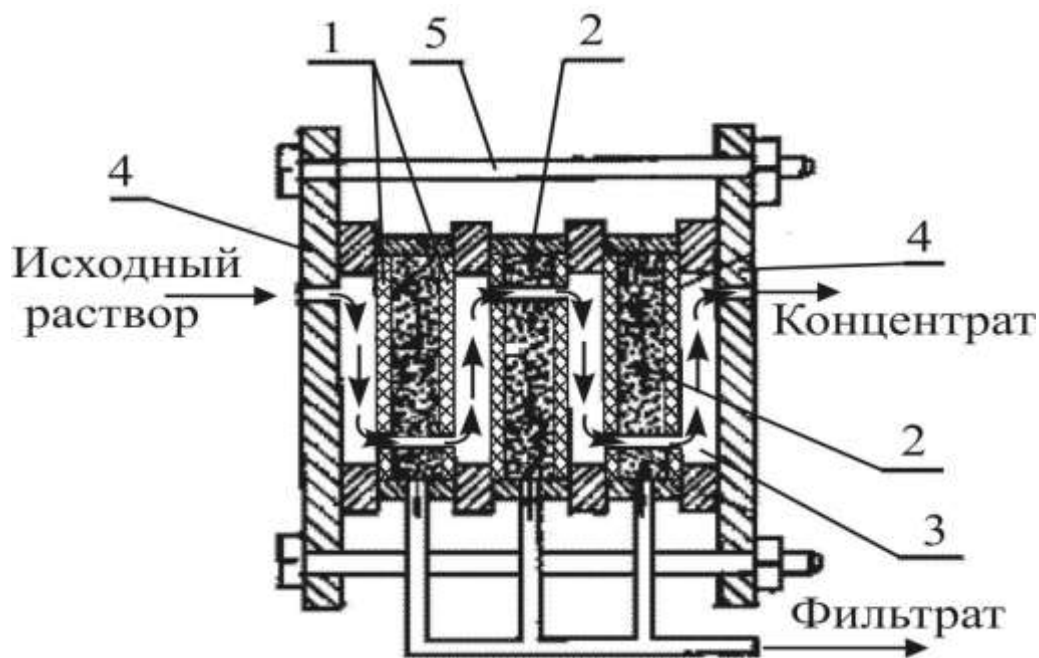


Рисунок 3 – Мембранный фильтрационный аппарат:
 1 – мембраны; 2 – дренажные пластины; 3 – рамы; 4 – торцевые пластины;
 5 – стягивающие болты

При расчете фильтров и фильтр-прессов определяют их производительность, продолжительность цикла работы, сопротивление перегородки.

Производительность фильтров и фильтр-прессов определяют по известной рабочей, поверхности:

$$M_{\phi} = \frac{3600g \cdot F}{\Sigma\tau}, \quad (1)$$

где g – нагрузка на фильтрующую поверхность, $\text{м}^3/\text{м}^2$;
 F – площадь фильтрующей поверхности, м^2 ;
 $\Sigma\tau$ – продолжительность одного рабочего цикла, с.
 Продолжительность рабочего цикла:

$$\Sigma\tau = \tau_{\phi} + \tau_{\text{пр}} + \tau_{\text{разгр}}, \quad (2)$$

где τ_{ϕ} – длительность фильтрации, с;
 $\tau_{\text{пр}}$ – длительность промывки осадка, с;
 $\tau_{\text{разгр}}$ – длительность разгрузки и подготовки фильтра к следующему циклу, с.

При выборе насоса, подающего исходный продукт к фильтру, нужно учитывать сопротивляемость перегородки R (Па·с):

$$R = 1,5 \cdot R_0 \cdot \mu, \quad (3)$$

где R_0 – коэффициент сопротивления для плотного холста $(2 \dots 3) \cdot 10^{10}$ Па, для редкого $(0,6-1,0) \cdot 10^{10}$ Па, для металлического сита густого плетения $(0,7-1,2) \cdot 10^{10}$ Па, для сита штампованного $0,5 \cdot 10^{10}$ Па;

μ – динамическая вязкость фильтруемого продукта, Па·с.

Контрольные вопросы

1. Назначение фильтров и фильтра-прессов.
2. Принцип действия фильтров и фильтр-прессов.
3. Сравнительная характеристика фильтров и фильтр-прессов.
4. Принцип действия и назначение мембранных фильтрационных установок.
5. Устройство и принцип действия ультрафильтрационных установок.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ФРИЗЕРЫ

Цель и задачи работы – ознакомиться с конструкцией фризера непрерывного действия; установить зависимость его производительности от частоты вращения мешалки; изучить факторы, влияющие на качество мороженого при работе фризера.

Фризеры предназначены для взбивания и замораживания смеси мороженого. Бывают непрерывного и периодического действия.

Основные узлы фризеров: рабочий цилиндр (с механизмом взбивания), который охлаждается с внешней стороны, система охлаждения рабочего цилиндра и система подачи продукта.

В цилиндре продукт частично замораживается и насыщается воздухом. Смесь (молочная основа и воздух) поступает в цилиндр, попадает на взбивающий механизм (мешалку), перемещается вдоль цилиндра, замораживается вблизи стенок и снимается вращающимися ножами, которые дробят лед на мелкие кристаллы (50–100 мкм).

Система охлаждения во фризерах непрерывного и периодического действия одинаковая - фреоновая, аммиачная или рассольная. С помощью нее продукт охлаждается до $-3...-5^{\circ}\text{C}$.

Система подачи продукта подает в рабочий цилиндр продукт и воздух. Представляет собой насос, производительность которого превышает заданную производительность по продукту в 2 раза.

Во фризер периодического действия продукт заливается через приемную воронку, а насыщение воздухом происходит в цилиндре в процессе обработки.

Вращение мешалки и насоса осуществляется от электродвигателя через привод. Движение насосу передается через вариатор (чтобы изменять частоту вращения).

Для контроля за режимом работы существуют контрольно-регулирующие устройства. При нарушении режима срабатывают предохранительные устройства.

Рассмотрим фризер непрерывного действия марки Б6-ОФШ (рисунок 1), предназначенный для производства мороженого путем охлаждения, насыщения воздухом и замораживания молочной, сливочной, пломбирной, плодово-ягодной, ароматической

исходной смесью без наполнителя и с наполнителем.

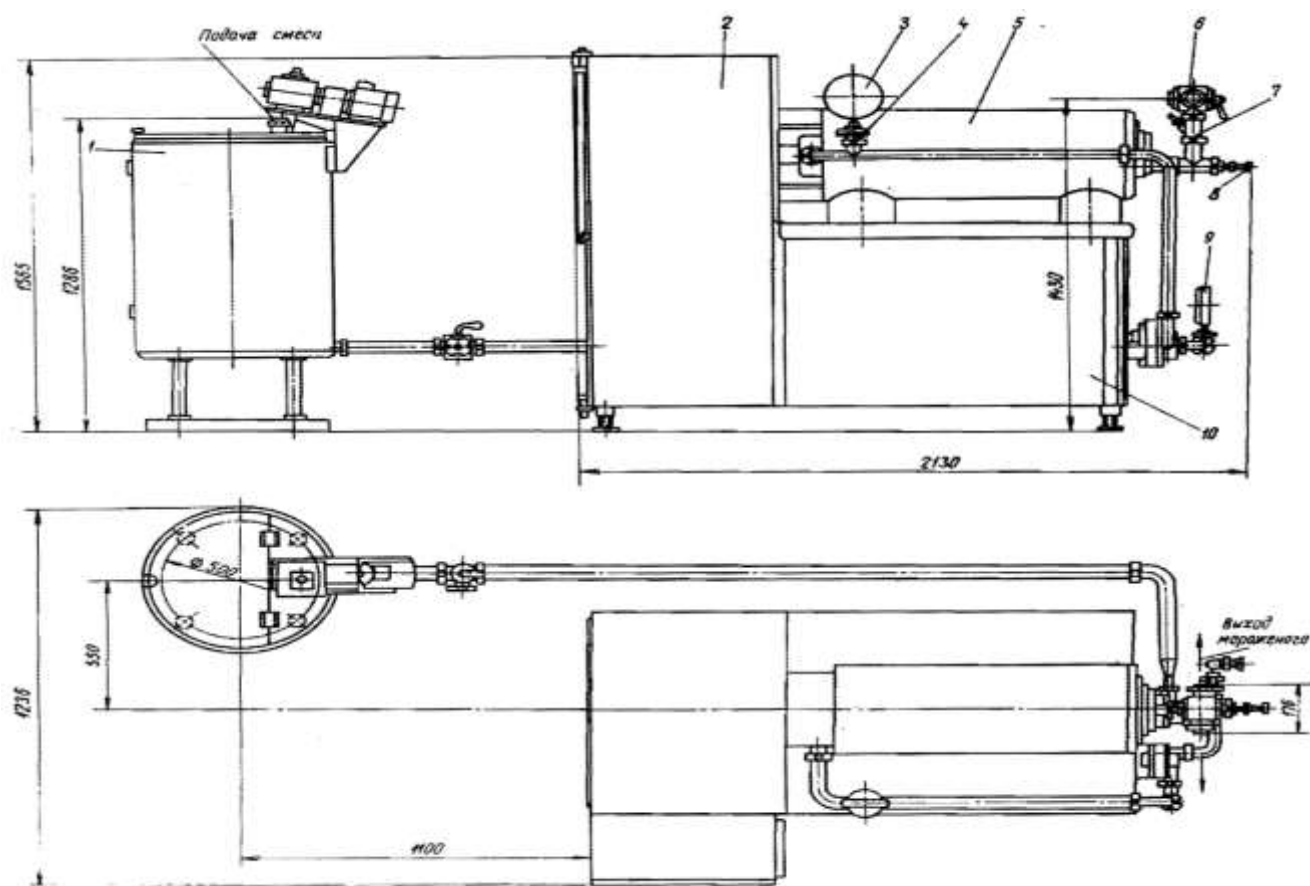


Рисунок 1 – Общий вид фризера марки Б6-ОФШ для мороженого:
1 – бак для смеси; 2 – электрооборудование; 3 – манометр; 4 – фланец;
5 – цилиндр с мешалкой; 6 – кран; 7 – патрубок; 8 – клапан;
9 – мановакуумметр; 10 – корпус

Подготовленная смесь из бака подается в рабочий цилиндр фризера двухступенчатым насосом. В нем имеется штуцер, через который засасывается воздух в объеме превышающем объем смеси продукта. Количество воздуха должно обеспечить степень взбитости мороженого 100 %. Таким образом, продукт и воздух смешивается уже в насосе, но диспергирование его в продукте до заданной взбитости происходит в цилиндре.

