

**Арсеньева Т.П.  
Брусенцев А.А.  
Яковченко Н.В.**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**  
Учебно-методическое пособие



**Санкт-Петербург  
2019**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Т.П. Арсеньева  
А.А. Брусенцев  
Н.В. Яковченко**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

**Учебно-методическое пособие**

РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ  
ИТМО для бакалавров всех форм обучения, обучающихся по на-  
правлению подготовки: 19.03.01 «Биотехнология»

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Санкт-Петербург  
2019**

УДК 637.1

**Арсеньева Т.П., Брусенцев А.А., Яковченко Н.В.** Технологическое оборудование биотехнологических производств: Учеб. – метод. пособие. – СПб. Университет ИТМО, 2019. – 93 с.

Представлены: методические указания к самостоятельной работе студентов, организация и план проведения лабораторных работ, порядок их выполнения и оформления, задания на контрольную работу для бакалавров направления 19.03.01, направление подготовки «Биотехнология». В конце пособия дан список рекомендуемой литературы.

**Рецензент: д. т. н., проф. Е.И. Верболоз**



**Университет ИТМО** – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5–100» Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2019

© Арсеньева Т.П., Брусенцев А.А., Яковченко Н.В. 2019

## ВВЕДЕНИЕ

В конце 90-х годов и начале 21 века положение с производством продуктов питания стабилизировалось и наметился определенный рост их производства с целью насыщения рынка отечественными доброкачественными продуктами питания. Данный курс направлен на подготовку квалифицированных специалистов для производства пищевых продуктов с использованием биотехнологических процессов.

Будущим бакалаврам-технологам, для производства продуктов питания с использованием биотехнологических процессов, необходимы знания назначения устройства и принцип действия основного технологического оборудования, позволяющего рационально и комплексно использовать сырье в ресурсосберегающих технологиях, при производстве продуктов лечебно-диетического назначения, содержащих биологически активные добавки и наполнители, выпуска продукции с длительными сроками годности, применения новейшего оборудования в области расфасовки и упаковки продуктов питания. Данное пособие является доработанной версией пособия Брусенцева А.А. «Технологическое оборудование отрасли» на 50 с, изданное в 2013г.

## ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение следующих результатов образования (РО):

### **знания:**

*на уровне представлений:* устройства, назначения и принципов действия технологического оборудования, применяемого при организации биотехнологических процессов;

*на уровне понимания:* возможных последствий при возникновении аварий в результате неправильной эксплуатации оборудования; применения экстренных мер при возникновении стихийных бедствий и катастроф;

*на уровне воспроизведения:* применения экстренных мер при возникновении аварий, стихийных бедствий и катастроф;

### **умения:**

*теоретические:* систематизировать и обобщать информацию, касающуюся оборудования для организации биотехнологических процессов с использованием справочной, научно-технической литературы и интернетресурсов; использовать современные достижения науки и передовой технологии, касающиеся технологического оборудования при организации биотехнологических процессов;

*практические:* работать в глобальных компьютерных сетях и извлекать необходимую информацию для грамотной организации работы и эксплуатации технологического оборудования. Обработать, анализировать и систематизировать полученные данные, использовать их для организации биотехнологических процессов и в управлении качеством продукции; владеть основными методами защиты производственного персонала и населения при возникновении аварий, катастроф и стихийных бедствий; осуществлять технологический процесс в соответствии с нормативно-технической документацией и использовать технические средства для контроля параметров биотехнологических процессов, свойств сырья при его переработке и готовой продукции; управлять биотехнологическими процессами с использованием полученных знаний; оценивать биотехнологические процессы с учетом возможных экологических последствий при неправильной их организации; подбирать по производительности и назначению технологическое оборудование для организации технологических процессов; составлять технологические схемы биотехнологических процессов с использованием современного технологического оборудования;

**навыки:** производить разборку и сборку простейшего технологического оборудования с целью его санитарной обработки; эксплуатировать технологическое оборудование, технические средства измерений при организации и проведении биотехнологических процессов с соблюдением санитарных правил, правил эксплуатации, техники безопасности, охраны труда и противопожарной безопасности.

## **СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов, представлена в таблице 3.1, лекции – в таблице 3.2, лабораторные работы – в таблице 3.3, самостоятельная работа студентов – в таблице 3.4.

Таблица 3.1 Общая трудоемкость дисциплины

№ модуля образовательной программы	№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
11	1	Оборудование для транспортировки сырья и готовой продукции.	2	-	-	6	8
	2	Оборудование для учета количества поступающего сырья.	1	-	4	8	13
11	3	Емкостное технологическое оборудование.	2	-	8	10	20
	4	Оборудование для очистки сырья и полуфабрикатов.	1	-	-	6	7
12	5	Оборудование для разделения жидкостей и дробления твердого сырья.	1	-	4	9	14
	6	Оборудование для диспергирования жидких и вязкопластичных сред.	1	-	5	11	17
	7	Оборудование для тепловой обработки жидких, вязкопластичных и твердых сред.	3	-	5	12	20
	8	Оборудование для концентрирования сырья.	1	-	-	4	5
	9	Оборудование сушки сырья	1	-	-	3	4
<b>ИТОГО:</b>			13	-	26	69	108

Таблица 3.2 Лекции

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, часов	Тема лекции
1	Раздел 1	2	Оборудование для транспортировки сырья и готовой продукции.
2	Раздел 2	1	Оборудование для учета количества поступающего сырья.
3	Раздел 3	2	Емкостное технологическое оборудование
4	Раздел 4	1	Оборудование для очистки сырья и полуфабрикатов.
5	Раздел 5	1	Оборудование для разделения жидкостей и дробления твердого сырья
6	Раздел 6	1	Оборудование для диспергирования жидких и вязко-пластичных сред.
7	Раздел 7	3	Оборудование для тепловой обработки жидких, вязко-пластичных и твердых сред
8	Раздел 8	1	Оборудование для концентрирования сырья
9	Раздел 9	1	Оборудование для сушки сырья
Итого:		13	

Таблица 3.3 Лабораторные работы

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Наименование лаборатории	Трудоемкость, часов
1	Раздел 2	Изучение работы счетчика-расходомера РМ-5-П	Прикладной биотехнологии	4
2	Раздел 3	Определение продолжительности опорожнения резервуара	Прикладной биотехнологии	4
3	Раздел 3	Изучение конструкции и работы резервуаров биотехнологического назначения	Прикладной биотехнологии	4
4	Раздел 5	Изучение конструкции сепаратора-сливкоотделителя ОСП-3М	Прикладной биотехнологии	4
5	Раздел 6	Изучение конструкции работы гомогенизатора	Прикладной биотехнологии	5
6	Раздел 7	Изучение конструкции пластинчатых пастеризационно-охладительных установок	Прикладной биотехнологии	5
Итого:				26

Таблица 3.4 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Раздел дисциплины	Вид СРС	Трудоемкость, часов
1	Раздел 1	Изучение теоретического материала	6
2	Раздел 2	Изучение теоретического материала	5
3		Подготовка к лабораторной работе № 1	2
4		Оформление отчета и подготовка к защите лабораторной работы № 1	1
5	Раздел 3	Изучение теоретического материала	4
6		Подготовка к лабораторной работе № 2-3	4
7		Оформление отчета и подготовка к защите лабораторной работы № 2-3	2
8	Раздел 4	Изучение теоретического материала	6
9	Раздел 5	Изучение теоретического материала	6
10		Подготовка к лабораторной работе № 4	2
11	Раздел 5	Оформление отчета и подготовка к защите лабораторной работы № 4	1
12	Раздел 6	Изучение теоретического материала	8
13		Подготовка к лабораторной работе № 5	2
14		Оформление отчета и подготовка к защите лабораторной работы № 5	1
15	Раздел 7	Изучение теоретического материала	9
16		Подготовка к лабораторной работе №6	2
17		Оформление отчета и подготовка к защите лабораторной работы № 6	1
18	Раздел 8	Изучение теоретического материала	4
19	Раздел 9	Изучение теоретического материала	3
Итого:			69

## **ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Самостоятельная работа студентов (СРС) – одна из главных составляющих комплекса, определяющего подготовку инженерных кадров.

Учебный процесс организуется в соответствии со следующими документами:

- государственный образовательный стандарт (ГОС);
- учебный план;
- рабочая программа дисциплины;
- календарный план.

Данное учебно-методическое пособие направлено на оказание помощи студентам при самостоятельной работе по изучению дисциплины. Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины организуется самим студентом. При возникновении сложностей или неясных позиций студент обращается за помощью к преподавателю.

При самостоятельной работе студента по изучению дисциплины у него должна быть рабочая программа. В рабочей программе отражено содержание отдельных разделов изучаемой дисциплины, а также указан объем материала, который должен быть дан в лекциях и закреплен на практических и лабораторных занятиях. В конце пособия приведен список учебной литературы. Для лучшей организации самостоятельной работы и усвоения материала студенты должны пользоваться основной и дополнительной литературой. Для самостоятельного контроля усвоения материала в конце темы имеются вопросы, на которые студент должен ответить после изучения материала темы.

Количественной оценкой качества изучаемого студентом учебного материала являются рейтинговые баллы, определяемые педагогом, ведущим дисциплину. При рейтинговой оценке учитывается также регулярность самостоятельной работы студента при изучении дисциплины, что определяется опросом студентов в начале практических и лабораторных занятий. Положительные баллы получает студент, усвоивший материал темы, в соответствии с рейтинговой оценкой знаний студентов.

При изучении дисциплины «Технологическое оборудование биотехнологических производств» студенты должны получить знания: о назначении, устройстве и принципах работы основного технологического оборудования, условиях правильной эксплуатации, позволяющих продлить сроки его службы; о характерных недостатках при эксплуатации оборудования; о назначении планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания оборудования.

### **Цели и задачи дисциплины**

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

**знания:** современных тенденций развития пищевой биотехнологии, достижений науки в этой области; применяемого оборудования для переработки сырья животного происхождения, его устройства и правил эксплуатации, проектирования технологических процессов с использованием автоматизированных систем технологической подготовки продуктов;

**умение:** самостоятельно осваивать современные направления промышленной переработки ресурсов животного происхождения с использованием современного технологического оборудования, в зависимости от требований к качеству продукции, использовать современные программные и технические средства информационных технологий; систематизировать, обобщать и анализировать научную и профессиональную информацию; работать с персональным компьютером и сетью интернет; применять полученные знания для выбора оборудования при организации технологических процессов переработки ресурсов животного происхождения;

**владение:** методологией разработки и анализом информационных потоков и информационных моделей современного оборудования и приборов при производстве продуктов из ресурсов животного происхождения, способностью использовать современные достижения науки и передовой технологии в оснащении технологического оборудования при производстве продуктов из сырья животного происхождения.

## **СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Раздел 1. Оборудование для транспортировки сырья и готовой продукции**

1.1 Назначение, устройство и принцип выбора оборудования для транспортировки сырья, готовой продукции. 1.2 Влияние устройства оборудования на сохранность сырья и готовой продукции. 1.3 Основное оборудование для транспортировки сырья, готовой продукции, его технические характеристики. 1.4 Правила эксплуатации и назначение планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания оборудования. 1.5 Назначение, устройство и принцип действия различных насосов: центробежных, винтовых, шестеренчатых, мембранных и плунжерных. 1.6 Основные технические характеристики и правила эксплуатации насосов. 1.7 Назначение, устройство и принцип действия различных транспортеров: цепных, пластинчатых, скребковых. 1.8 Применение элеваторов, рольгангов, талей. 1.9 Основные технические характеристики данного оборудования.

### **Самостоятельная работа студентов – 6 ч.**

Изучение материала раздела 1. – по конспекту лекций и литературным источникам [1 - 4].

#### **Вопросы для самоконтроля усвоения материала**

1. Назначение и устройство оборудования для транспортировки сырья и готовой продукции.
2. Какие виды транспортировки Вы знаете?
3. Назначение, типы и устройство центробежных насосов.
4. Где используются винтовые и шестеренчатые насосы?
5. Как устроены винтовые насосы?
6. Как устроены шестеренчатые насосы?
7. Каково устройство насосов объемного действия (поршневых, мембранных, плунжерных)?
8. Каковы правила эксплуатации и технические характеристики различных насосов?
9. В каких случаях используются насосы объемного действия?
10. Какие виды транспортеров Вы знаете?
11. Устройство и назначение различных видов транспортеров.
12. В каких случаях используются элеваторы и рольганги?
13. Каковы основные правила эксплуатации различных транспортеров?
14. Каковы правила эксплуатации и назначение планового предупредительного ремонта и технического обслуживания оборудования для транспортировки сырья?