В цилиндре происходит термомеханическая обработка продукта: дробление воздушных пузырьков и равномерное распределение их в массе продукта, раздробление слоя льда, намерзающего на стенках цилиндра. На выходе готового мороженого из цилиндра установлен клапан противодействия. Затем поток мороженого выходит из фризера через трех ходовой

кран.

Сжатый воздух проходит сначала через регулятор давления, затем через фильтр-конденсатоотводчик для очистки его от пыли и капель влаги. Проходя через следующий регулятор давления (давление снижено до 0,4 МПа), сжатый воздух поступает в стабилизаторы давления (для регулирования степени взбитости мороженого), давление инъекции и противодействия продукта, выходящего из фризера.

Дальше воздух проходит через редуктор, запорный вентиль, дроссель (регулирующий давление), мановакуумметр и обратный клапан с фильтром. Обратный клапан служит для предотвращения попадания исходной смеси при резких повышениях давления за насосом в пневмосистему.

Жидкий аммиак проходит через фильтр (поступающий из общей сети). Потом одна часть поступает в регулирующий вентиль и аккумулятор, другая через регулятор давления инъекции и направляется к инжектору, откуда жидкий аммиак поступает для охлаждения массы в рубашку фризера. Через отверстия в стенке, рубашки жидкий аммиак проходит в кольцевой зазор, в результате чего во фризере охлаждается продукт. Парожидкостная смесь из рубашки возвращается в аккумулятор, где капли жидкого аммиака отделяются от пара, а он отсасывается компрессором. На линии отсоса паров имеется предохранительный клапан, реле высшего и низшего давления, регулятор давления испарения с датчиком давления.

Для контроля за давлением имеется мановакуумметр в аккумуляторе.

Фризер непрерывного действия работает всю смену. В случае внезапного прекращения подачи смеси выключают только охлаждение цилиндра фризера, перекрыв аммиачный кран.

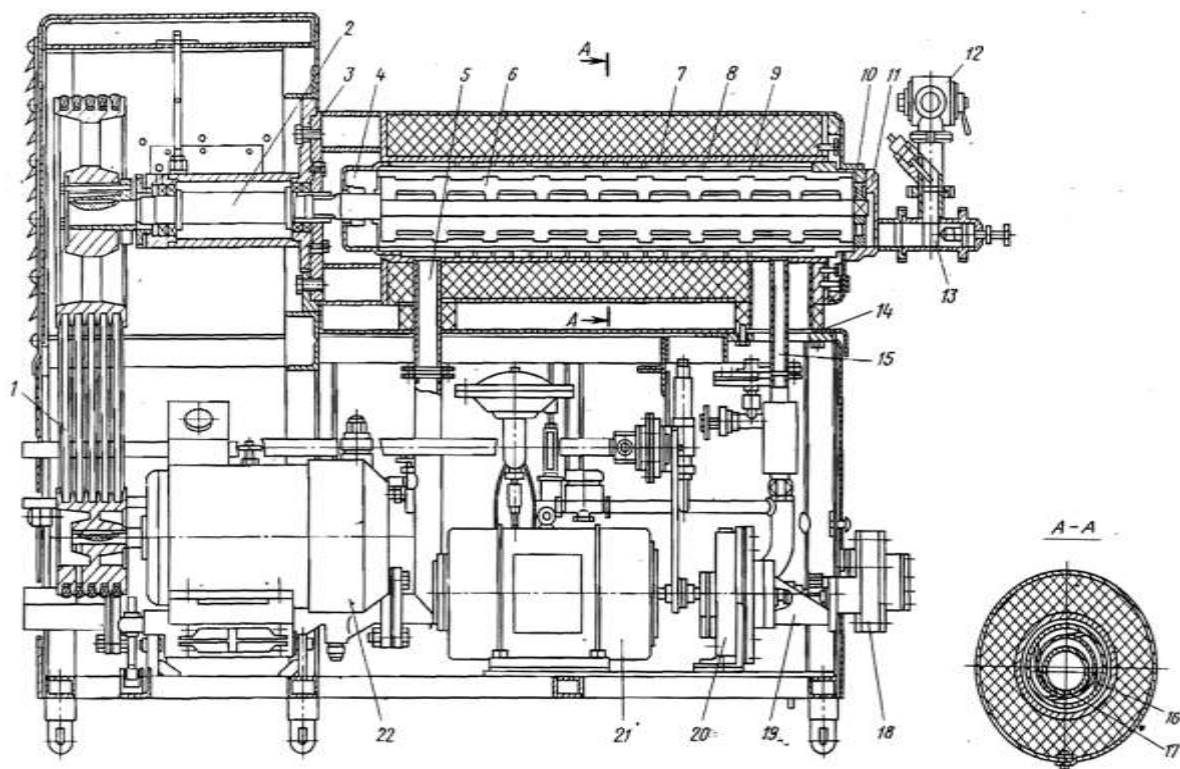


Рисунок 2 – Общий вид цилиндра фризера марки Б6-ОФШ:

- 1 – клиноременная передача; 2 – вал; 3 – фланец; 4,11 – крышка;
 5 – отводный патрубок аммиака; 6 – мешалка; 7 – шнек; 8 – рубашка;
 9 – внутренний цилиндр; 10 – корпус; 12 – трехходовой кран; 13 – клапан
 противодавления; 14 – фланец; 15 – патрубок подвода аммиака; 16 – ножи;
 17 – взбивающее устройство; 18 – шестеренный насос; 19 – кронштейн;
 20 – редуктор; 21 – электропривод; 22 – двигатель

При кратковременных остановках машины не надо закрывать вентиль на линии отсоса газообразного аммиака. После такой вынужденной остановки поворачивают ключом вал мешалки и проверяют, не примерзли ли ножи в цилиндре и свободно ли они прокачиваются. В противном случае фризера можно пускать только после полного оттаивания мешалки.

В конце смены делают окончательную остановку и фризера моют.

Охлаждающий цилиндр моют в начале холодной водой, постепенно повышая ее температуру до 60 °С, но не выше. При этом давление в рубашке не должно быть меньше 0,4 МПа, а после мойки оно должно снизиться до 0 °С.

Нельзя пользоваться кислотными растворителями. Нельзя долго мыть горячей водой насосы.

Не менее одного раза в сутки фризера моют в разобранном виде (снимают трубопроводы для смеси, насосы, крышки, мешалку вынимают, снимают ножи). После мойки детали насосов и мешалки, соприкасающиеся с продуктом, смазывают сливочным маслом.

Фризер нельзя мыть горячей водой сразу после остановки во избежание возможного взрыва аммиака.

Техническая характеристика

Производительность техническая (по исходной смеси мороженого), кг/ч	485–630
Количество цилиндров, шт.	1
Диаметр цилиндра, мм	158
Поверхность охлаждения, м ²	0,5
Температура исходной-смеси мороженого, К (°С)	279 (6)
Температура мороженого на выходе из фризера, К (°С)	268 (-5)
Взбитость мороженого, %	40–100
Давление аммиака на входе в фризер, кПа (кгс/см ²)	250 (2,5)
Расход аммиака, м ³ /ч	5
Температура кипения аммиака, К (°С)	243 (-30)
Расход холода, Вт (ккал/ч)	29000 (2500)
Вместимость бака для смеси, л	200
Мощность электродвигателей, кВт	17
Габаритные размеры, мм	2130×1236×1565
Масса фризера (с электрошкафом и баком для смеси), кг	1420
Производительность фризера, кг/с:	

$$\mu = \frac{m \cdot \delta_{\text{мер}} \cdot n \cdot F_{\text{м.ср}} \cdot \rho_{\text{ср}}}{10^6 \cdot \phi_{\text{нер}} \cdot \phi_{\text{раз}}}, \quad (1)$$

где m – число ножей;

$\delta_{\text{мер}}$ – толщина срезаемого слоя мороженого, м
($\delta_{\text{мер}}=15 \div 25 \cdot 10^6 \text{ м}$);

n – частота вращения ножей, с⁻¹ ($n=540 \div 600 \text{ с}^{-1}$);

$F_{\text{м ср}}$ – поверхность, с которой срезается слой мороженого, м²;

$\rho_{\text{ср}}$ – средняя плотность мороженого, кг/м³;

$\phi_{\text{нер}}$ – коэффициент, показывающий неравномерности срезания слоя ($\phi_{\text{нер}}=1,1 \div 1,2$);

$\phi_{\text{раз}}$ – коэффициент, характеризующий размораживание срезанного слоя в зависимости от глубины замораживания ($\phi_{\text{раз}}=1,2 \div 1,9$).

Средняя плотность мороженого, кг/м³

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_{cm}}{1 + \frac{S}{100}}, \quad (2)$$

где ρ_{cm} – плотность смеси, кг/м³;
 S – взбитость мороженого, %.

Средняя фактическая мощность на валу мешалки фризера, Вт:

$$N_p = N_1 + N_2 + N_3, \quad (3)$$

где N_1 – мощность, затрачиваемая на срезание слоя мороженого ножами, Вт;
 N_2 – мощность, затрачиваемая на трение мороженого о стенки цилиндра и на вращение мешалки с ножами, Вт;
 N_3 – мощность, затрачиваемая на трение ножа о стенку цилиндра, Вт.

$$N_1 = \delta_{mcp} \cdot l_H \cdot v_{mcp} \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot P_{mcp}, \quad (4)$$

где l – длина ножа, м;
 v_{mcp} – скорость срезания слоя δ_{mcp} , м/с;
 α – угол установки ножа ($\alpha \sim 32 \div 35^\circ$);
 P_{mcp} – механическое напряжение при срезании слоя, Н/м²;

$$P_{mcp} = P_l \cdot \frac{\rho_{cp}}{\rho_l}, \quad (5)$$

где P_l – механическое напряжение при созревании льда; Н/м² ($P_l = 9,81 \cdot 10^4$);
 ρ_l – плотность льда, кг/м³ ($\rho_l = 900$ кг/м³).

$$N_2 = \xi_{TP} \cdot r^4 l_H \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot m \cdot w^3 \cdot \rho_{cm} \cdot \varphi_{доп}, \quad (6)$$

где ξ_{TP} – коэффициент трения;
 r – радиус мешалки, м;
 w – угловая скорость вращения ножей мешалки, рад/с;
 $\varphi_{доп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты мощности при усложнении конструкции мешалки ($\varphi_{доп} \sim 1,2 \div 1,5$).

$$\xi_{TP} = \xi_0 \cdot \sqrt{\frac{\nu_M}{\nu_{CM}}}, \quad (7)$$

где ξ_0 – коэффициент трения для ламинарного режима при движении смеси ($\xi_0=0,06$);

ν_M и ν_{CM} – кинематическая вязкость соответственно мороженого и смеси, m^2/c .

При расчетах величиной N_3 можно пренебречь в виду ее малости по сравнению с N_2 .

Средняя толщина срезаемого слоя, м:

$$\delta_{m.c.p} = \frac{\mu \cdot \phi_{нер} \cdot \phi_{раз} \cdot 10^6}{m \cdot n \cdot 60 \cdot F \cdot \rho_{m.c.p}}, \quad (8)$$

Задача

Для фрезерования используют молочную смесь следующего состава (в %): жир – 3,5, СОМО – 10,5, сахар – 16, стабилизатор – 0,3, вода – 60,7. Температура смеси, поступающей во фризера, $2^\circ C$. Взбитость мороженого – 80 %. Используют фризера непрерывного действия. Мешалка имеет два ножа длиной – 0,92 м. Частота ее вращения – 538 об/мин. Цилиндр фризера изготовлен из нержавеющей стали. Рабочая поверхность цилиндра – $0,246 m^2$, внутренний диаметр – 0,105 м. Диаметр мешалки – 0,086 м. Температура мороженого, выгружаемого из фризера, $-5^\circ C$. Теплота кристаллизации воды – $335000 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ C$, теплоемкость смеси – $3270 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ C$, плотность смеси – 1100 кг/м^3 . Определить производительность фризера, требуемую мощность на валу мешалки, минимальную частоту вращения мешалки, среднюю толщину срезаемого слоя мороженого.

Контрольные вопросы

1. Назначение фризера в производстве мороженого.
2. Конструктивные элементы фризера периодического и непрерывного действия.
3. Как устроены мешалки фризеров периодического и непрерывного действия?
4. Как вводится воздух в смесь во фризерах периодического и

непрерывного действия?

5. Как определить производительность, потребную мощность при фрезеровании?

6. Назначение закалочных камер.

7. Типы закалочных камер.

8. Эскимогенераторы, устройство и принцип работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

ПАСТЕРИЗАЦИОННО-ОХЛАДИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПЛАСТИНЧАТОГО ТИПА

Цель и задачи работы – изучить конструкции, устройство и принцип работы пластинчатых ПОУ, рассчитать пластинчатый аппарат и построить температурный график.

Пластинчатые ПОУ предназначены для тонкослойной пастеризации и охлаждения молока и молочных продуктов с кратковременной выдержкой при температуре пастеризации.

Пластинчатые ПОУ включают в себя: уравнильный бак, пластинчатый аппарат, бойлер, стабилизатор потока, насосы для подачи молока и горячей воды, инжектор, сепаратор-молокоочиститель, выдерживатель для молока, автоматический клапан возврата молока, пульт управления.

Пластинчатый аппарат установки А1-ОКЛ-10 состоит из чугунной литой стойки с закреплёнными на ней двумя стальными штангами. На верхней подвешены теплообменные пластины, которые с помощью зажимных устройств сжаты в пакет, а также разделительные и нажимные плиты.

Стойка и нажимная плита имеют штуцера для ввода и вывода молока и рабочих жидкостей.

Пакет пластин - это группа пластин с одинаковым направлением потока жидкости. На каждой из них стоит порядковый номер для удобства сборки. Пакеты пластин составляют секции, которые разделяются разделительными плитами, снабженными штуцерами для ввода и вывода жидкостей.

В данной ПОУ пластинчатый аппарат имеет двустороннее расположение секций по отношению к стойке. В аппаратах с производительностью менее 10000 л/ч одностороннее расположение секций.

Пластинчатые аппараты могут быть трех, четырех и пятисекционными, Данный аппарат состоит из трех секций: регенерации, пастеризации и охлаждения водой.

Другие пластинчатые аппараты могут иметь еще секцию охлаждения ледяной водой или рассолом и вторую секцию регенерации.

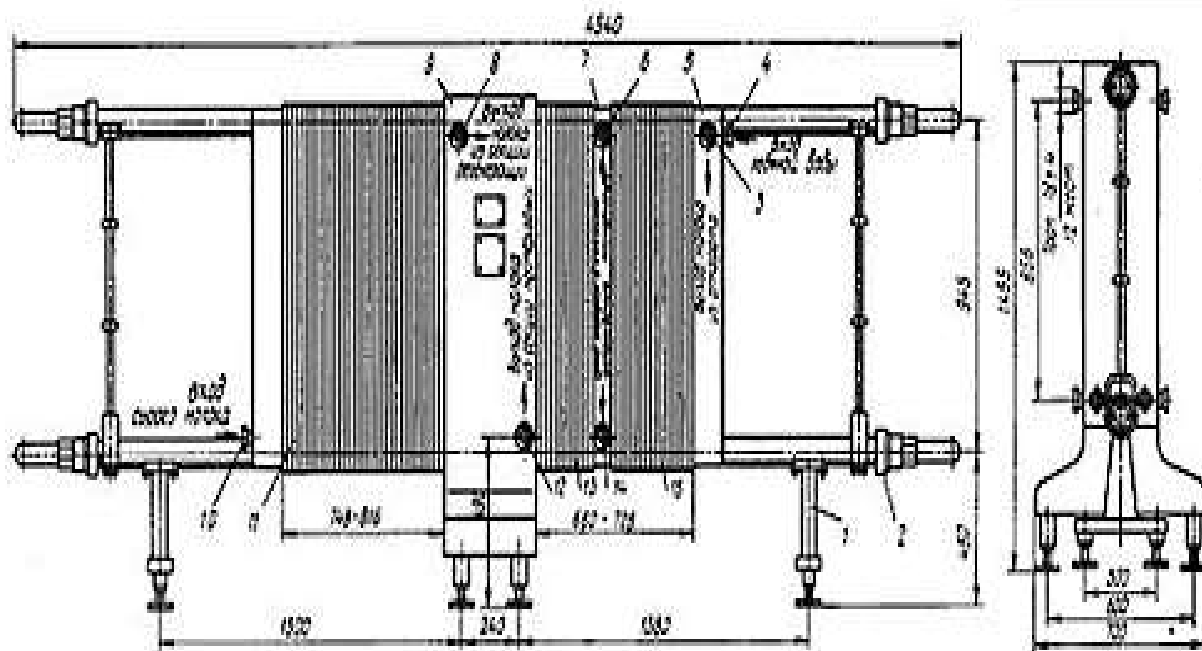


Рисунок 1 – Общий вид пластинчатого аппарата установки марки А1-ОКЛ-10:

1 – ножка; 2 – зажимной механизм; 3 – штуцер выхода молока из аппарата, 4 – штуцер входа ледяной воды; 5 – нажимная плита; 6 – штуцер входа молока в секцию пастеризации; 7 – разделительная плита; 8 – штуцер выхода молока из секции регенерации; 9 – станина; 10 – штуцер входа сырого молока в секцию регенерации; 11 – секция регенерации; 12 – штуцер выхода молока из секции пастеризации; 13 – секция пастеризации; 14 – штуцер входа молока в секцию охлаждения; 15 – секция охлаждения

Уравнительный бак одинаков для всех установок, представляет собой сосуд с днищем, съемной крышкой и клапанно-поплавковым устройством, это устройство обеспечивает поддержание в баке постоянного уровня молока, подаваемого насосом в аппарат через клапан внутри бака. Все детали из нержавеющей стали.

Инжектор предназначен для подвода пара для нагрева воды в бойлере, устанавливается на водопроводе.

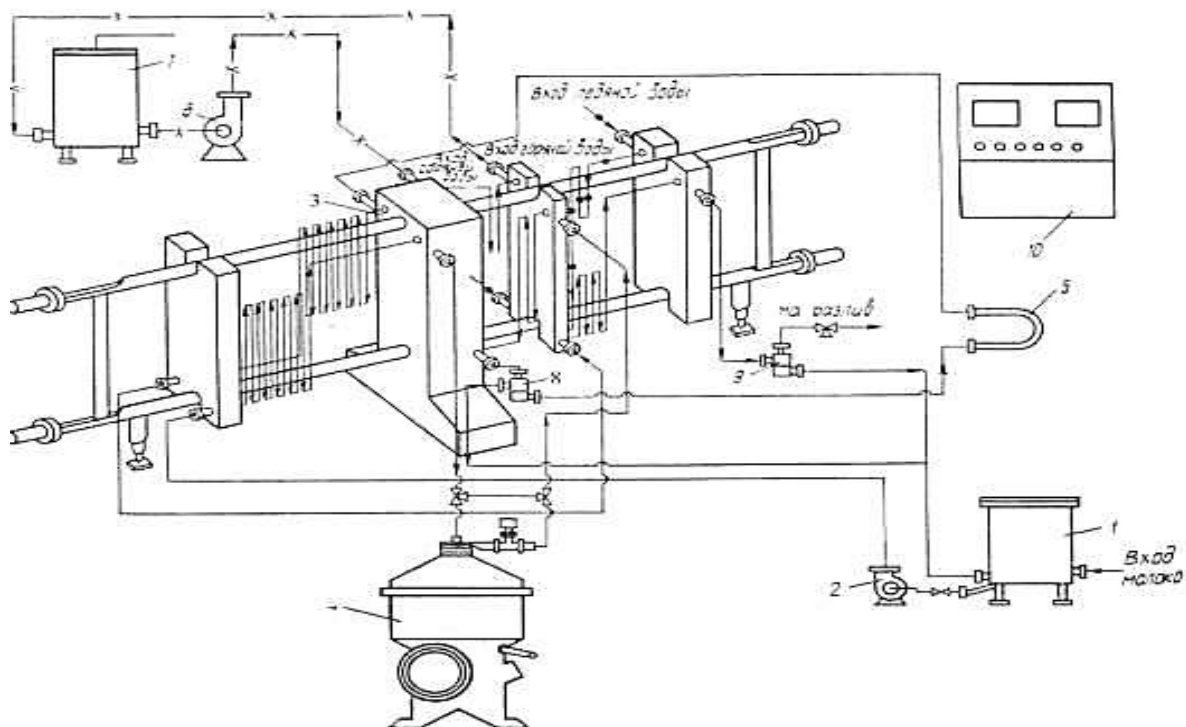


Рисунок 2 – Технологическая схема установки марки А1-ОКЛ-10:
 1 – уравнильный бак; 2 – насос для подачи молока; 3 – стабилизатор потока; 4 – пластинчатый аппарат; 5 – сепаратор-молокоочиститель; 6 – выдерживатель трубчатый для молока; 7 – насос подачи горячей воды; 8 – инжектор; 9 – бойлер; 10,11 – автоматический клапан возврата молока; 12 – пульт управления

Бойлер предназначен для нагрева воды, поступающей в секцию пастеризации. Представляет собой цилиндрический бак из листовой углеродистой стали закрытого типа. Бак имеет патрубки для в вода, воды с паром, вывода горячей воды, наполнения водой и вывода конденсата.