### **Раздел 2. Оборудование для учета количества поступающего сырья**

2.1 Устройство и технические характеристики оборудования для учета количества (по объему) сырья, поступающего в жидком виде. 2.2 Объемные счетчики, индукционные расходомеры. 2.3 Тензометрические устройства для учета количества сырья. 2.4 Устройство и принцип действия различного весового оборудования для учета количества сырья по массе. 2.5 Назначение и периодичность государственной поверки оборудования для учета сырья по массе и по объему.

### **Самостоятельная работа студентов – 8 ч.**

Проработка лекционного и изучение дополнительного материала раздела, 2 – по источникам [1 - 6].

### **Вопросы для самоконтроля усвоения материала**

1. Какое оборудование для учета сырья, поступающего в жидком виде, Вы знаете?
2. Какое оборудование для учета сырья, поступающего в твердом и сыпучем состоянии, Вы знаете?
3. Какие принципы использованы в работе объемных счетчиков, индукционных расходомеров, тензометрических устройств, весового оборудования для учета сырья и готовой продукции?
4. Назначение и периодичность государственной поверки оборудования для учета сырья и готовой продукции.

### **Раздел 3. Емкостное технологическое оборудование**

3.1 Емкостное оборудование для хранения сырья и готовой продукции. 3.2 Изотермические резервуары, обычные резервуары, резервуары для осуществления биотехнологических процессов. 3.3 Назначение, устройство и принцип действия, технические характеристики резервуаров. 3.4 Перемешивающие устройства резервуаров. 3.5 Приборы и средства контроля количества и качества сырья или продукта в резервуаре. 3.6 Влияние конструктивных особенностей резервуаров на качество и сроки хранения сырья, полуфабрикатов и готовой продукции до упаковки.

#### **Самостоятельная работа студентов – 10 ч.**

Изучение материала раздела 3 – по конспекту лекций и литературным источникам [1 - 6].

### **Вопросы для самоконтроля усвоения материала**

1. Какие основные типы резервуаров используются в технологических процессах?
2. Каково устройство изотермических резервуаров?
3. Каково устройство резервуаров для биотехнологических процессов?
4. Какие типы перемешивающих устройств используются в резервуарах?
5. Каково устройство различных перемешивающих механизмов?
6. Какие приборы и средства контроля используются в резервуарах?
7. Каковы конструктивные особенности днищ резервуаров?
8. Как влияют конструктивные особенности резервуаров на качество сырья и готовой продукции при хранении?
9. Моечные головки, применяемые в резервуарах.

## **Раздел 4. Оборудование для очистки сырья и полуфабрикатов**

4.1 Назначение и устройство различных фильтров, центрифуг, центробежных очистителей, магнитных уловителей. 4.2 Области применения данного вида оборудования, его технологические характеристики и правила эксплуатации.

### **Самостоятельная работа студентов – 6 ч.**

Изучение материала раздела 4 – по конспекту лекций и литературным источникам [1 - 5].

### **Вопросы для самоконтроля усвоения материала**

1. Какие фильтры используются в технологических процессах и зачем?
2. Устройство и назначение различных видов центрифуг.
3. Устройство и назначение центробежных очистителей.
4. Устройство и назначение магнитных улавливателей.
5. Каковы технологические особенности и правила эксплуатации центрифуг и центробежных очистителей?
6. Как работают очистители с центробежной выгрузкой осадка и какие средства автоматизации используются при работе?

## **Раздел 5. Оборудование для разделения жидкостей и дробления твердого сырья**

5.1 Назначение, устройство и принцип действия различных сепараторов периодического и непрерывного действия. 5.2 Технические характеристики сепараторов. 5.3 Коллоидные мельницы, дробилки, мясорубки, волчки, куттеры. 5.4 Назначение, устройство, принцип действия и технические характеристики данного оборудования.

### **Самостоятельная работа студентов – 9 ч.**

Изучение материала раздела 5 – по конспекту лекций и литературным источникам [1 - 6].

### **Вопросы для самоконтроля усвоения материала**

1. Какие Вы знаете сепараторы, классифицируемые по способу подачи продукта и отвода разделенных фаз?
2. Устройство и принцип работы сепараторов периодического действия.
3. Устройство и принцип работы сепараторов непрерывного действия.
4. Как классифицируются сепараторы по их применению в технологических процессах для разделения фаз?
5. Назначение, устройство и принцип действия коллоидных мельниц.

6. Назначение, устройство и принцип работы различных дробилок.
7. Назначение, устройство и принцип действия мясорубок, волчков, куттеров.
8. Какие правила безопасности необходимо соблюдать при эксплуатации оборудования для разделения жидкостей, эмульсий и суспензий?
9. Правила безопасной эксплуатации оборудования для дробления сырья.

### **Раздел 6. Оборудование для диспергирования жидких и вязко-пластичных сред**

6.1 Назначение, устройство и принцип действия различных гомогенизаторов для жидких вязко-пластичных сред. 6.2 Устройство и принцип работы различных диспергаторов. 6.3 Применение данного оборудования в технологических операциях. 6.4 Основные технические характеристики оборудования

#### **Самостоятельная работа студентов – 11 ч.**

Изучение материала раздела 6 – по конспекту лекций и литературным источникам [1 - 5].

#### **Вопросы для самоконтроля усвоения материала**

1. Какие типы гомогенизаторов используются в промышленности?
2. Какие типы диспергаторов применяются в промышленности?
3. Устройство и принцип действия клапанных гомогенизаторов.
4. Устройство и принцип действия гомогенизаторов для вязко-пластичных сред.
5. Устройство и принцип работы различных диспергаторов.

### **Раздел 7. Оборудование для тепловой обработки жидких, вязкопластичных и твердых сред**

7.1 Назначение, устройство и принцип действия пластинчатых пастеризационных установок, трубчатых установок, роторных скребковых теплообменников, варочных котлов, жарочных печей. 7.2 Устройство и принцип работы различных стерилизаторов: роторных, гидростатических, автоклавов, поточных стерилизаторов для жидких сред. 7.3 Технические характеристики вышеуказанного оборудования и его применение в технологических линиях.

#### **Самостоятельная работа студентов – 12 ч.**

Изучение материала раздела 7 – по конспекту лекций и литературным источникам [1 - 5].

### **Вопросы для самоконтроля усвоения материала**

1. Какие установки для термической обработки сырья используются при производстве продуктов?
2. В каких случаях используются пластинчатые пастеризационно-охладительные установки?
3. Назначение, устройство и принцип работы пастеризационно-охладительных установок, назначение отдельных секций.
4. Назначение, устройство и принцип работы трубчатых пастеризаторов.
5. В каких случаях используются трубчатые пастеризаторы?
6. Что влияет на производительность пластинчатых и трубчатых пастеризационно-охладительных установок?
7. Назначение и устройство роторных скребковых теплообменников.
8. Назначение, устройство и принцип работы варочных котлов и жарочных печей.
9. Какие типы стерилизаторов используются в отрасли?
10. Назначение различных стерилизаторов, их устройство и принцип действия.
11. Каковы основные правила технической эксплуатации оборудования для тепловой обработки?

### **Раздел 8. Оборудование для концентрирования сырья**

8.1 Назначение, устройство и принцип действия вакуум-выпарных установок циркуляционных и пленочных. 8.2 Многокорпусные вакуум-выпарные установки. 8.3 Ультрафильтрационные установки и установки обратного осмоса. 8.4 Технические характеристики вышеуказанного оборудования и его применение в промышленности.

#### **Самостоятельная работа студентов – 4 ч.**

Изучение материала раздела 8 – по конспекту лекций и литературным источникам [1 - 5].

### **Вопросы для самоконтроля усвоения материала**

1. Какие типы вакуум-выпарных установок применяются в промышленности?
2. Каково назначение вакуум-выпарных установок?
3. Каковы устройство и правила эксплуатации циркуляционных и пленочных вакуум-выпарных установок?
4. Какие типы ультрафильтрационных установок и установок обратного осмоса Вы знаете; как они устроены?
5. Для чего используются ультрафильтрационные установки?

6. Для чего используются установки обратного осмоса?
7. Какие типы мембран используются в ультрафильтрационных установках; их характеристики?
8. Почему в многокорпусных вакуум-выпарных установках температуры кипения разные? Каково распределение их по корпусам?
9. Как создают вакуум в вакуум-выпарных установках?
10. Для чего используются конденсатор в системе вакуум-выпарной установки?

### **Раздел 9. Оборудование для сушки продуктов**

9.1 Назначение, устройство и принцип действия распылительных сушилок. 9.2 Сушка в среде инертных тел. 9.3 Сублимационные сушильные установки периодического, полунепрерывного и непрерывного действия. 9.4 Техника безопасности при монтаже и эксплуатации технологического оборудования.

#### **Самостоятельная работа студентов – 3 ч.**

Изучение материала раздела 9 – по конспекту лекций и литературным источникам [1 - 6].

#### **Вопросы для самоконтроля усвоения материала**

1. Какие типы сушилок Вы знаете?
2. Каково качество конечного продукта при использовании различных сушилок?
3. Как осуществляют распыление продукта в распылительных сушилках?
4. Как осуществляются подготовка и подача греющего воздуха в распылительных сушилках?
5. Что такое двухстадийная сушка, когда она применяется?
6. Что такое сушка в среде инертных тел?
7. Что такое сушка в псевдокипящем слое?
8. Назначение и устройство инфракрасных сушилок.
9. Как устроены распылительные сушилки?
10. Как устроена сушилка КПИ-350 для сушки казеина?
11. Устройство и принцип действия барабанной сушилки.
12. Что такое сублимационная сушка?
13. Как устроена сублимационная сушилка?
14. Какие типы сублимационных сушилок используются в промышленности, как они работают?

## **6. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ**

Студенты заочного отделения и экстерната выполняют одну контрольную работу, вариант которой выбирают по последней цифре номера зачетной книжки.

### **Вариант 1**

1. Центробежные насосы. Типы, назначение, устройство и применение в промышленности.
2. Диспергаторы. Устройство и применение в промышленности.

### **Вариант 2**

1. Насосы объемного действия. Виды, устройство, принцип действия и применение в пищевой промышленности.
2. Пластинчатые и трубчатые охладители. Назначение, устройство и использование в пищевой промышленности.

### **Вариант 3**

1. Изотермические резервуары. Устройство и применение в пищевой промышленности.
2. Оборудование для учета количества сырья и готовой продукции. Устройство и принцип действия

### **Вариант 4**

1. Оборудование для внутриваровской транспортировки сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Устройство и принцип действия.
2. Резервуары биотехнологического назначения. Назначение, устройство и принцип работы.

### **Вариант 5**

1. Резервуары для тепловой обработки продукции (универсальные танки, ванны длительной пастеризации, заквасочники).
2. Клапанные гомогенизаторы. Устройство, назначение и принцип их работы, применение в пищевой промышленности.

### **Вариант 6**

1. Центрифуги и сепараторы-молокоочистители. Типы, устройство, принцип их работы, применение в промышленности.
2. Трубчатые пастеризационно-охладительные установки. Назначение. Устройство и принцип их работы.

### Вариант 7

1. Ультрафильтрационные установки. Устройство и применение в промышленности.
2. Пластинчатые подогреватели. Устройство и применение в промышленности.

### Вариант 8

1. Маслоизготовители периодического действия. Устройство и принцип работы.
2. Пластинчатые пастеризационно-охладительные установки. Типы, устройство, принцип их работы и применение в промышленности.

### Вариант 9

1. Вакуум-выпарные установки. Типы, назначение и устройство.
2. Маслообразователи. Виды, устройство и применение в промышленности.

### Вариант 10

1. Устройство распылительных сушильных установок.
2. Сепараторы-сливкоотделители. Типы, устройство и принцип их работы.

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

Программой предусмотрено 26 часов лабораторных работ.

В данных методических указаниях представлен порядок проведения и оформления лабораторных работ, закрепляющих у студентов теоретические знания по дисциплине «Технологическое оборудование биотехнологических производств». Отчет по лабораторной работе – см. приложение 1.

## **ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ**

Студенты допускаются к работе в лаборатории только после ознакомления с правилами техники безопасности и получения инструктажа, что фиксируется в специальном журнале.

Лабораторные работы выполняются звеньями в составе 3–4 человек. Студенты должны заранее готовиться к занятию, используя рекомендованную литературу. Готовность студента к занятию проверяется преподавателем перед началом лабораторной работы. Студенты,

не подготовившиеся к занятию, не допускаются к выполнению лабораторной работы и выполняют ее вне расписания, после повторной проверки готовности.

Отчет о проделанной работе представляется в конце занятия по форме, разработанной кафедрой. Итоги выполнения задания подводятся преподавателем на основе собеседования и анализа отчета.