Принцип работы пластинчатой ПОУ заключается в следующем:
 Сырое молоко из резервуара для хранения поступает в уравнильный бак, который заполняется до определенного уровня. Центробежным насосом через стабилизатор потока молоко подается в секцию регенерации для предварительного нагрева до 65...70 °С и далее в сепаратор-молокоочиститель для очистки от механических и других загрязнений. Затем молоко возвращается в аппарат, проходит секцию пастеризации, выдерживатель трубчатый, секции охлаждения и направляется в молокохранилище. Нагрев молока в секции пастеризации до температуры 76...80 °С осуществляется

горячей водой, циркулирующей с помощью центробежного насоса, проходя через инжектор, пластинчатый аппарат, бойлер. Затем молоко после кратковременной выдержки возвращается в секцию регенерации для предварительного охлаждения сырым холодным молоком. Окончательное охлаждение происходит в секциях охлаждения водой и рассолом или только в секции охлаждения ледяной водой.

На выходе молока из секции пастеризации установлен термометр, и в случае нарушения заданного режима пастеризации молоко с помощью автоматического клапана, стоящего на выходе из секции, возвращается в уравнильный бак, а оттуда на повторную пастеризацию. При этом срабатывает звуковая и световая сигнализации.

Техническая характеристика ПОУ А1-ОКЛ-10

Производительность, л/ч	10000
Температура: продукта на входе в аппарат, °С	5...10
нагрева в аппарате, °С	76...80
ледяной воды, °С	1
Кратность ледяной воды	3
Давление: ледяной воды, МПа	0,25
греющего пара, Мпа	0,3
Рабочее давление в аппарате МПа	0,35
Поверхность теплообмена пластины, м ²	0,2
Число пластин, шт.	249
Коэффициент регенерации	0,85
Потребность за 1 ч работы:	
пара, кг	173
электроэнергии, кВт	12,5
холода, кВт	16,3
Габаритные размеры, мм	5400×3500×2500
Занимаемая площадь, м ²	19
Масса, кг	2800

Примерный график изменения температур обрабатываемого продукта и рабочих сред по секциям представлен на рисунке 3.

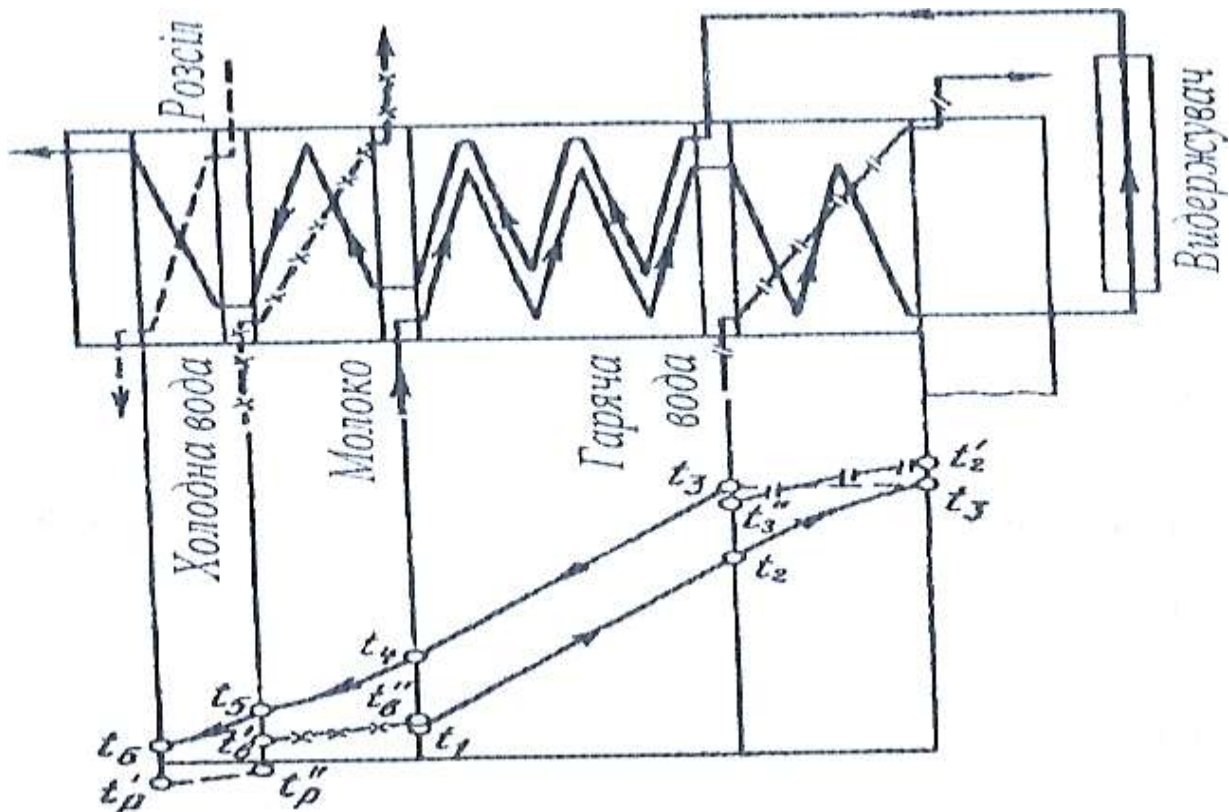


Рисунок 3 – Схема и температурный график комбинированного аппарата пластинчатого типа:

где t_2 – температура рекуперации, °С; t_1 – начальная температура молока, °С (задается); t_3 – температура пастеризации, °С (задается); t_4 – температура молока между секциями рекуперации и водяного, охлаждения, °С; ε – коэффициент рекуперации (задается, в пределах от 0,7 до 0,85); t_5 – температура молока между секциями водяного и рассольного охлаждения, °С; t – начальная температура охлаждающей воды, °С (задается)

Производительность каждой секции пастеризации, м³/ч:

$$\mu = \frac{\kappa \cdot F \cdot \Delta t_{cp}}{c \cdot (t_k - t_n)}, \quad (1)$$

где κ – коэффициент теплопередачи, Вт/м²·°С;

F – поверхность секции, м²;

Δt_{cp} – средняя разность температур, °С;

c – теплоемкость продукта, Дж/кг·°С;

t_k, t_n – конечная и начальная температура продукта данной секции, °С.

Коэффициент теплопередачи определяют для каждой секции:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{\delta}{\lambda}}, \quad (2)$$

где δ – толщина пластины, м;

L_1 – коэффициент теплоотдачи от более горячей жидкости к стенке, Вт/м²·°С;

L_2 – коэффициент теплоотдачи от стенки к нагреваемой жидкости, Вт/м²·°С;

λ – теплопроводность пластин, Вт/м²·°С.

Считая, что течение жидкости между пластинами турбулентное, можно достаточно точно найти коэффициент теплоотдачи:

$$L_2 = \frac{0,0214 \lambda}{d_{\text{экв}}} \text{Re}^{0,8} \cdot \text{Pr}^{0,43} \left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_{\text{ст}}} \right)^{0,25} \cdot d_{\text{экв}} \approx 2h, \quad (3)$$

где λ – коэффициент теплопроводности жидкости, Вт/м²·°С;

Re – критерий Рейнольда;

Pr – критерий Прандтля для средней температуры жидкости;

$\text{Pr}_{\text{ст}}$ – критерий Прандтля для температуры пограничного слоя (условно можно принимать $\text{Pr} = \text{Pr}_{\text{ст}}$);

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

h – расстояние между пластинами.

В большинстве случаев для современных аппаратов $\left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_{\text{ст}}} = 1 \right)$

Для пленочного течения жидкости критерий:

$$\text{Re} = \frac{4 \cdot \mu}{S \cdot \nu}, \quad (4)$$

где S – смоченный периметр пластины, м;

ν – кинематическая вязкость жидкости, м²/с.

Критерий Прандтля:

$$\text{Pr} = \frac{c \cdot \nu \cdot \rho}{\lambda}, \quad (5)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³.

Коэффициент теплоотдачи от охлаждаемой жидкости к стенке:

$$L_1 = \frac{1,9 \cdot \lambda}{\delta}, \quad (6)$$

где δ – толщина пленки, м.

При приближенных расчетах можно принимать $\delta=h$.

Продолжительность нахождения продукта в выдерживателе, с:

$$\tau = \frac{l_в}{v_в} = \frac{900 \cdot l_в \cdot \pi \cdot D^2}{\mu}, \quad (7)$$

где $l_в$ – длина выдерживателя, м;

D – диаметр выдерживателя, м;

$v_в$ – скорость движения продукта, м/с.

Время нахождения продукта при заданной температуре, с:

$$\ln \tau_1 = 36,84 \cdot 0,48t, \quad (8)$$

Таким образом, критерий Пастера:

$$P_a = \frac{\tau}{\tau_1}, \quad (9)$$

Скорость течения жидкости в зазоре между пластинами, м/с:

$$v = \frac{\mu}{3600 \cdot v_p \cdot h \cdot n}, \quad (10)$$

где v_p – ширина одного рифля по горизонтали, м;

h – расстояние между пластинами, м;

n – число зазоров между пластинами, $n=0,5 m/Z$, где m

и Z – число соответственно пластин и пакетов в секции.

Гидравлическое сопротивление в каждой секции пастеризационной установки, м:

$$H_c = \xi_{TP} \frac{l \cdot N \cdot Z}{d_{эКВ}} \cdot \frac{v^2}{2g} + \sum \xi_{м.с.} \cdot \frac{v^2}{2g} + \frac{v^2}{2g}, \quad (11)$$

где ξ_{TP} – коэффициент сопротивления трения;

l – длина канала в пластине, м;

N – число рифлей на пластине;

$\xi_{м.с.}$ – коэффициент местных сопротивлений.