При работе в лабораториях факультета ПБИ необходимо соблюдать следующие правила.

1. Перед началом занятий необходимо надеть белые халаты и косынки или колпаки.

2. На рабочем месте не следует держать никаких посторонних предметов. Сумки и портфели укладываются в специальный шкафчик.

3. Категорически запрещается пить воду из химической посуды.

4. Не включать и не выключать без разрешения преподавателя рубильники и приборы. Следить за состоянием изоляции проводов, электроарматуры и оборудования.

5. Нельзя пробовать на вкус реактивы.

6. Горячие и раскаленные предметы ставить только на асбестовую сетку или иную термостойкую прокладку.

7. Не прикасаться к крепким кислотам и щелочам, которые имеются в лаборатории

9. Не касаться вращающихся частей оборудования.

10. Горящие спиртовки, горелки должны находиться от воспламеняющихся веществ (бензин, эфир, спирт и др.) на расстоянии не ближе 3 м.

11. В случае воспламенения горючих жидкостей следует быстро погасить горелки, выключить электронагревательные приборы и принять меры к тушению пожара.

12. Окончив работу, надо привести в порядок рабочее место (протереть столы, убрать инструмент, посуду, поставить на место измерительные приборы и т.п.) и сдать его лаборанту кафедры.

## **Лабораторная работа №1**

### **Изучение работы счетчика-расходомера РМ-5-П**

#### **Цель работы:**

- изучить устройство и принцип действия счетчика-расходомера РМ-5-П;
- определить точность его показаний.

**Приборы:** первичный преобразователь расхода, измерительный блок, электронное вычислительное устройство, линейка (рулетка).

## **Устройство и принцип действия счетчика-расходомера РМ-5-П**

Счетчик-расходомер электромагнитный РМ-5-П предназначен для измерения объемного (массового) расхода и объема (массы) электропроводящих жидкостей в пищевой промышленности, а также для управления процессом дозирования этих жидкостей на промышленных предприятиях.

В качестве измеряемой среды можно использовать:

- молочные продукты (молоко, сливки, кисломолочные напитки, закваски, творожный сгусток, мягкий творог, сгущенное молоко, жидкие продукты питания на молочной основе);
- пиво, алкогольные напитки;
- негазированные безалкогольные напитки (соки, сиропы и т.д.);
- питьевую воду;
- растворы пищевых кислот и щелочей.

Счетчик-расходомер (рис. 1) состоит из первичного преобразователя расхода 1, измерительного блока 2 и вычислительного устройства 3, соединенных между собой линиями связи.

Принцип работы счетчика-расходомера основан на явлении электромагнитной индукции (рис. 2).

При прохождении электропроводящей жидкости через магнитное поле в ней, как в движущемся проводнике, наводится электродвижущая сила (ЭДС), пропорциональная средней скорости жидкости. ЭДС снимается двумя электродами, расположенными диаметрально противоположно в одном поперечном сечении трубы первичного преобразователя расхода заподлицо с ее внутренней поверхностью. Сигнал от преобразователя расхода экранированными проводами подается на вход измерительного блока, обеспечивающего его дальнейшую обработку.

Значение ЭДС не зависит от температуры, вязкости и проводимости жидкости.

Первичный преобразователь расхода практически не препятствует потоку жидкости.

Проточная часть преобразователя расхода выполнена из вакуум – плотной керамики ВК 94-1. Материал электродов – сталь 12Х18Н10Т. Для уплотнения применяются кольцевые прокладки из резины на основе силиконовых каучуков.

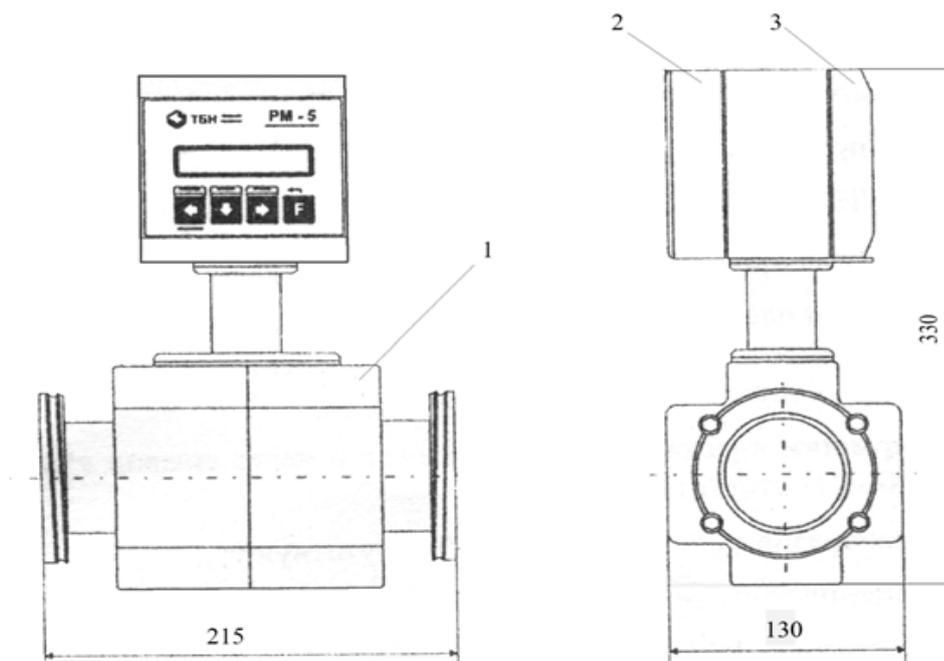


Рис.1 Счетчик-расходомер для молока РМ-5-П.  
 1 – первичный преобразователь расхода, 2 – измерительный блок;  
 3 – вычислительное устройство

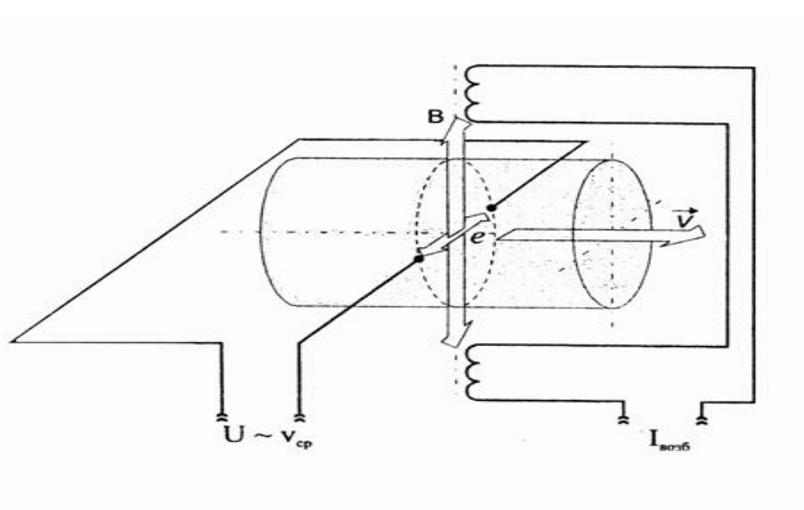


Рис.2 Схема счетчика-расходомера РМ-5-П [1,6]

Измерительный блок выполняет измерение, оцифровку и начальную обработку выходных сигналов первичного преобразователя расхода. Измерительная информация в цифровом виде передается на вычислительное устройство, которое осуществляет последующую обработку информации и архивирование результатов измерений и событий (ошибок, режимов работы, сообщений самодиагностики и пр.).

Счетчик-расходомер снабжен интерфейсом RS–485 для вывода результатов измерений и содержания архивов на принтер, модем, персональный компьютер или другие устройства, с помощью которых можно считывать текущие показания и накопленные данные или использовать их в измерительно-вычислительных системах и в системах управления.

Счетчик-расходомер представляет на алфавитно-цифровом дисплее следующую информацию:

- объем и масса измеряемой среды;
- время наработки счетчика-расходомера;
- текущая дата и время.

Таблица 9 - Техническая характеристика счетчика-расходомера РМ-5-П

Минимальное значение пределов измерений объемного расхода, м <sup>3</sup> /ч	0,64
Максимальное значение пределов измерений объемного расхода, м <sup>3</sup> /ч	32
Условный диаметр прохода, мм	50
Мощность, потребляемая счетчиком-расходомером от сети, В*А	не более 10
Измеряемая среда – жидкие пищевые продукты со следующими параметрами: - удельная электрическая проводимость, См/м - допустимый диапазон температур, °С - температура продуктов, содержащих белок, °С - давление, МПа	10 <sup>-3</sup> ...10 2...150 2...60 до 0,6

1. Перед началом измерений следует включить счетчик-расходомер и произвести его прогрев в течение 20–30 мин.
2. Наполнить приемный бак водой до отметки, указанной преподавателем, и определить ее объем V.
3. Перевести счетчик-расходомер в состояние «СЧЕТ». При этом, перед каждым измерением объема V<sub>рз</sub> необходимо сбрасывать величины предыдущего измерения.
4. Включить насос и по мере полного истечения воды из приемного бака снять показания счетчика.
5. Повторить аналогичные измерения 3 раза.

Результаты измерений записать в таблицу 10.

Таблица 10 - Результаты измерений

Объем воды в приемном баке, м <sup>3</sup>			
Показания счетчика-расходомера, м <sup>3</sup>			
Измерение№1	Измерение№2	Измерение№3	Среднеарифметическое значение объема воды, прошедшей через счетчик, м <sup>3</sup>

### Обработка полученных данных

Точность показаний счетчика определяют по формуле:

—

где: Т – точность показаний счетчиков, %;

V – объем воды в приемном баке, м<sup>3</sup>;

V<sub>рз</sub> – среднеарифметическое значение объема воды, прошедшей через счетчик, м<sup>3</sup>.

### Вопросы для самопроверки

1. Разновидности устройств для учета молока.
2. Принцип работы счетчика-расходомера РМ-5-П.
3. Какую информацию выдает счетчик-расходомер РМ-5-П.

## Лабораторная работа №2

### Изучение работы сырной ванны

#### Цель работы:

- изучить устройство и принцип действия сырной ванны;
- определить геометрические размеры ванны и кинематические параметры мешалки;
- составить кинематическую схему мешалки;
- произвести тепловой расчет сырной ванны.

**Приборы и инструменты:** счетчик горячей воды, термометр, секундомер, линейка(рулетка), штангенциркуль.

#### Устройство и принцип работы сырной ванны

В молочной отрасли сырные ванны применяются для выработки сырного зерна, используемого впоследствии при производстве сыров.

Лабораторная сырная ванна (рис. 3) представляет собой гори-

горизонтальный прямоугольный резервуар 1, корпус которого имеет внутренние и внешние стенки, образующие тепловую (пароводяную) рубашку.

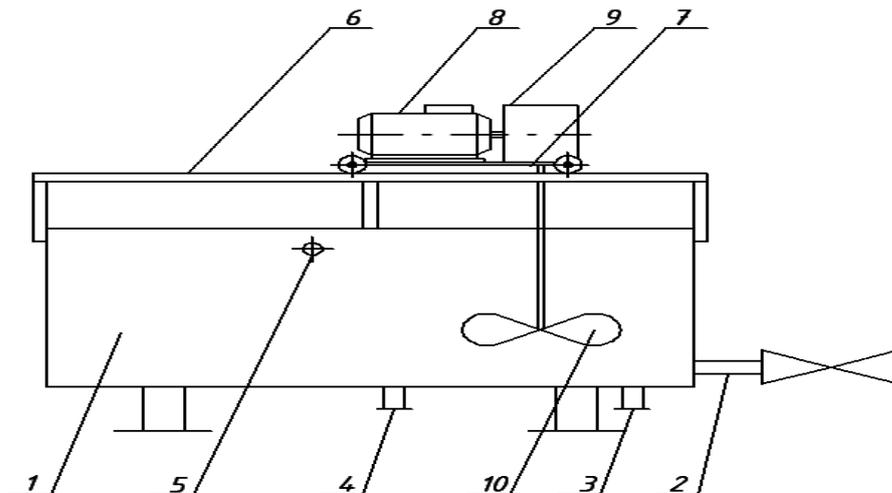


Рис.3 Схема сырной ванны

1 – корпус, 2 – разгрузочный патрубок, 3 – патрубок для подачи воды в рубашку, 4 – патрубок для подачи пара в рубашку, 5 – патрубок для слива избытка воды, 6 – направляющие, 7 – каретка, 8 – электродвигатель, 9 – редуктор червячный, 10 – мешалка лопастная [7].