Местные сопротивления складываются из сопротивлений на каждой пластине, где продукция делает повороты из-за наличия рифлей под углом 120° . Можно принять при расчетах, что на повороте $\xi_{м.с.} = 0,25$, а на входе продукта в пакет и выходе из него – $0,5 \cdot G$.

Удельный расход агента:

$$g = \frac{G}{\mu}, \quad (12)$$

где G – общий расход агента, кг;

μ – производительность каждой секции, кг/ч.

Кратность расхода:

$$n = \frac{C_{аз} \cdot \rho_{аз} (t^{II} - t^I)}{C \cdot \rho \cdot (t_б - t_м)}, \quad (13)$$

где $C_{аз}$ – удельная теплоемкость агента, Дж/кг·°С;

$\rho_{аз}$ – плотность агента, кг/м³;

t^{II} , t^I – большая и меньшая температура агента, °С;

C – удельная теплоемкость молока, Дж/кг·°С;

ρ – плотность молока, кг/м³;

$t_б$, $t_м$ – большая и меньшая температура молока, °С.

Задача

Определить для пластинчатой пастеризационной установки расход тепла Q Дж, расход пара $Q_{п}$, кг/ч, удельный расход пара q , коэффициент регенерации тепла ε , расход холода в рассольной секции Q_1 , Дж, кратность рассола холодной воды n_p , кг/ч, кратность холодной воды $n_в$ кратность горячей воды $n_г$ производительность аппарата μ , кг/ч, если известно: температура, пастеризации t_n , °С,

температура горячей воды на входе в аппарат $t_{н.г.}, ^\circ\text{C}$, давление в паровой линии P МПа, КПД теплового процесса η начальная температура молока $t_m, ^\circ\text{C}$, температура молока после охлаждения в рассольной секции $t_n, ^\circ\text{C}$, температура холодной воды на входе в аппарат $t'_{в}, ^\circ\text{C}$, температура рассола на входе в аппарат $t'_{р}, ^\circ\text{C}$, коэффициент теплопередачи в секции пастеризации $K, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Исходные данные даны в таблице 1.

Таблица 1 – Данные для расчета пластинчатой пастеризационно-охладительной установки

Обозначение величины	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$t_n, ^\circ\text{C}$								85
$t_{н.г.}, ^\circ\text{C}$								86
$P, \text{МПа}$	76	75	74	73	72	78	80	0,2
η	80	79	76	76	80	86	88	4
$t_n, ^\circ\text{C}$	0,25	0,24	0,23	0,26	0,27	0,28	0,25	0,9
$t_k, ^\circ\text{C}$	0,95	0,93	0,92	0,95	0,9	0,94	0,95	1
Рабочая поверхность секций, м:	10	9	8	7	11	9	8	7
пастеризаци и 1	4	5	6	6	7	8	4	4
регенерации 2	9	9,5	10	8,5	9,8	9,3	10,5	9,6
регенерации	12	11	13	12,5	11,5	12,8	11,8	12,
Водоохлажд ения	3,9	4	3,8	4,2	3,7	4,1	4,5	8
Рассольного охлаждения	8,3	8,1	7,9	8,5	8,8	7,8	8,4	4,4
$t'_{в}, ^\circ\text{C}$	4,0	3,9	4,1	4,4	3,8	4,3	3,7	8,2
$t'_{р}, ^\circ\text{C}$	10	9	8	11	12	10	9	4
$K, \text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	-5	-4	-3	-6	-5	-4	-3	8
	3200	3100	3000	2400	2600	2700	3100	-4
								280
								0

Контрольные вопросы

1. Назовите преимущества пластинчатых аппаратов перед другими.
2. Какие типы пластин используются в пластинчатых теплообменниках?
3. Что такое формулы компоновки?
4. Что включает в себя пастеризационно-охладительная установка пластинчатого типа?

5. Дать сравнительную характеристику пастеризационно-охладительных установок и пластинчатых, теплообменников для молока, сливок, кисло-молочных продуктов, мороженого.

6. Дайте оценку эффективности молока в установках различных типов.

7. Как влияет направление движения теплообмениваемых сред на конечную температуру продукта?

8. Чем отличается стерилизация от пастеризации?

9. Конструкции трубчатых пастеризаторов и область их применения.

10. Общий принцип работы и назначение дезодораторов.

11. Сущность бактерицидного действия пастеризации, какие существуют режимы пастеризации?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛИВОЧНОГО МАСЛА

Цель и задачи работы – изучить конструкцию маслоизготовителя непрерывного действия.

Оборудование для производства сливочного масла делят на оборудование для подготовительных операций и оборудование для выработки сливочного масла.

К оборудованию для подготовительных операций относят заквасочники, сливкосозревательные ванны.

К оборудованию для выработки масла относят маслоизготовители (для производства масла методом сбивания сливок 35–40 % жирности) и маслообразователи (метод преобразования высокожирных сливок).

Они бывают периодического и непрерывного действия.

Рассмотрим маслоизготовитель непрерывного действия марки А1-ОЛЮ/1, предназначенный для выработки методом непрерывного сбивания сливок сладко- и кисломолочного, соленого и несоленого масла различных видов с промывкой и без промывки масляного зерна с обработкой масла при разрежении.

Маслоизготовитель марки А1-ОЛЮ/1 состоит из привода сбивателя, станины, сбивателя, шнекового текстуратора, привода текстуратора, бака с винтовым насосом для сливок, насоса центробежного многоступенчатого, вакуум-насоса, бака для пахты, тележки, аппарата для дозирования влаги, транспортера, щита управления, трубопроводов. Общий вид маслоизготовителя марки А1-ОЛЮ/1 показан на рисунке 1.

Привод сбивателя питается от электродвигателя через вариатор с широким клиновым ремнем. Вариатор дает возможность плавно изменять скорость сращения сбивателя.

Станина сварной конструкции выполнена из швеллеров, снаружи закрыта кожухами из нержавеющей стали. На лицевой стенке станины укреплен пульт контроля и управления маслоизготовителем. Внутри станины находятся приводы шнекового текстуратора и сбивателя. Сбиватель является одним из основных рабочих органов маслоизготовителя и состоит из корпуса,

цилиндра, била, вала.

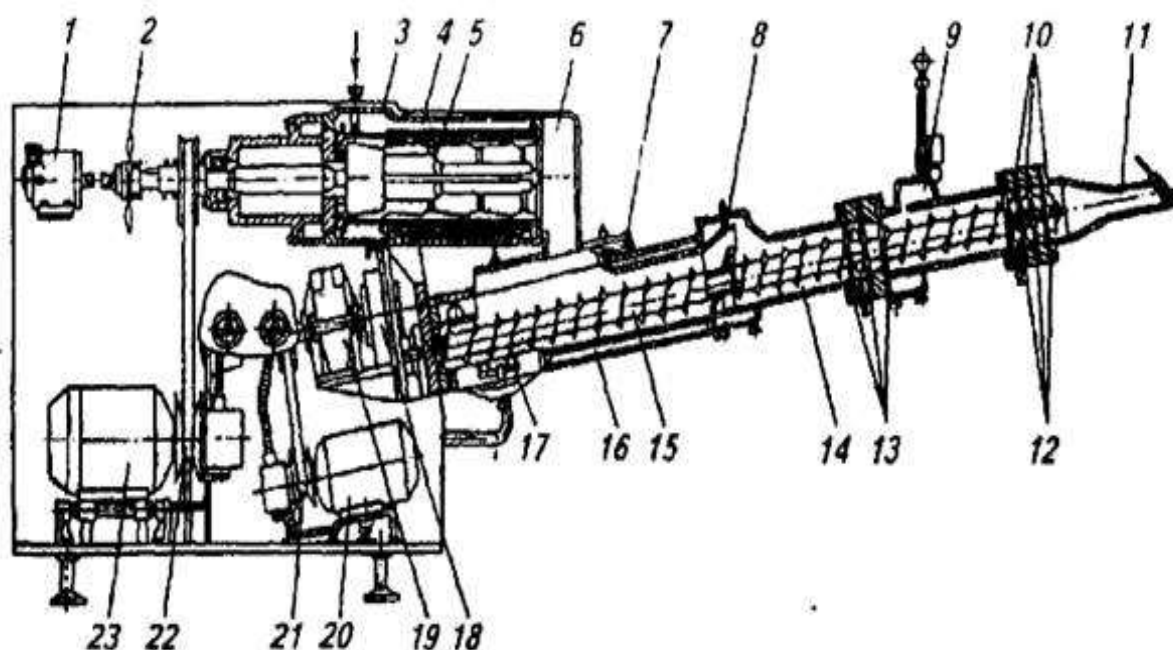


Рисунок 1 – Общий вид маслоизготовителя марки А1-ОЛО/1:

- 1 – тахогенератор; 2 – вентилятор; 3 – сбиватель; 4 – рубашка охлаждения; 5 – мешалка с лопастными билами; 6 – переходная насадка; 7 – устройство для промывки масляного зерна; 8 – подъемный переходник; 9 – вакуум-камера; 10 – ножи; 11 – насадка; 12, 13 – решетки; 14 – текстуратор, 15 – шнеки; 16 - рубашка охлаждения; 17 - устройство для промывки фильтра-сита; 18 – раздаточная коробка; 19 – редуктор; 20 – электродвигатель текстуратора; 21 – вариатор текстуратора; 22 – вариатор сбивателя; 23 – электродвигатель сбивателя

Корпус сбивателя выполнен литыми из чугуна и крепится к станине болтами. В корпусе устанавливается съемный цилиндр с наружной рубашкой охлаждения и патрубком для подачи сливок тангенциально поверхности цилиндра. Внутри корпуса цилиндра проходит приводной вал, на котором крепится мешалка с четырьмя регулируемыми билами. Выход продукта с противоположного конца через крышку. Вал сбивателя имеет патрубки для входа и выхода охлаждающей воды. Сбиватель показан на рисунке 2.