Углы внутренних стенок закруглены, что исключает скопление в них частиц сыря после опорожнения резервуара и, тем самым, обеспечивает качественную мойку стенок. В низу торцевой стенки резервуара имеется разгрузочный патрубок 2. Для подачи воды и пара в рубашку используются патрубки 3, 4, расположенные в днище корпуса. Слив избытка воды из рубашки осуществляется через патрубок 5, установленный в верхней части боковой стенки корпуса. Над каждой из боковых стенок корпуса на вертикальных стойках закреплены направляющие 6 круглого сечения, на которых установлена каретка 7 с возможностью перемещения вдоль ванны. Каретка 7 выполнена в виде горизонтальной рамы (платформы), установленной на четырех роликах, которые, в свою очередь, размещены на направляющих 6. На платформе каретки установлен привод, состоящий из электродвигателя 8 и червячного редуктора 9.

На выходном валу редуктора закреплена вертикальная лопастная мешалка 10.

При выработке сырного зерна в молоко, подогретое до необходимой температуры, вносят бактериальную закваску, хлористый кальций и раствор фермента. При этом молоко тщательно перемешивают. Далее сквашивание молока происходит при отключенной мешалке. Образовавшийся сгусток (калье) нарезают на кубики. С этой целью используют ножевые или проволочные рамы (лиры). После

дробления сгустка производят удаление сыворотки через спускной кран. Образовавшееся зерно вторично нагревают, подсушивают и вместе с оставшейся сывороткой перекачивают в формовочные устройства для дальнейшего прессования.

### Методика проведения работы

1. Наполнить ванну холодной водой до уровня, заданного преподавателем, и определить ее количество и начальную температуру.

2. Измерить высоту уровня воды и внутренние размеры ванны, определить поверхность теплообмена.

3. Зафиксировать начальные показания счетчика горячей воды.

4. Подать горячую воду в тепловую рубашку, определить ее температуру и одновременно начать отсчет времени нагревания холодной воды.

5. Замер температуры нагреваемой воды производить через каждые десять минут.

6. По заданной преподавателем конечной температуры нагретой воды прекратить подачу горячей

воды в рубашку, зафиксировать время отключения теплоносителя и конечные показания счетчика воды.

7. Полностью опорожнить ванну.

8. Вновь наполнить ванну холодной водой до заданного уровня и произвести аналогичные действия при включенной мешалке.

Все результаты измерений и расчетов занести в протоколы №1,2,3,4.

### Протокол измерений и расчетов №1

Технические параметры сырной ванны	
Внешние габариты ванны, мм длина	
ширина	
высота	
Внутренние размеры ванны, мм длина	
ширина	
высота	
Объем ванны, м <sup>3</sup>	
Диаметр проходного отверстия разгрузочного крана, мм	

## Протокол измерений и расчетов №2

Технические параметры мешалки	
Длина хода каретки, м	
Частота вращения мешалки, с <sup>-1</sup>	
Редуктор (тип, марка)	
Электродвигатель	
Тип	
Мощность, кВт	
Частота вращения, с <sup>-1</sup>	

## Протокол измерений и расчетов №3

Количество нагреваемой воды, °С	Температура горячей вода, t <sub>г</sub> , °С	Поверхность теплообмена, м <sup>2</sup>

## Протокол измерений и расчетов №4

Температура нагреваемой воды, °С				
начальная	через 10 мин.	через 20 мин.	через 30 мин.	через 40 мин.
к				
при отключенной мешалке				
при включенной мешалке				

## Обработка полученных данных

Расход тепла, затраченного на нагрев воды равен:

$$Q = G c (t_K - t_H),$$

где:  $Q$  – расход тепла, Дж;

$G$  – количество нагреваемой воды, кг;

$C$  – теплоемкость воды, Дж/кг °С;

$t_H$  – начальная температура нагреваемой воды, °С;

$t_K$  – конечная температура нагреваемой воды, °С

Средняя разность температур равна:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

где:  $t_{cp}$  – средняя разность температур, °С;  
 $\Delta t_{\bar{o}}$  – большая разность температур, °С;  
 $t_{cp}$  – меньшая разность температур, °С

Большая разность температур равна:

$$\Delta t_{\bar{o}} = t_{Г} - t_{Н}$$

где:  $t_{Г}$  – температура горячей воды, °С;

Меньшая разность температур равна:

$$\Delta t_{\bar{m}} = t_{Г} - t_{К}$$

Зная поверхность теплообмена, можно определить коэффициент теплопередачи

---

где  $k$  – коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>\*К);

$F$  – поверхность теплообмена, м<sup>2</sup>;

– длительность нагрева, с.

В заключение работы необходимо построить графики изменения температуры при отключенной и включенной мешалке

### **Вопросы для самопроверки**

1. Назначение сырных ванн.
2. Конструктивное отличие сырных ванн от других технологических емкостей.
3. Особенности привода мешалок сырных ванн.
4. Что является теплоносителем в сырной ванне?
5. Основы теплового расчета сырных ванн.

## **Лабораторная работа № 3**

### **Изучение конструкции резервуара биотехнологического назначения**

Промышленностью выпускаются резервуары: Я1–ОСВ–2; Я1–ОСВ–3; Я1–ОСВ–4; Я1–ОСВ–5 и Я1–ОСВ–6.

Резервуары предназначены для созревания сливок при выработке масла, производства сметаны и кисломолочных продуктов. Комплектация: люк, мешалка с приводом, моечная головка. Изготавливается полностью из пищевой нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

Конструктивное исполнение резервуаров марки Я1–ОСВ практически ничем не отличается. Отличия – в геометрических размерах и рабочей вместимости.

Технические характеристики резервуара марки Я1–ОСВ–2 представлены в таблице 3.1, Я1–ОСВ–4 в таблице 3.2, Я1–ОСВ–5 в таблице 3.3, Я1–ОСВ–6 в таблице 3.4.

Сводная таблица технических характеристик резервуаров марки Я1–ОСВ приведена в таблице 3.5.

Таблица 3.1 Технические характеристики резервуара Я1–ОСВ–2

Тип	Вертикальный с системой охлаждения
Геометрическая вместимость	2600 л
Рабочая вместимость	2500 л
Внутренний диаметр	1400 мм
Толщина слоя термоизоляции	50 мм
Мешалка	Разборная рамного типа.
Мощность привода мешалки	0.75 кВт
Частота вращения мешалки	16 об/мин
Давление тепло и хладагента в змеевике не более	1.5 кг/см <sup>2</sup>
Диаметр наружный	1535 мм
Высота	3548 мм
Масса	900 кг

Таблица 3.2 Технические характеристики резервуара Я1–ОСВ–4

Тип	Вертикальный с системой охлаждения
Геометрическая вместимость	4200 л
Рабочая вместимость	4000 л
Внутренний диаметр	1600 мм
Толщина слоя термоизоляции	50 мм
Мешалка	Разборная рамного типа.
Мощность привода мешалки	0.75 кВт
Частота вращения мешалки	16 об/мин
Давление тепло и хладагенты в змеевике не более	1.5 кг/см <sup>2</sup>
Диаметр наружный	1735 мм
Высота	3869 мм
Масса	1070 кг

Таблица 3.3 Технические характеристики резервуара Я1–ОСВ–5

Тип	Вертикальный с системой охлаждения
Геометрическая вместимость	6600 л
Рабочая вместимость	6300 л
Внутренний диаметр	2000 мм
Толщина слоя термоизоляции	50 мм
Мешалка	Разборная рамного типа.
Мощность привода мешалки	0.75 кВт
Частота вращения мешалки	16 об/мин
Давление тепло и хладагента в змееви- ке не более	1.5 кг/см <sup>2</sup>
Диаметр наружный	2135 мм
Высота	3912 мм
Масса	1500 кг

Таблица 3.4 Технические характеристики резервуара Я1–ОСВ–6

Тип	Вертикальный с системой охлаждения
Геометрическая вместимость	10 500 л
Рабочая вместимость	10 000 л
Внутренний диаметр	2400 мм
Толщина слоя термоизоляции	50 мм
Мешалка	Разборная рамного типа.
Мощность привода мешалки	0.75 кВт
Частота вращения мешалки	16 об/мин
Давление тепло и хладагента в змее- вике не более	1.5 кг/см <sup>2</sup>
Диаметр наружный	2535 мм
Высота	4097 мм
Масса	2000 кг

Таблица 3.5 Сводная таблица технических характеристик резервуаров марки Я1–ОСВ

Техническая характеристика	Я1– ОСВ– 2	Я1– ОСВ– 3	Я1– ОСВ– 4	Я1– ОСВ– 5	Я1– ОСВ– 6
Рабочая вместимость, м <sup>3</sup>	1	2,5	4	6,3	10
Внутренний диаметр, мм	1200	1400	1600	2000	2400
Условный проход патрубка на- полнения-опорожнения, мм	50	50	50	50	80
Установленная мощность элект- родвигателя, кВт	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	2,02	2,68	3,65	5,35	7,33
Вместимость рабочая на едини- цу занимаемой площади, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> не менее	0,48	0,93	1,09	1,17	1,36
Высота без привода, мм	2110	2750	3180	3230	3380
Масса, кг, не более	535	900	1070	1500	2000
Коэффициент автоматизации	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Удельное потребление электро- энергии, кВт*ч/м <sup>3</sup>	0,18	0,05	0,03	0,02	0,02
Удельная материалоемкость, кг/м <sup>3</sup>	535	360	268	238	200
Удельная металлоемкость, кг/ м <sup>3</sup>	506	331	239	209	171

Общий вид резервуара Я1–ОСВ представлен на рисунке 4.  
Общий вид резервуара Я1–ОСВ в разрезе – на рисунке 5.

### **Устройство и принцип работы резервуара Я1-ОСВ**

Резервуар (рис. 5) состоит из корпуса, мешалки, привода, головки моеющей, крышки-люка, датчиков верхнего и нижнего уровней, крана-пробоотборника, термометра сопротивления, термометра стеклянного, подкладки.

Корпус представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд с коническим днищем, к днищу приварены 3 регулируемых опоры. Корпус теплоизолирован и облицован тонколистовой сталью,

верхнее днище резервуара – одинарное, без теплоизоляции и охлаждения. К нижнему днищу приварены 3 регулируемых опоры.



Рис. 4. Общий вид резервуара марки Я1–ОСВ

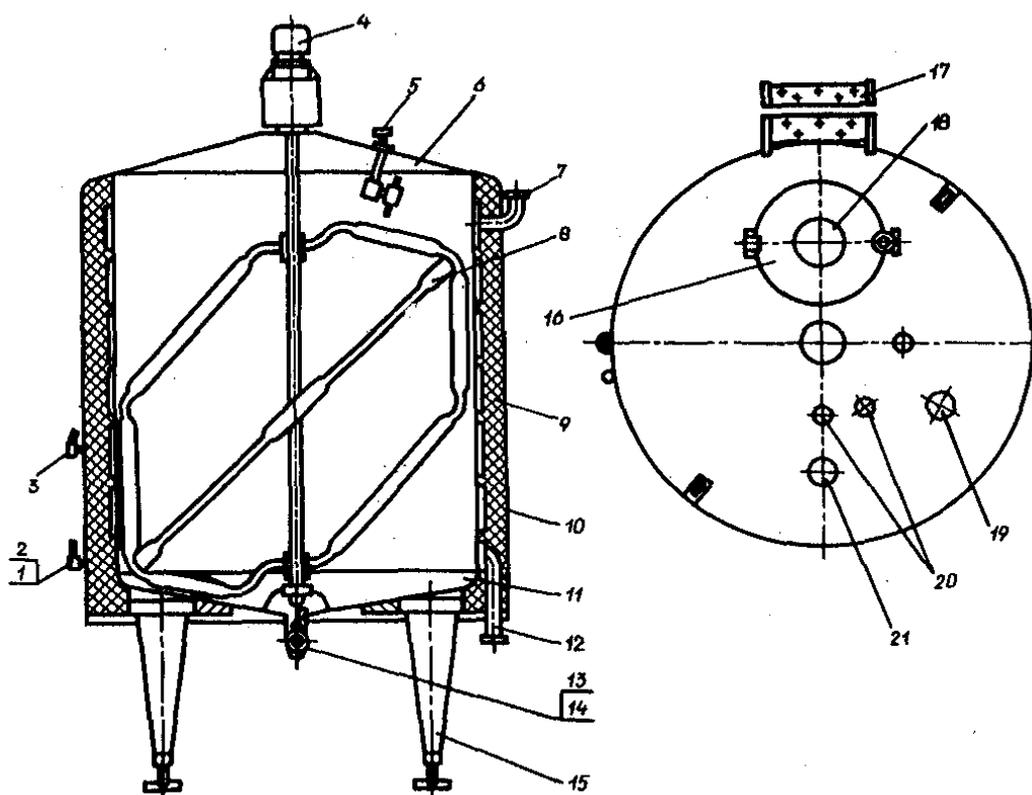


Рис. 5 Общий вид резервуара Я1–ОСВ в разрезе

1 – стеклянный термометр, 2 – термометр сопротивления, 3 – пробный кран, 4 – привод, 5 – моечное устройство, 6 – крышка, 7 – вход хладагента, 8 – мешалка, 9 – теплоизоляция, 10 – корпус, 11 – днище, 12 – выход хладагента, 13 – датчик нижнего уровня, 14 – патрубок наполнения-опорожнения, 15 – опоры, 16 – крышка люка, 17 – лестница с площадкой обслуживания, 18 – смотровое окно, 19 – светильник, 20 – датчики верхнего уровня, 21 – воздушный клапан. [6]

К верхнему и нижнему днищу корпуса приварены пластины с отверстиями для транспортирования резервуара как в вертикальном, так и в горизонтальном положении.

Мешалка имеет форму трубчатого контура с лопастями. Мешалка установлена вертикально в нижней части, мешалка резервуаров вместимостью выше 1000 л опирается на подшипник скольжения.

Привод представляет собой мотор-редуктор.

Устройство моечное состоит из головки моющей. На выходе устройство имеет штуцер для приварки его к трубопроводу по месту установки резервуара и накидную гайку с резьбой под молочную арматуру.

Для сигнализации верхнего уровня продукта в верхней части корпуса резервуара установлены два датчика верхнего уровня.

Для сигнализации опорожнения резервуара в нижней части корпуса установлен датчик нижнего уровня.

Для взятия пробы продукта с целью определения кислотности продукта лабораторным способом в цилиндрической части резервуара предусмотрен кран-пробоотборник. Для определения кислотности автоматическим способом в нижней части резервуаров предусмотрена установка датчика РН-метра.

Резервуары имеют люк, расположенный на верхней крышке резервуара. У крышки люка установлен конечный выключатель, который отключает от сети электродвигатель мешалки и насоса подачи моющего раствора при открывании люка.

### **Принцип работы резервуара Я1-ОСВ**

Технологические процессы выработки кисломолочных напитков и созревания сливок осуществляются согласно действующим инструкциям по выработке соответствующих продуктов и включают в себя следующие операции:

- заполнение резервуара продуктом до определенного уровня;
- введение в продукт закваски (при необходимости);
- перемешивание продукта;
- сквашивание или созревание продукта;
- охлаждение или подогрев продукта в процессе сквашивания или созревания;
- охлаждение готового продукта.

Система автоматики резервуаров производит включение мешалки по программе на заданное время через заданный промежуток времени.

Мойка и дезинфекция резервуаров производится в соответствии с действующими инструкциями по мойке и дезинфекции оборудования молочных предприятий, подачей моющих и дезинфицирующих растворов в моечную головку. Для большей эффективности мойки рекомендуется включение вращения мешалки.

### **ВНИМАНИЕ:**

Применение в качестве хладагента рассола не допускается!

Рабочее давление в линии хладагента (теплоносителя) должно быть не более 0,15 МПа (1,5 кгс/см<sup>2</sup>)!

Во избежание деформации змеевика, предназначенного для обратного движения тепло-, хладагента необходимо:

- на подающей магистрали предусмотреть обратный клапан и запорное устройство перед входом в змеевик;

- на магистрали возврата предусмотреть обратный клапан на выходе из змеевика;
- конструкция установки должна иметь показывающую аппаратуру давления и температуры жидкости, средства регулирования давления и температуры жидкости, средства автоматики, обеспечивающие избежание скачков давления, гидроударов в магистрали, и устройство, обеспечивающее разрыв струи на магистрали возврата жидкости.

Все детали, контактирующие с продуктом, изготовлены из пищевых нержавеющей сталей, прошедших сертификацию и одобренных Роспотребнадзором РФ.

Резервуары Я1ОСВ применяются для производства кефира и всех кисломолочных напитков, сметаны, созревания смеси мороженого, в составе линий поточного производства творога, сливочного масла и других молочных продуктов.

Резервуары Я1ОСВ изготавливаются в двух вариантах исполнения:

#### 1. Атмосферные.

Работающие под избыточным давлением стерильного воздуха.

2. Резервуары, работающие под избыточным давлением стерильного воздуха, устанавливаются на предприятиях с повышенными требованиями в части сроков реализации скоропортящейся продукции. Система стерильного воздуха гарантирует отсутствие обсеменения продукта при контакте с атмосферой.

Основной областью применения данных резервуаров является производство кисломолочных продуктов. Все они изготавливаются из нержавеющей стали 12X18H10T или её аналогов. Предприятия, рассчитывающие на экспортные поставки своей продукции, используют для изготовления сталь AISI 304 (стандарт American Iron and Steel Institute), являющуюся аналогом отечественной марки 08X18H10. Сталь 304-х сортов относится к аустенитным сталям и имеет повышенную стойкость к молочной кислоте при комнатной температуре.

### **Установки заквасочные марок ОЗУ-300, ОЗУ-600 и ОЗУ-063**

#### Назначение и область применения

Установки заквасочные марок ОЗУ-300, ОЗУ-600 и ОЗУ-063 (рис. 6) предназначены для приготовления производственной закваски на чистых культурах молочнокислых бактерий путем пастериза-

ции молока, его сквашивания и охлаждения закваски. Применяются на предприятиях молочной промышленности.

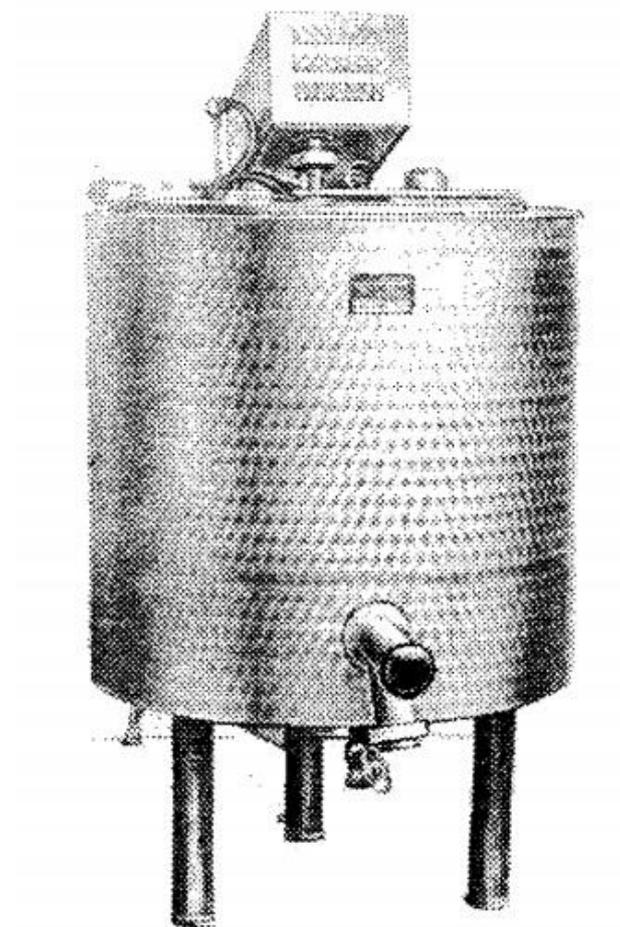


Рис. 6 Установка заквасочная марки ОЗУ-063. [6]

Технические характеристики заквасочных установок

Вместимость, дм <sup>3</sup> :	ОЗУ-300	ОЗУ-600	ОЗУ-063
рабочая .....	300	600	630
геометрическая.....	360	700	
Частота вращения мешалки, с <sup>-1</sup> (об/мин).....		0,47 (28)	
Электродвигатель привода:			
тип.....		4АХ71А4	
мощность, кВт.....		0,55	
частота вращения, с <sup>-1</sup> об/мин).....		25(100)	
Тип редуктора привода.....		РЧУ-80-А-50-3-4-1	
Электродвигатель:			
тип:.....		ТЭН-100А 13/2; Р220	

количество, шт.....	1		
мощность, кВт.....	2		
Температура, К (°С):			
нагрева молока.....	285-368 (12-95)		
пастеризации молока.....	368(95)		
охлаждения молока.....	368-303 (95-30)		
охлаждение закваски.....	283(10)		
ледяной воды.....	275-276 (2-3)		
Давление пара рабочее, Мпа (кг/см <sup>2</sup> ).....	0,01-0,03 (0,1-0,3)		
Расход (за цикл):			
пара, кг.....	200	280	130
воды, м <sup>3</sup> .....	2,5	3,5	2,3
Время выдержки молока при температуре пастеризации, мин.....	35;45;55		
Время сквашивания, ч.....	5-11		
Условный проход, мм:			
системы трубопроводов.....	25		
переливной трубы.....	50		
Габаритные размеры заквасочника, мкм:			
длина.....	1400	1520	1750
ширина.....	1013	1213	1220
высота.....	1865	1920	1800
Масса, кг.....	285	360	410

### Описание конструкции и принцип работы

Общий вид заквасочных установок представлен на рис. 7. Установка заквасочная состоит из заквасочника, электрошкафа и системы трубопроводов. Ванна заквасочника состоит из внутренней и наружной ванн и облицовки. Пространство между наружной ванной и облицовкой заполнено пенопластом. Между наружной и внутренней ваннами находятся парораспределительная головка, трубчатый электронагреватель, термометр сопротивления и переливные трубы. Парораспределительная головка, к которой через систему трубопроводов подводятся пар и ледяная вода, служит для равномерного распределения пара в межстенном пространстве. Эта равномерность достигается проходом пара через отверстия диаметром 3 мм в стенке парораспределительной головки.

Трубчатый электронагреватель служит для поддержания температуры сквашивания молока и установлен под дном внутренней ванны.

Для визуального контроля и осуществления температурного цикла сквашивания в электрошкафу установлены логометр и регулятор температуры, работающие от трех датчиков.

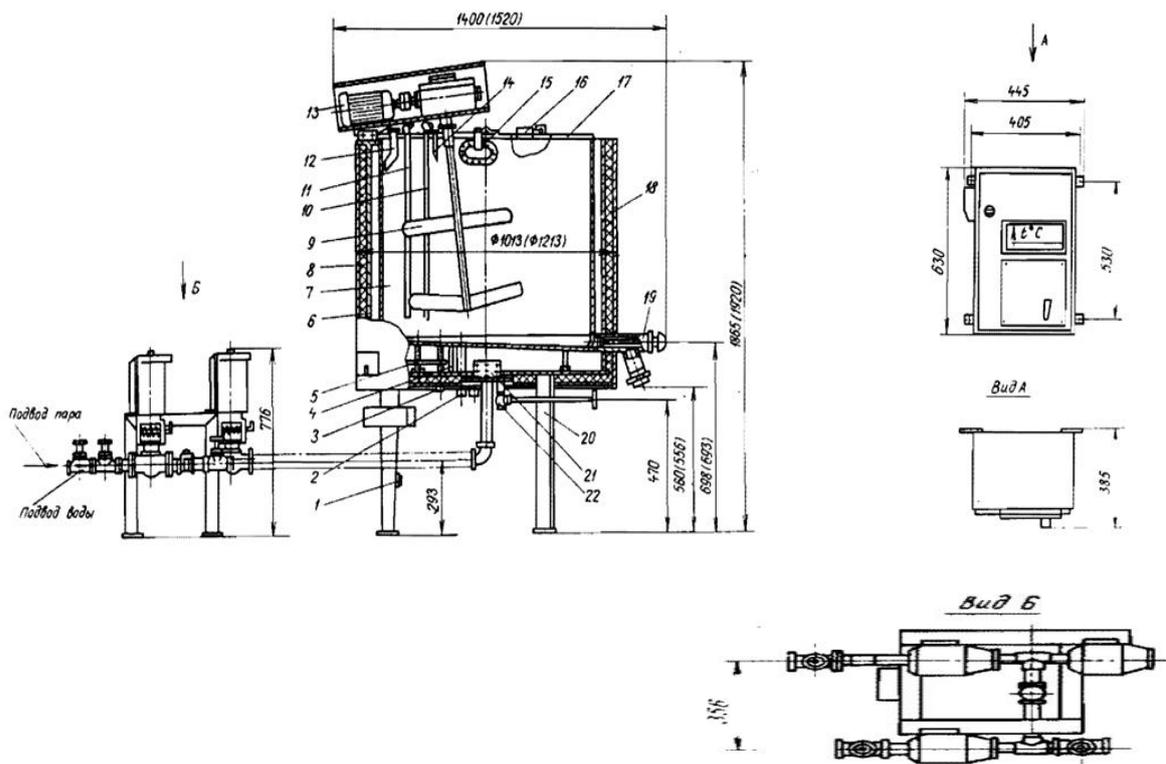


Рис. 7 Общий вид заквасочных установок марок ОЗУ-300 (ОЗУ-600, ОЗУ-063)

1 – болт заземления; 2 – переливная труба; 3,11 – термометры; 4 – датчик БРТ (R 32); 5 – электронагревательный элемент; 6 – ванна наружная; 7 – ванна внутренняя; 8 – изоляция; 9 – мешалка; 10 – датчик БРТ (R 33); 12 – патрубок; 13 – привод; 14 – датчик уровня; 15 – моеющая головка; 16 – конечный выключатель; 17 – крышка; 18 – облицовка ванны; 19 – выпускной кран; 20 – опора; 21 – парораспределительная головка; 22 – сливной вентиль. [6]

Патрубок для слива воды из межстенного пространства выведен вниз и имеет резьбу. Две переливные трубы ограничивают заполнение водой межстенного пространства.