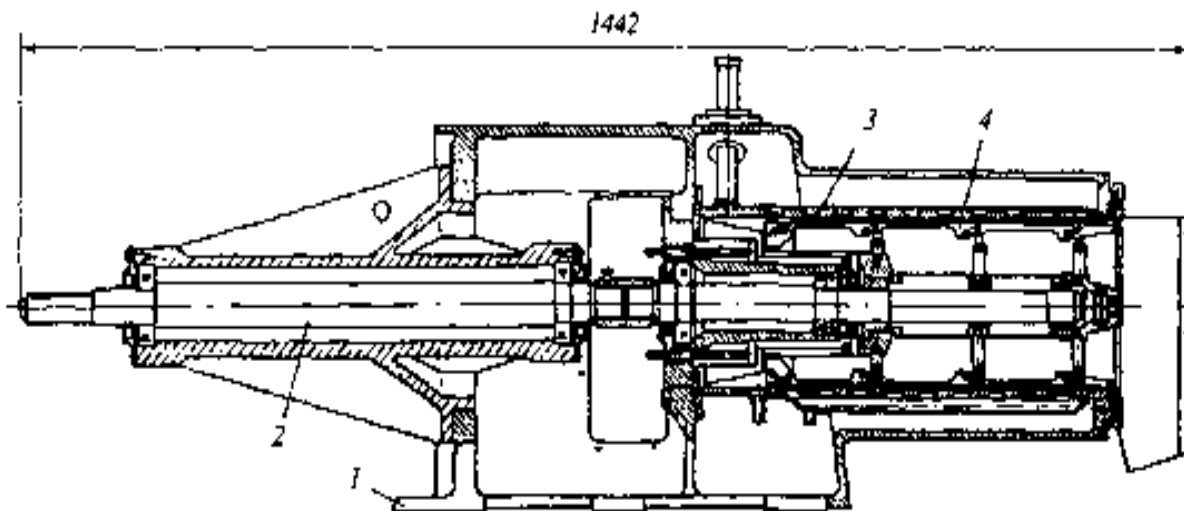


Рисунок 2 – Общий вид сбивателя маслоизготовителя марки А1-ОЛО/1:
1 – корпус; 2 – вал; 3 – цилиндр лопастная мешалка; 4 – съемные лопасти

Шнековый текстуратор (рисунок 3) состоит из трех последовательно расположенных камер со шнеками, вращающимися навстречу один другому. Первая камера представляет собой сварной корпус с рубашкой для охлаждения водой. В верхней части камеры расположен бункер для входа продукта, в котором имеется приспособление для промывки масляного зерна.

К нижней части камеры прикрепляется крышка с сифоном для удаления пахты. Для предотвращения попадания масляного зерна в пахту имеется сетка, которая промывается водой из специального устройства.

Вторая камера немного короче первой и не имеет охлаждающей рубашки. Для формирования пласта масла и регулирования направления при переходе из первой камеры во вторую устанавливается подъемная плита. Приспособление для вторичной промывки находится в начале второй камеры, промывочная вода удаляется внизу через сифон.

Между второй и третьей камерами находятся решетка и ножи для дополнительном механической обработки масла, а также вставлены металлические прокладки, которые в случае необходимости могут быть заменены сменными решетками.

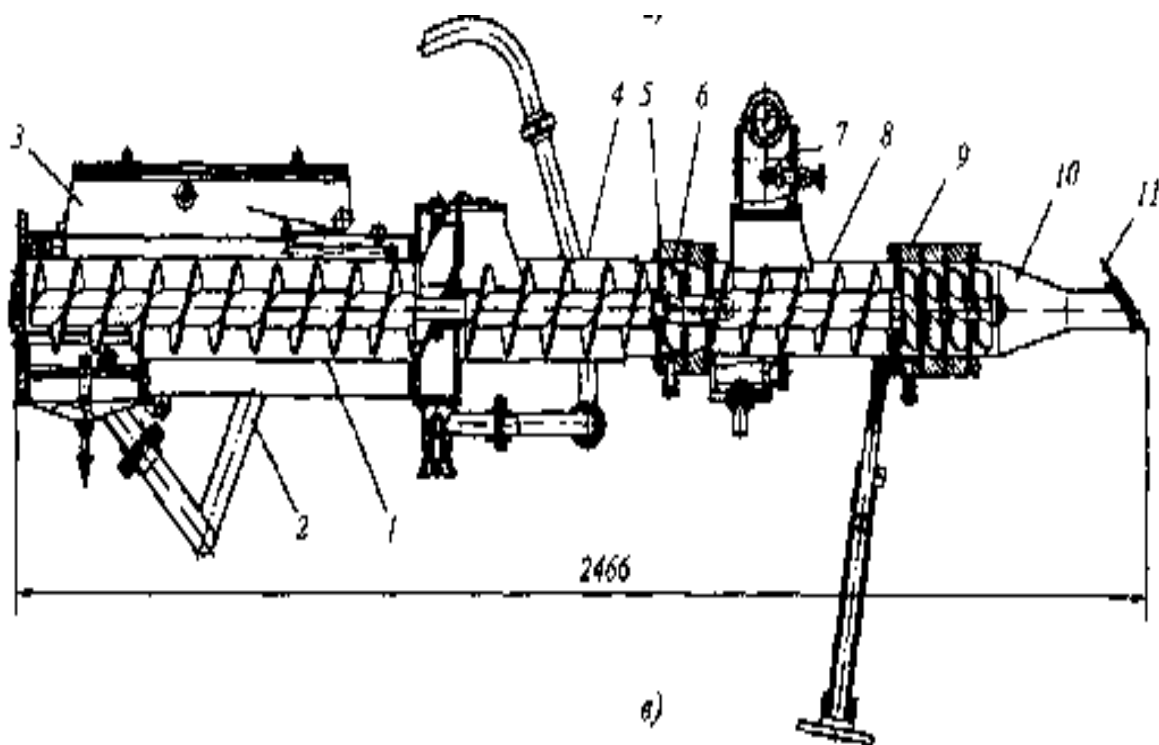


Рисунок 3 – Общий вид шнекового текстуратора маслоизготовителя марки А1-ОЛО/1:

1 – первая камера; 2 – сифон для удаления влаги; 3 – бункер, 4 – вторая камера; 5 – решетка; 6 – нож; 7 – вакуум-камера, 8 – третья камера; 9 – блок; 10 – насадка; 11 – задвижка

В каждой из трех камер 1, 4 и 8 расположены шнеки.

В верхней и нижней частях третьей камеры имеется вакуум-камера- с патрубком для присоединения к вакуум-насосу с клапаном для ручного регулирования величины вакуума. К концевому фланцу третьей камеры присоединяются ножи, вставляются решетки. Заканчивается шнековый текстуратор насадкой с двумя выходами, каждый из которых может перекрываться задвижкой.

Принцип работы маслоизготовителя данной марки заключается в следующем: созревшие, нагретые до температуры сбивания, тщательно перемешанные в резервуаре сливки через уравнильный бак насосом дозатором подаются в сбивальный цилиндр маслоизготовителя. Попадая вначале тангенциально на распределительный вращающийся конус с направляющими, сливки приобретают некоторое вращение и на бильные лопасти поступают уже со скоростью, примерно равной скорости их вращения.

Это предотвращает внезапное механическое воздействие на сливки и дробление жировых шариков, а кроме того, значительно

интенсифицирует процесс сбивания. Далее образовавшееся масляное зерно с пахтой поступает в бункер первой камеры шнекового текстуратора, где зерно подвергается промывке и механической обработке шнеками.

Пахта отделяется от масляного зерна и вместе с промывочной водой удаляется через сифон в бак для пахты и далее насосом подается на сепарирование или дальнейшее использование. Образование масляного пласта начинается в первой камере. Во второй камере происходит окончательная промывка масла и дальнейшая обработка масляного зерна, Промывочная вода через сифонную трубку удаляется из маслоизготовителя. В третьей камере механическим вакуум-насосом создается разрежение для удаления воздуха. Высокое содержание воздуха в масле отрицательно влияет на его стойкость.

Для окончательной механической обработки масло продавливается через ряд решеток, между которыми установлены ножи для перемешивания пласта масла. В случае выхода масла с недостаточным содержанием влаги включают аппарат для дозирования влаги, который подсоединяется двумя гибкими шлангами к инъекционному блоку (после третьей камеры шнекового текстуратора).

Готовое масло выходит через одно из отверстий насадки шнекового текстуратора.

Специальный центробежный; насос высокого давления подает ледяную воду по трубопроводам в рубашку текстуратора, наружный цилиндр сбивателя и корпус вала сбивателя.

Каждый из перечисленных трубопроводов имеет запорный соленоидный вентиль, что позволяет, в зависимости от условий работы маслоизготовителя, отключить подачу воды в тот или иной узел.

Вода, используемая для охлаждения сбивального цилиндра, вала сбивателя и рубашки текстуратора, является оборотной и после использования идет на повторное охлаждение. Для промывки масляного зерна применяется промывочная вода.

Техническая характеристика

Производительность техническая (по сладкосливочному маслу), кг/ч	1000
Рекомендуемая жирность сливок для масла, %	

Сладкосливочного	32–40
Любительского	35–40
Кислотность сливок для масла, °Т	
сладкосливочного	14–16
кислосливочного	до 40
Температура, К (°С):	
сбивания сливок	282–287 (9–14)
масла на выходе	285–288(12–15)
Содержание влаги в масле, %:	
сладкосливочном	15,7–16
любительском	19,7–20
Содержание воздуха в масле, %	до 3,5
Содержание жира в пахте, %	0,7
Температура поступающей промывочной воды, К (°С)	273–278(0–5)
Давление промывочной воды, МПа (кгс/см ²)	0,49–0,74(5–7,5)
Вакуум в камере обработки, МПа (кгс/см ²)	0,066(0,68)
Расход воды для промывки масла, м ³ /ч	1,5
Подача воды (оборотная вода) для охлаждения, м ³ /ч	3,5
Частота вращения, с ⁻¹ (об/мин):	
сбивателя	9,2–41,6(550–2500)
шнекового текстуратора	0,33–1
Общая установленная мощность электродвигателей, кВт	31,2
Габаритные размеры, мм	4090×870×1800
Масса, кг	2468
Частота вращения маслоизготовителя в период работы, с ⁻¹ :	

$$n = \frac{0,4}{\sqrt{R}}, \quad (1)$$

где R – радиус маслоизготовителя, м.

Рабочий объем маслоизготовителя без учета объема вальцов, м³:

$$V_p = 0,1 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot l, \quad (2)$$

где d, l – соответственно внутренние диаметр и длина бочки, м.

Полная вместимость маслоизготовителя, м³:

$$V_n = \frac{V_p}{0,4}, \quad (3)$$

Мощность, потребляемая маслоизготовителем, кВт:

$$N = 0,0055 M_{\delta}, \quad (4)$$

где M_{δ} – количество сливок, загружаемых в бочку, кг.