Для наполнения молоком внутренней ванны заквасочника имеется патрубок, а для слива – выпускной кран диаметром 50 мм. Молоко в ванне заквасочника перемешивается мешалкой, вращающейся от привода.

Привод установки заквасочной состоит из электродвигателя и червячного редуктора, закрепленных на общей плите и соединенных через муфту.

Крышка установки заквасочной состоит из двух частей: подвижной и неподвижной. На неподвижной части крышки смонтированы моеющее устройство, датчик сигнализатора уровня, термометры сопротивления ТСМ1 и ТСМ2 и патрубок для залива молока. На подвижной части крышки находится упор, который нажимает на рычаг конечного выключателя и тем самым блокирует работу мешалки.

Санитарная обработка внутренней поверхности заквасочника производится через моющую головку.

В электрошкафу установлена аппаратура управления.

Термометры сопротивления ТСМ1, ТСМ2, ТСМ3 служат для контроля температуры продукта, теплоносителя, хладагента и являются датчиками логометра ЛГ 1 и регулятора температуры Р.

Трубопровод подачи воды включает в себя вентиль с электромагнитным приводом ИМ-3. трубопровод подачи пара – вентиль с электромагнитным приводом ИМ-1.

В установках заквасочных ОЗУ-300, ОЗУ-600 и ОЗУ-063, работающих в автоматическом режиме, прекращение подачи сырого молока происходит при достижении верхнего уровня (при наполнении заквасочника), управление процессами нагревания и перемешивания, подача теплоносителя и хладагента, сигнализация (световая и звуковая) при достижении заданной кислотности сквашивания молока производятся автоматически.

Заквасочник ОЗУ-063 (рис. 8) представляет собой термоизолированный резервуар, снабженный устройствами для залива, слива, перемешивания, нагрева и охлаждения продукта, для мойки внутренней поверхности резервуара, а также датчиками контроля уровня и температуры продукта.

Заквасочник ОЗУ-063 состоит из следующих основных сборочных единиц: резервуара, крышки, мешалки, привода мешалки. Кроме того, он укомплектован датчиками уровня продукта, температуры продукта и уровня воды в рубашке.

Резервуар состоит из ванны, облицовки и трех опор. Пространство между ванной и облицовкой заполнено термоизоляцией. В состав ванны входят внутренняя ванна, обечайка, змеевик для пара и дно. Внутренняя ванна состоит из обечайки, кольца, днища с патрубком для выпуска продукта и змеевика для ледяной, воды. Днище выполнено с наклоном в сторону сливного патрубка.

Заквасочник сверху закрывается крышкой. Крышка состоит из двух частей: подвижной и неподвижной. На неподвижной части крышки установлены: патрубок для заливки молока, моющее устройство, патрубки для датчиков верхнего уровня продукта и контроля температуры.

На подвижной крышке предусмотрен упор, взаимодействующий с конечным выключателем, срабатывающим при открывании крышки.

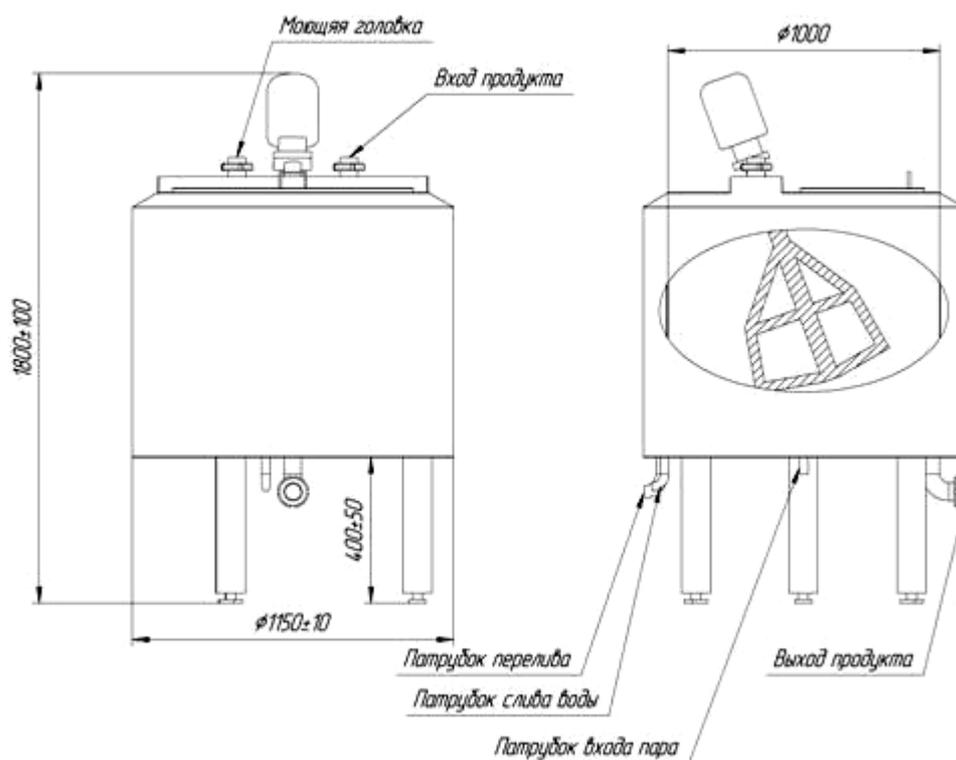


Рис. 8 Схема заквасочной установки ОЗУ-063

### Подготовка к работе

1. Установку установить на ровный бетонный пол.
2. Подключить к паровой, водяной магистралям, под переливные трубы установить сливные воронки.
3. Подключить установку к источнику электроэнергии. Электропитание осуществляется от четырехпроводной сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 380 В с глухозаземленным нулевым проводом. Подводка проводов к электродвигателю и конечному выключателю производится в металлорукавах.
4. Защитное заземление корпуса установки и шкафа управления должно быть выполнено в соответствии с требованиями “Правил устройства электроустановок (ПУЭ) для электроустановок с напряжением до 1000 В.”
5. Проверить наличие масла в редукторе.
6. После санитарной обработки установки произвести пробный пуск мешалки сначала вхолостую, затем при наполненной водой внутренней ванны.

### Порядок работы

1. Подать продукт в ванну, межстенное пространство заполнить водой.

2. Подать питание на мотор-редуктор мешалки. Подать пар в межстенное пространство установки. Характерный легкий шум барбатирующего устройства парораспределительной головки свидетельствует о нормальной работе установки в режиме пастеризации.
3. В режиме охлаждения продукта перекрывается магистраль подачи пара, сливается горячая вода из рубашки межстенного пространства и открывается магистраль подачи холодной проточной воды в межстенное пространство.
4. После заполнения межстенного пространства проточной водой и ее циркуляции через переливную трубу добиваются охлаждения продукта до температуры сквашивания. Контроль температуры производят по показаниям прибора.
5. При снижении температуры продукта до заданного значения, подачу воды прекратить.

## **Лабораторная работа № 4**

### **Изучение конструкции сепаратора – сливкоотделителя ОСП-3М**

#### **Цель работы:**

- изучить устройство и принцип действия сепаратора ОСП-3М;
- определить геометрические и кинематические параметры сепаратора;
- составить кинематическую схему сепаратора;
- рассчитать основные технологические параметры работы сепаратора.

**Приборы и инструменты:** микрометр, штангенциркуль, линейка рулетка).

#### **Устройство и принцип действия сепаратора ОСП-3М**

Сепараторы – сливкоотделители предназначены для разделения молока на сливки и обезжиренное молоко и для нормализации молока.

По способу подвода и отвода молока сепараторы подразделяются на открытые, полужакрытые (полугерметичные) и закрытые (герметичные).

**Полужакрытый сепаратор ОСП-3М** (рис. 9) состоит из следующих основных узлов: станины 1, приводного механизма, приемно-отводящего устройства 3 и барабана 4.

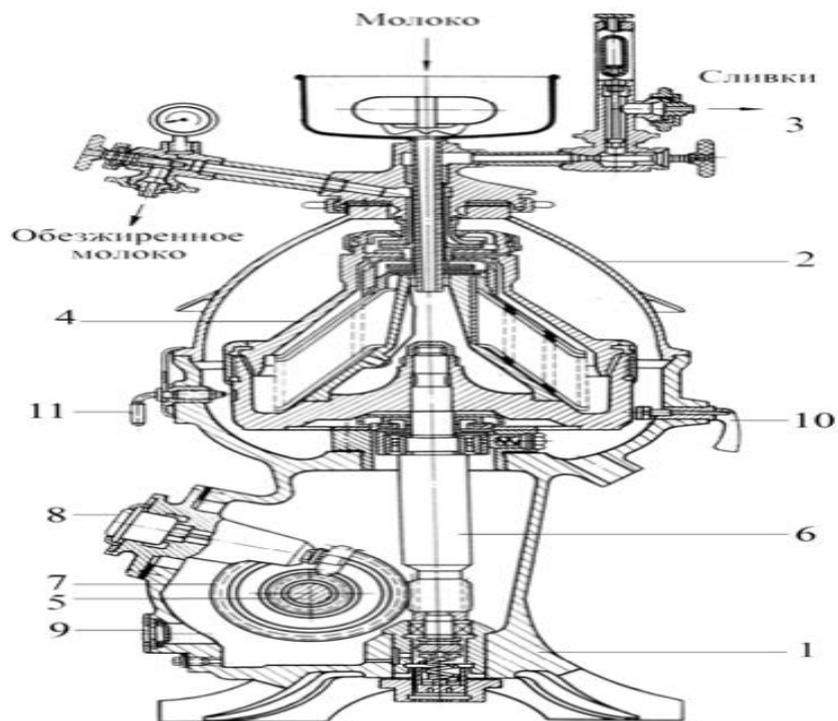


Рис. 9 Сепаратор-сливкоотделитель ОСП-3М  
 1 – станина, 2 – крышка, 3 – приемно-отводящее устройство,  
 4 – барабан, 5 – горизонтальный вал, 6 – вертикальный вал,  
 7 – шестерня, 8 – тахометр, 9 – указатель уровня масла,  
 10 – тормоз, 11 – винт фиксирующий. [1,6]

Станина 1 представляет собой чугунную отливку, верхняя часть которой выполнена в виде чаши с размещенным в ней барабаном 4.

В нижней части станины имеется привод сепаратора, состоящий из фланцевого электродвигателя, центробежно-фрикционной муфты, горизонтального 5 и вертикального 6 валов, входящих во взаимное вращение посредством шестеренной передачи. Причем винтовая шестерня 7, установленная на горизонтальном валу, входит в зацепление с нарезной частью вертикального вала. Кроме того, в основании станины имеется картер, заполненный смазочным маслом, и тахометр 8 для контроля частоты вращения барабана.

Для ускоренной остановки барабана станина снабжена двумя ручными тормозами 10, а для удержания барабана в неподвижном состоянии при сборке и разборке его – двумя фиксирующими винтами 11. Основание станины опирается на 4 лапы, которые крепятся к фундаменту с помощью анкерных болтов.

**Барабан** (Рис. 10) является основным рабочим органом, обеспечивающим сепарирование молока, и состоит из основания 1, крышки 2 и затяжного кольца 3.

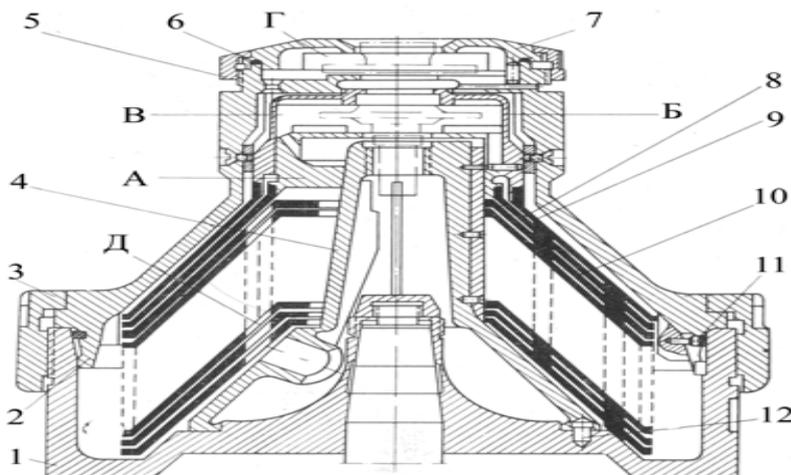


Рис.10 Барабан сепаратора

1 – основание барабана, 2–крышка барабана, 3 – кольцо затяжное, 4– тарелкодержатель, 5 – кольцо затяжное, 6 – кольцо уплотнительное, 7 – крышка напорной камеры, 8 – тарелка верхняя, 9 – тарелка разделительная, 10, 11 – кольцо уплотнительное, 12 – штифт, А – колпак верхней тарелки, Б – колпак разделительной тарелки, В – камера для сливок, Г – камера для обезжиренного молока, Д – вертикальный канал. [1,6]

Внутри барабана размещен тарелкодержатель 4 с конусным основанием, причем, последний устанавливается фиксировано на штифт 12. В нижней части тарелкодержателя, имеются отверстия для прохода молока к тарелкам, верхней – две продольных шпонки, обеспечивающие фиксацию тарелок. Тарелки 10 изготовлены из нержавеющей стали путем штампования и имеют порядковые номера для безошибочной укладки на основание тарелкодержателя. На тарелках имеются отверстия, которые при сборке тарелок образуют вертикальные каналы для прохода молока, при этом последние совпадают с упомянутыми ранее отверстиям в тарелкодержателе. На поверхностях тарелок для создания между ними зазоров, необходимых для сепарирования, приварены пластинки. Верхняя тарелка 8 покрыта разделительной тарелкой 9, причем верхние части этих тарелок выполнены в виде колпаков А и Б.

Поверх разделительной тарелки уложена крышка 2 барабана, которая прижата к основанию барабана 1 посредством большего затяжного кольца 3 с левой резьбой. При помощи штифтов и резиновых уплотнительных колец 11 и 6 достигается фиксация и уплотнение крышки 2 барабана и крышки 7 напорной камеры, причем последняя прижата малозатяжным кольцом 5. В верхней части барабана имеются две камеры: одна – В для сливок, образована между колпаками А и Б верхней и разделительной тарелок, другая – Г для обезжиренного молока ограничена крышкой 2 барабана, колпаком Б разделительной

тарелки и верхней крышкой 7.

**Приемно-отводящее устройство** (Рис. 11) состоит из корпуса 2, на котором закреплены патрубок 3 с узлом отвода обезжиренного молока, патрубок с узлом отвода сливок и втулка 32, на которой установлена чаша с поплавком для приема молока.

Контроль за работой сепаратора осуществляется при помощи манометра, ротаметра и тахометра. Ротаметр представляет собой прозрачную трубку 22, в которой находится поплавок 23. В зависимости от расхода и, следовательно, от скорости потока сливок положение поплавка меняется (выше или ниже). Таким образом, о расходе сливок можно судить по положению поплавка на шкале стойки 21 ротаметра.

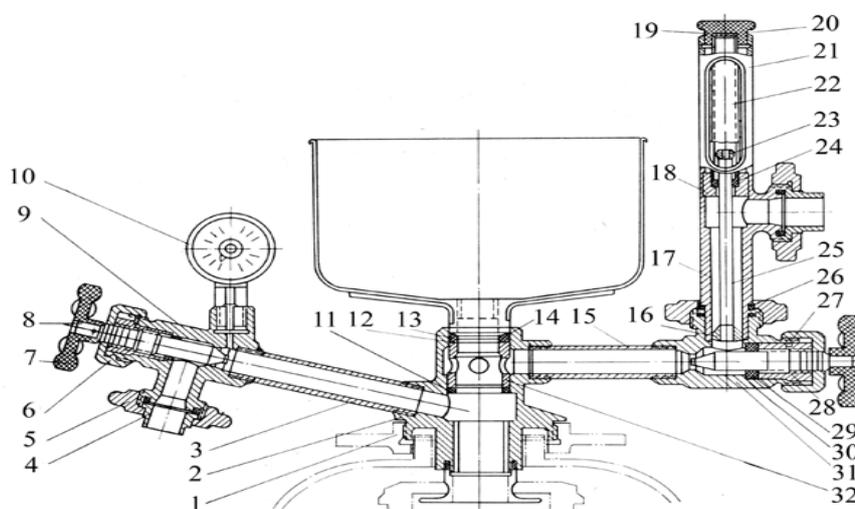


Рис. 11. Приемно-отводящее устройство:

1 – гайка затяжная; 2 – корпус; 3, 15 – патрубки; 4 – ниппель; 5, 6 – гайки; 7 – рукоятка; 8 – шток; 9 – корпус; 10 – манометр; 11, 12, 20, 24, 29 – прокладки; 13 – шайба; 14 – кольцо пружинное; 16 – поплавок; 17 – корпус ротаметра; 18 – штуцер нижний; 19 – пробка; 21 – стойка ротаметра; 22 – прозрачная трубка; 23 – поплавок; 25 – стержень; 26 – полукольцо; 27, 28 – штифт; 30 – шайба; 31 – корпус клапана; 32 – втулки. [1,6]

Устройство **горизонтального вала** и фрикционно - центробежной муфты показано на рис. 12. Муфта представляет собой закрепленный на горизонтальном валу 6 сепаратора обод (бандаж) 15 и закрепленный на валу электродвигателя диск 16. На пальцах 23 диска 16 шарнирно закреплены две фрикционные колодки 24 с накладками 25 из материала ферродо. При включении электродвигателя колодки с накладками под действием центробежной силы прижимаются к ободу 15 и увлекают его за собой. При этом начинает вращаться горизонтальный вал с шестерней 9, от которой вращение передается вертикальному валу с установленным на нем барабаном. Постепенный раз-

гон барабана обеспечивается соответствующим весом колодок 24, рассчитанным так, чтобы разгон продолжался примерно 5–7 минут.

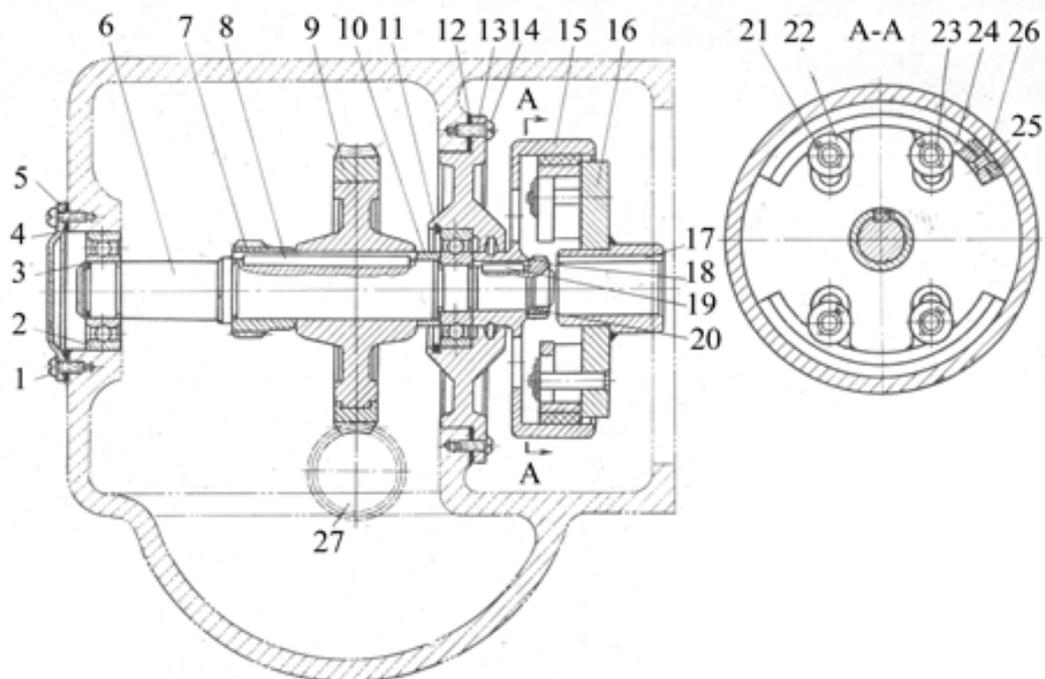


Рис. 12. Горизонтальный вал сепаратора:

1, 14 –винты; 2 – шарикоподшипник; 3 – кольцо стопорное; 4 –крышка; 5, 12 –прокладки; 6 –горизонтальный вал; 7 – шестерня тахометра; 8, 17, 19 – шпонки; 9 – шестерня; 10 –втулка; 11 – пружинное кольцо; 13–фланец; 15 – обод (бандаж);16 – диск; 8 –гайка; 20 – шайба стопорная; 21 – шплинт; 22 – шайба; 23 – палец; 24 –фрикционная колодка; 25 – накладка из ферродо; 26 – заклепка; 27 –вертикальный вал. [1,6]

**Вертикальный вал** (Рис. 13), на верхней конусной части которого закреплен барабан сепаратора, вращается в верхней и нижней части шариковых опорах.

Верхняя опора представляет собой горловой подшипник с корпусом 2, в котором на шести пружинных амортизаторах 14 установлена обойма 3 с шарикоподшипником 12.

От попадания продукта и воды при мойке сепаратора горловой подшипник и масляная ванна защищены крышкой 7 и колпаком 8. Нижняя опора вертикального вала представляет собой стакан 24, закрепленный в станине сепаратора и снабженный шарикоподшипниками: упорным 18 и радиально-сферическим 30.

Упорный подшипник 18, через два шарика 28, чашу 27 и пружинный амортизатор 25 опирается на опорную гайку 23. Гайкой 23 регулируют положение вала, а, следовательно, и барабана по высоте. Снизу гайка 23 фиксируется контргайкой 22. Принцип действия сепаратора ОСП-3М заключается в следующем.

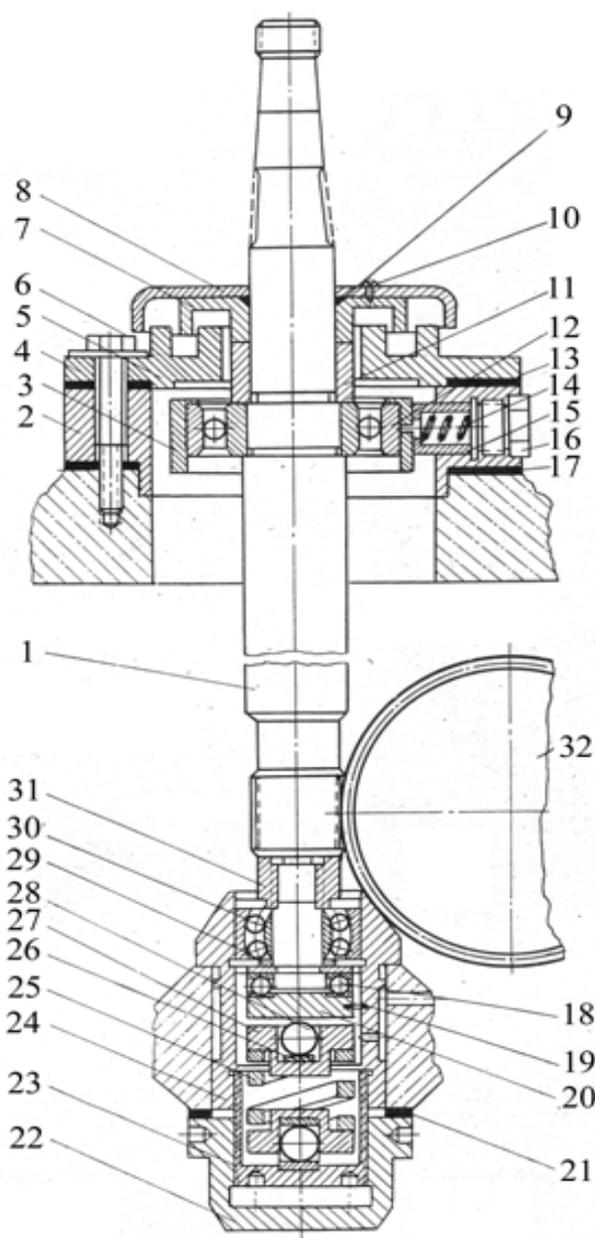


Рис. 13. Вертикальный вал сепаратора:

- 1 – вертикальный вал; 2 – корпус горлового подшипника; 3 – обойма;  
 4 – шайба пружинная; 5 – крышка; 6 – болт; 7 – защитная крышка;  
 8 – колпак защитный; 9, 13, 17, 21 – прокладки; 10 – винт; 11 – втулка;  
 12 – шарикоподшипники; 14, 25 – пружинный амортизатор; 15 – стакан;  
 16 – пробка; 18 – упорный подшипник; 19 – штифт; 20 – шайба;  
 22 – контргайка; 23, 31 – гайки; 24 – стакан подпятника; 26 – пята; 27 – чаша;  
 28 – шарик; 29 – распределительная шайба; 30 – радиально-сферический  
 подшипник; 32 – шестерня. [1,6]

Молоко подается в приемную чашу, откуда по центральной трубке попадает во внутрь тарелкодержателя. Достигнув основания тарелкодержателя, молоко направляется через отверстия в нем в вертикальные каналы, образованные отверстиями тарелок, уложенных в пакет.