Повышение температуры сливок в маслоизготовителе при их сбивании:

$$\Delta t = \frac{3600 \cdot N \cdot \eta \cdot \tau \cdot 10^3}{M \cdot c}, \quad (5)$$

где n – коэффициент, показывающий, какая часть энергии переходит в тепло ($\eta=0,7-0,8$);

τ – продолжительность сбивания сливок, ч;

c – удельная теплоемкость сливок, Дж/(кг·°С).

Минимальная частота вращения била, при которой еще происходит сбивание сливок в маслоизготовителе непрерывного действия:

$$n_{\min} = \frac{2,26}{r}, \quad (6)$$

где r – радиус била, м.

Объем сливок, находящихся в сбивальном цилиндре, м³:

$$V = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot l \cdot \delta, \quad (7)$$

где R, l – радиус и длина цилиндра, м;

δ – зазор между лопастью и цилиндром ($\delta = R - r$).

Максимальную производительность маслоизготовителя по исходным сливкам, кг/ч:

$$M = 3600 \frac{V}{\tau} \cdot \rho_c, \quad (8)$$

где V – объем сливок, находящихся в сбивальном цилиндре, м³;

ρ_c – плотность сливок, кг/м³;

τ – продолжительность пребывания сливок в сбивальном цилиндре, с, ($\tau=2-5$ с).

Фактическую производительность маслоизготовителя непрерывного действия по количеству исходных сливок можно

определить также по высоте сливок в приемной воронке и диаметру соплового отверстия:

$$M_c = 900 \cdot \pi \cdot d^3 \mu \cdot \rho_c \sqrt{2H \cdot g}, \quad (9)$$

где d – диаметр соплового отверстия, м;

μ – коэффициент истечения сливок ($\mu=0,7-0,85$);

H – высота столба жидкости, м.

Задачи

1. Диаметр сбивального цилиндра – 180 мм, диаметр била – 174 мм, длина цилиндра – 400 мм, диаметр отверстия в диафрагме – 9 мм, высота столба сливок – 60 см. Жирность сливок – 40 %. Определить минимальную частоту вращения била маслоизготовителя непрерывного действия, объем находящихся в цилиндре сливок и производительность маслоизготовителя по сливкам.

2. Вальцовый маслоизготовитель имеет следующие технические данные: внутренний диаметр бочки – 1440 мм, ее длина – 1650 мм, длина вальцов – 1600 мм, их ширина – 150 мм, расстояние между центрами вальцов – 230 мм. Продолжительность сбивания сливок 40 мин. Жирность сбиваемых сливок – 40 %. Установить частоту вращения бочки и вальцов маслоизготовителя, его полную, и рабочую емкости, потребляемую им мощность и повышение температуры сливок при сбивании.

Контрольные вопросы

1. Дайте классификацию маслоизготовителей.
2. Расчет числа оборотов и производительности маслоизготовителя.
3. Способы загрузки сливок и выгрузки масла из маслоизготовителя.
4. Маслоизготовитель непрерывного действия и отличительные особенности существующих конструкций.
5. В чем заключается непрерывно-поточный способ производства масла?
6. Какое оборудование входит в линию для производства-масла по этому, способу?
7. Устройство и принцип действия маслообразователя.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

АППАРАТЫ ДЛЯ ПЛАВЛЕНИЯ

СЫРНОЙ МАССЫ

Цель и задачи работы – изучить конструкцию агрегата В2-ОПН для измельчения и плавления сыра, исследовать влияние расхода тепла на нагревание и плавление сырной массы, производительность плавителя.

Для плавления сырной массы в промышленности применяют аппараты периодического и непрерывного действия, представляющие собой теплообменники с паровой рубашкой, и электроплавители.

Рассмотрим агрегат марки В2-ОПН, предназначенный для измельчения, плавления и охлаждения сырной массы.

В состав агрегата марки В2-ОПН (рисунок 1) входят следующие устройства: подъемнике загрузочными тележками; измельчитель-плавитель; тележка разгрузочная, станция подготовки пара, система подготовки воздуха, шкаф управления.

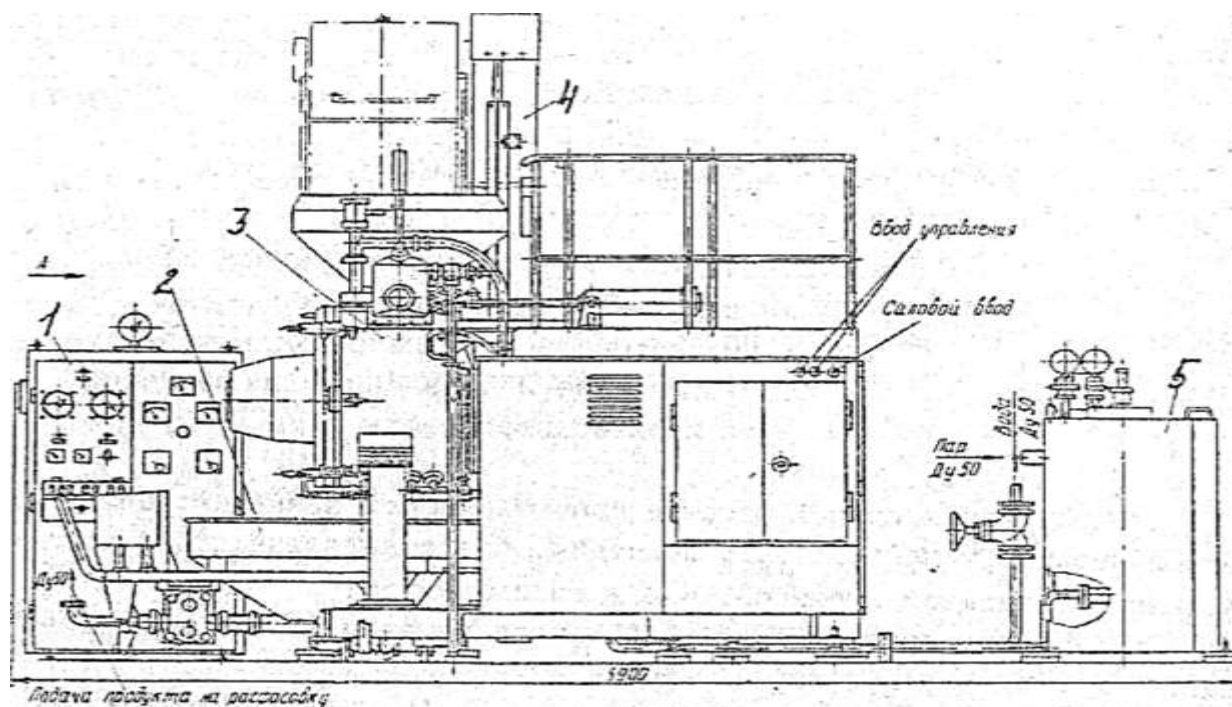


Рисунок 1 – Общий вид агрегата марки В2-ОПН:

- 1 – шкаф управления; 2 – тележка разгрузочная; 3 – измельчитель-плавитель;
4, 6 – подъемник; 5 – станции подготовки пара

Подъёмник предназначен для подачи сырья в барабан измельчителя плавителя и представляет собой металлический каркас, внутри которого расположена цепная передача с кареткой на подшипниках качения. На каретке установлено грузозахватное устройство для приема и фиксации загрузочной тележки.

Измельчитель-плавитель предназначен для измельчения, плавления и охлаждения сырной массы. Он представляет собой герметичный горизонтальный барабан, снабженный мешалкой с приводом, смонтированными на крышке, загрузочным и разгрузочными шиберами и рубашкой для охлаждающей воды. В состав измельчителя-плавителя входит также двухскоростной электродвигатель, на удлинненном валу которого установлено три двухлопастных серповидных ножа, обратные клапаны, вакуумная система, тормоз и дозатор воды. Измельчитель-плавитель показан на рисунке 2.

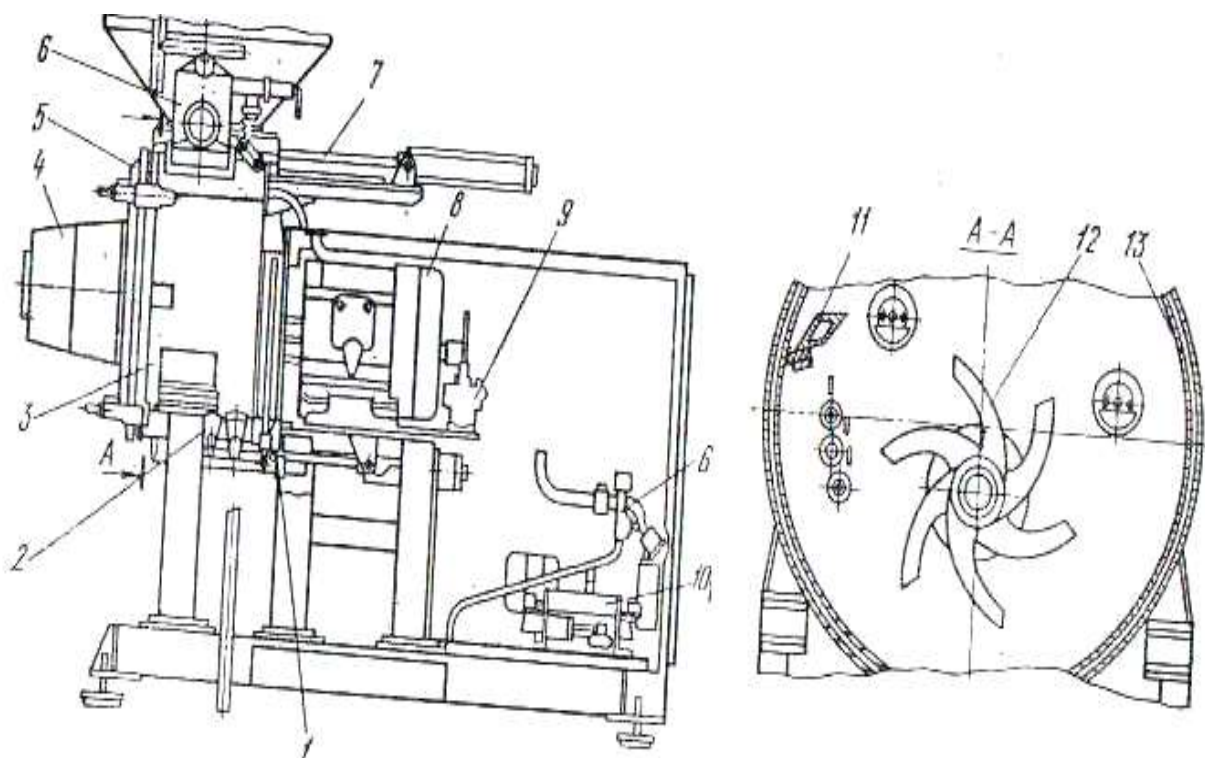


Рисунок 2 – Агрегат для измельчения сыра и плавления сырной массы:
 1 – разгрузочный шибер; 2 – обратные клапаны; 3 – барабан;
 4 – электропривод мешалки; 5 – крышка; 6 – вакуумная система;
 7 – загрузочный шибер; 8 – двухскоростной электродвигатель; 9 – тормоз;
 10 – дозатор воды; 11 – мешалка; 12 – ножи; 13 – рубашка

Двухлопастные серповидные ножи предназначены для

предварительного тонкого измельчения сыра и создания циркуляционных потоков сырной массы в барабане.

Шиберы предназначены соответственно для загрузки сырья в барабан и выгрузки расплавленной охлажденной сырной массы. Они представляют собой прямоугольные пластины с уплотнением по замкнутому контуру. Лопасть мешалки предназначена для съема сырной массы с внутренних боковых поверхностей барабана и крышки при расплавлении ее и охлаждении через рубашку. Обратные клапаны предназначены для подачи пара и воды непосредственно в барабан. Вакуумная система служит для вакуумирования сырной массы в процессе измельчения и плавления. Дозатор воды служит для подачи заранее заданного количества воды с целью получения стандартного по влаге готового продукта. Подготовка сырья к плавлению производится в соответствии с технологической инструкцией. Работа агрегата осуществляется в двух режимах: ручном и автоматическом.

Перед загрузкой агрегат готовят к работе. Для этого необходимо закрыть верхний загрузочный и нижний разгрузочный шиберы, на короткое время внутрь емкости пустить пар, затем открыть нижний разгрузочный шибер для слива конденсата и на короткое время включить мешалку на режим «Смешивание». После этого закрыть нижний шибер. Агрегат готов к работе.

Работа на агрегате осуществляется в следующей последовательности.

Подготовленная смесь для плавления из тележки подъемного устройства загружается в рабочий барабан агрегата через открытый верхний загрузочный шибер. После загрузки закрывается верхний загрузочный шибер и начинается процесс измельчения и плавления смеси. Включаются режущее устройство, мешалка, подача воды в массу согласно рецептуре, вакуумная система - процесс идет в режиме «Медленно».

В массу подается пар. При температуре массы 333-335 К (60...62 °С) выключается вакуум-насос и производится сброс вакуума. Дальнейшее плавление производится без вакуумирования.

При достижении заданной температуры плавления подача пара автоматически отключается. При необходимости подается вода для охлаждения расплавленной массы в течение 3–3,5 мин. После охлаждения выключается режущее устройство и мешалка,

приоткрывается нижний шибер для визуального определения готовности сырной массы, после чего производится полная выгрузка массы в приемную тележку с насосом. Слив массы длится около 30 с. Готовая масса из приемной тележки насосом подается в тележки или непосредственно в расфасовочные автоматы.

Техническая характеристика

Производительность, кг/ч	1200
Установленная мощность, кВт	65
Емкость камеры измельчителя-плавителя, дм ³	300
Температура расплавленной массы, К (°С)	368(95)
Расход: пара, кг/ч ...	150
водопроводной воды, м ³ /ч .	1,2
сжатого воздуха, м ³ /ч	0,2
Давление, МПа (кгс/см ²):	
пара	0,6(6)
воздуха	0,3(3)
Продолжительность одного цикла, мин	10
Время загрузки, мин	1,5
Время загрузки (массы 200 кг), мин	5
Высота подъема тележки, мм	2540
Грузоподъемность загрузочного устройства, кг	500
Габаритные размеры, мм	5900×2200×3450
Занимаемая площадь, м ²	15,7
Масса, кг	5500

На производительность плавителей большое влияние оказывает расход тепла на нагревание и плавление сырной массы, Дж:

$$Q_n = M_c(t_k - t_n) + M \cdot g , \quad (1)$$

где M – количество сырной массы, кг;

C – удельная теплоемкость сырной массы, Дж/(кг·°С);

t_n – начальная температура сырной массы, °С;

t_k – конечная температура плавления сырной массы, °С;

g – скрытая удельная теплота плавления сырной массы, Дж/кг.

Продолжительность нагревания и плавления сырной массы, с:

$$\tau = \frac{Q_n}{k \cdot F \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (2)$$

где K – усредненный коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·°С);

F – поверхность нагрева плавильного котла, м²;

Δt_{cp} – средняя разность температур, °С.

Сменная производительность плавильных котлов, кг:

$$M_{cm} = \frac{\tau_{cm} \cdot M}{\tau_{ц}}, \quad (3)$$

где τ_{cm} – продолжительность смены, ч;

$\tau_{ц}$ – продолжительность цикла, ч.

$$\tau_{ц} = \tau_{з} + \tau_{в} + \tau_{н}, \quad (4)$$

где $\tau_{з}$ – продолжительность загрузки, ч;

$\tau_{в}$ – продолжительность выгрузки, ч;

$\tau_{н}$ – продолжительность нагрева, ч.

Задача

Определить расход тепла и время плавления 200 кг сырной массы, если начальная температура сырной массы 15 °С, температура плавления 75 °С.

Контрольные вопросы

1. Устройство оборудования для производства плавленых сыров: сырорезки, волчки, вальцовки, месильная машины, сыроплавители.

2. Как определить производительность сыроплавителя?

3. Какое оборудование используется при производстве сыра?

РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Аппаратурно-процессовое оснащение производства молочных продуктов: Учебное пособие / В. И. Трухачев, В. А. Самойлов, П. Г. Нестеренко, М. А. Ткаченко, О. Ю. Толмачев. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005. – 456 с.
2. Арсеньева Т. П. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 4. Мороженое / Т. П. Арсеньева. - СПб.: ГИОРД, 2002. - 184 с.
3. Алимарданова М. Оборудование предприятий молочного производства : Учебное пособие / М. Алимарданова, М. Еркебаев. - Астана: Фолиант, 2010. - 192 с.
4. Бредихин С. А. Технологическое оборудование переработки молока : учеб. пособие / С. А. Бредихин. – Санкт-Петербург : Лань, – 2018. – 412 с.
5. Голубева Л. В. Современные технологии и оборудование для производства питьевого молока / Л. В. Голубева, А. Н. Пономарев. - М. : ДеЛи принт, 2004. – 179 с.
6. Кузнецов В. В. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности: Справочник, часть 1 / В. В. Кузнецов, Г. Г. Шилер. - М. : ДеЛи принт, 2008. – 552 с.
7. Курочкин А. А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства / А. А. Курочкин, В. В. Лященко. – М.: Колос, 2001. – 440 с.
8. Оленев Ю. А. Справочник по производству мороженого / Ю. А. Оленев, А. А. Творогова, Н. В. Казакова, Л. Н. Соловьева. – М. : ДеЛи принт, 2004. – 798 с.
9. Оборудование для переработки продукции животноводства: Оборудование молочной промышленности: краткий курс лекций для направления подготовки 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции Том1. / Сост. : Д. Н. Катусов. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2018. – 62 с.
10. Машины, технологическое оборудование, приборы для предприятий молочной промышленности / А. И. Вдовин, К. Г. Саргсян, В. Л. Дуль, В. Ю. Сидорин, А. Д. Мымра. – Тернополь : Воля, 2006. - 480 с.

11. Сарбатова Н. Ю. Оборудование для переработки животноводческого сырья : учеб. пособие / Н. Ю. Сарбатова, А. А. Нестеренко. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – Ч. 2. - 181 с.

12. Современное технологическое оборудование для тепловой обработки молока и молочных продуктов: пастеризационные установки, подогреватели, охладители, заквасочники : справ. пособие / П. Л. Лисин, К. К. Полянский, П. А. Миллер. Под общей ред. проф. К. К. Полянского. - СПб. : ГИОРД, 2009. - 136 с.

13. Скотт Р. Производство сыра: научные основы и технологии / Р. Скотт, Р. К. Робинсон, Р. А. Уилби. – СПб. : Профессия, 2005. – 464 с.

14. Свириденко А. К. Оборудование для транспортировки, хранения и переработки молока : учеб. пособие / А. К. Свириденко, А. Н. Березин, А. Я. Змеев. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2003. – 248 с.

15. Справочник технолога молочного производства. Т.7. Оборудование молочных предприятий (справочник-каталог) / В. А. Самойлов, П. Г. Нестеренко, О. Ю. Толмачев. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 832 с.

16. Технологические процессы и оборудование, применяемые при производстве молочной продукции / В. Ф. Федоренко, Н. П. Мишуоров, Л. А. Неменуцкая, Л. Ю. Коноваленко. - М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. - 160 с.

17. Технология молока и оборудование предприятий молочной промышленности / В. Г. Тиняков, Г. Н. Крусь, Ю. Ф. Фофанов. - М. : Агропромиздат, 1986. - 280 с.

18. Технологии и оборудование для переработки молока справочник / А. И. Парфентьева, Л. А. Неменуцкая, Л. Ю. Коноваленко. - Москва: Росинформагротех, 2015. – 164 с.

19. Хозяев И. А. Проектирование технологического оборудования пищевых производств : учеб. пособие / И. А. Хозяев. – Санкт-Петербург : Лань, 2011. – 272 с.

20. Шаршунов В. А. Технологическое оборудование для производства молока и молочных продуктов: пособие : в 2 ч. Ч. 2. Производство молочных продуктов / В. А. Шаршунов. – Минск : Мисанта, 2015. - 893 с.

21. Фильчакова С. А. Санитария и гигиена на предприятиях молочной промышленности / С. А. Фильчакова. - М. : ДеЛи, 2008. - 276 с.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ
ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО СЫРЬЯ
(часть 2)**

Методические указания

Составители: **Сарбатова** Наталья Юрьевна, **Безверхая** Наталья
Сергеевна, **Нестеренко** Антон Алексеевич

Подписано в печать 01.10.2019. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. – 4,65. Уч.-изд. л. – 3,6.

Тираж 30 экз. Заказ №

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13