Вследствие быстрого вращения барабана молоко распределяется во всех межтарелочных зазорах, при этом жировые шарики, совершив сложное (вращательное и возвратно-поступательное) движение (Рис. 14), возвращаются к центру вращения барабана и перемещаются вверх в камеру напорного диска для сливок.

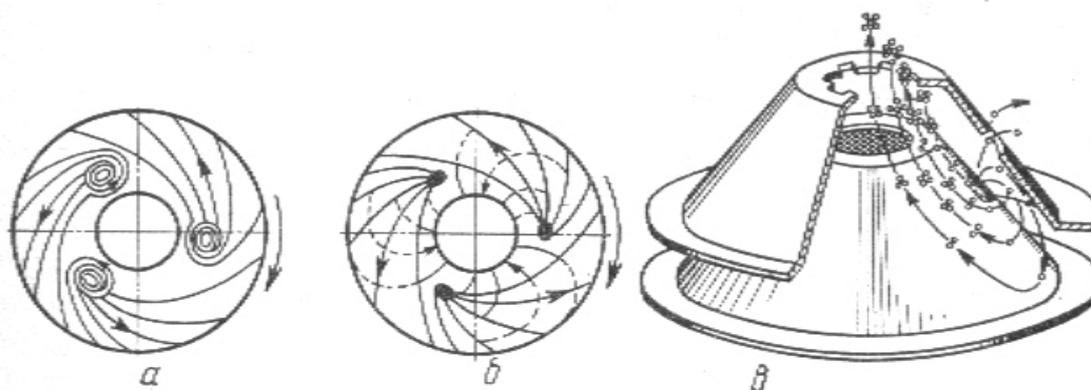


Рис. 14 Траектория движения жидкости в межтарелочном пространстве: а) однородной жидкости; б) легкой (жировой) и тяжелой фракций; в) жировых частиц. [1,6]

Попав вовнутрь напорного диска 1, сливки по его спиральным каналам устремляются вверх и, двигаясь по кольцевому зазору (между центральной трубкой 2 и трубкой напорного диска 1), попадают в горизонтальный патрубок 3 для отвода сливок (рис. 15).

Обезжиренное молоко, как более тяжелая фракция, отбрасывается к периферии барабана и перемещается вверх, при этом оно оказывается над разделительной тарелкой 7 и попадает с в камеру, а затем в напорный диск 4. Вывод обезжиренного молока осуществляется по кольцевому зазору между трубкой напорного диска 3 для сливок и трубкой напорного диска 4 для обезжиренного молока.

Техническая характеристика сепаратора ОСП-3М представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Техническая характеристика сепаратора ОСП-3М

Производительность, л/ч	3000
Привод - непосредственно от фланцевого электродвигателя	
Частота вращения барабана $c^{-1}$ (об/мин)	108 (6500)
Количество конических тарелок в пакете	80-90
Межтарелочный зазор, мм	0,4-0,5
Давление на выходе, МПа	
- обезжиренного молока	0,25-0,3
- сливок	0,2-0,25
Продолжительность набора барабаном Рабочего числа оборотов, мин	6-8

Показания тахометра, соответствующие Рабочему числу оборотов	115
Электродвигатель тип	АО 51-4Ф2
- мощность, кВт	4,5
- частота вращения, с <sup>-1</sup> (об/мин)	24 (1440)
Габариты, мм	
- длина	900
- ширина	560
- высота	1365
Масса, кг	
- барабана	125
- сепаратора	480

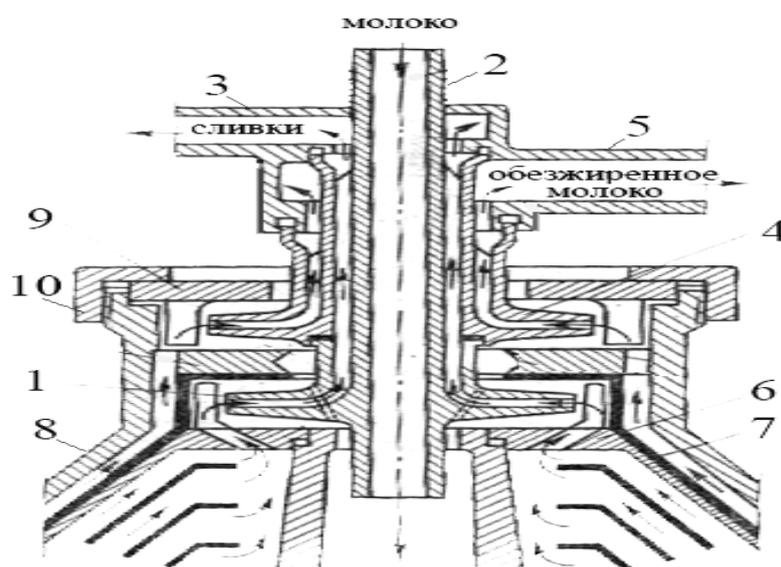


Рис. 15. Сепарирующее устройство:

1 – напорный диск для сливок, 2 – центральная трубка, 3 – патрубок для отвода сливок, 4 – напорный диск для обезжиренного молока, 5 – патрубок для отвода обезжиренного молока, 6 – верхняя тарелка, 7 – разделительная тарелка, 8 – крышка барабана, 9 – крышка напорной камеры, 10 – затяжное кольцо.

### Устройство лабораторного сепаратора

**Лабораторный сепаратор** (рис. 16) состоит из: корпуса (3), электродвигателя (6), барабана (2), приемника обезжиренного молока (21), приемника сливок (11), поплавка (5), камеры поплавковой (4), молокоприемника (1), пробки (10). На корпусе (3) установлены: выключатель (16), шнур армированный. Электродвигатель (6) крепится к корпусу (3) на трех шпильках гайками (18). Для уменьшения резкого толчка в момент пуска двигателя и предотвращения схода барабана

(2) с конусного хвостовика приводного вала во фланец электродвигателя вставлены амортизаторы – втулки (15).

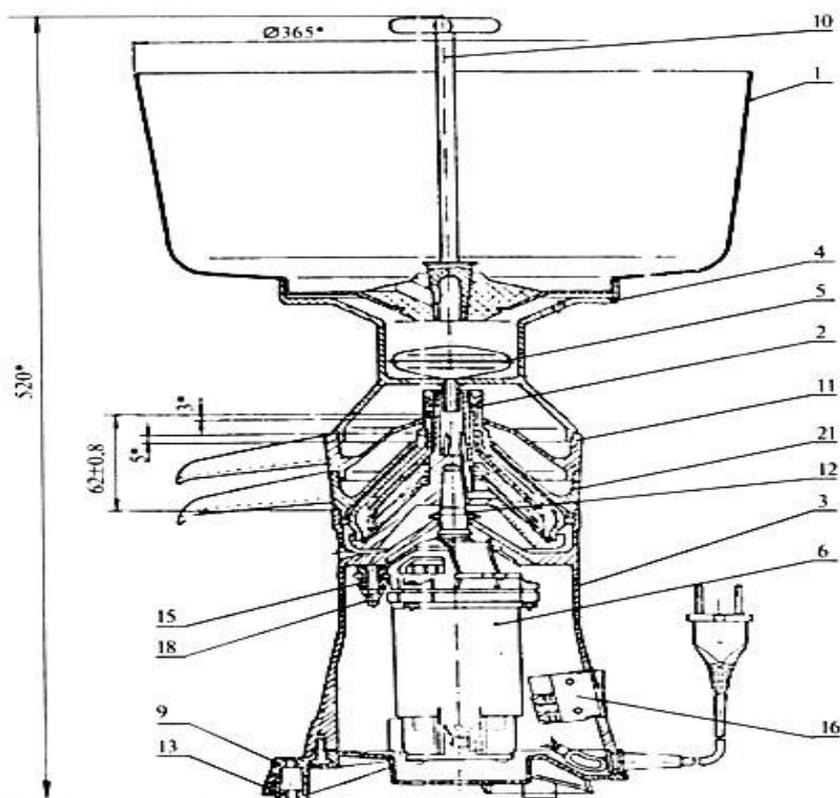


Рис. 16 Устройство лабораторного сепаратора

1- молокоприемник, 2 - барабан, 3 - корпус, 4 - камера поплавковая, 5 - поплавок, 6 - электродвигатель, 9 - опора, 10 - пробка, 11 - приемник сливок, 12 - отражатель, 13 - втулка, 15 - втулка, 16 - выключатель, 18 - гайка, 21 - приемник обезжиренного молока. [7]

Основной рабочий орган – барабан.

В барабане под действием центробежных сил происходит процесс разделения молока на сливки и обезжиренное молоко. На (рис. 17) показана конструкция барабана сепаратора.

Барабан состоит из: тарелкодержателя (1), набора алюминиевых тарелок (3), разделительной тарелки (4), регулировочного винта (7), крышки барабана (2), уплотнительного кольца (5), гайки (6).

Разделение молока на фракции. Процесс происходит в сепарирующем устройстве (барабане), состоящем из основания (дна), кожуха (крышки) обтекаемой формы, тарелкодержателя и пакета конических промежуточных и разделительных тарелок. Промежуточные тарелки имеют приваренные на внешней стороне шипики, образующие заданный межтарелочный зазор. Молоко может поступать в барабан

сверху и снизу. При этом молоко должно равномерно распределиться в нижней части барабана между тарелками.

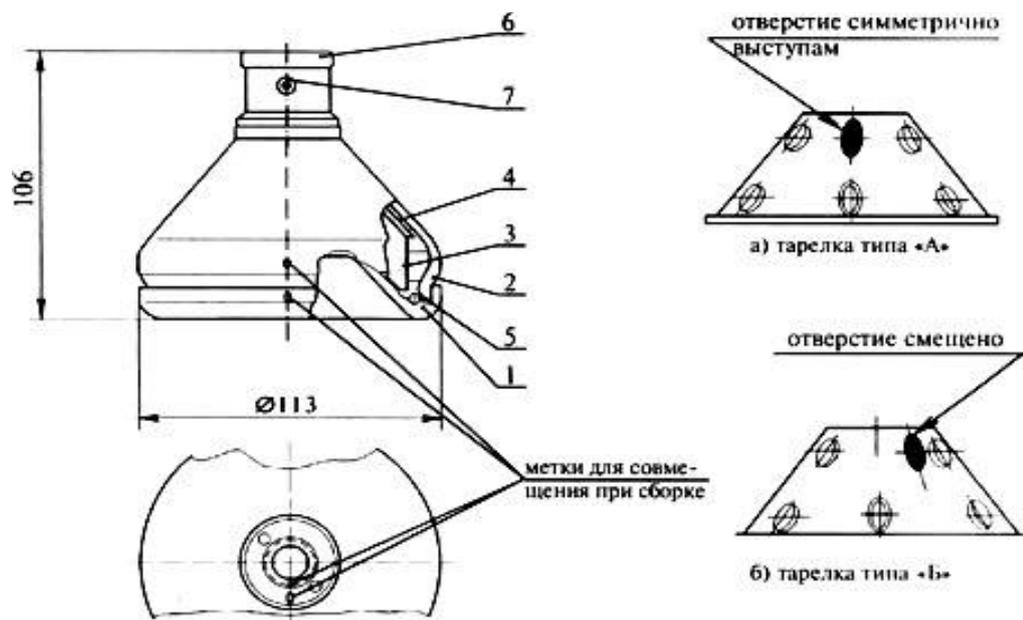


Рис. 17 Конструкция барабана сепаратора

1 - тарелкодержатель, 2 - крышка, 3 - тарелки типа «А» и «Б», 4 - тарелка разделительная, 5 - кольцо, 6 - гайка, 7 – винт. [7]

На (рис. 18) показана схема движения фракций молока в барабане сепаратора молокоочистителя и сливоотделителя.

Молоко из приемной камеры сепаратора молокоочистителя поступает в барабан и через каналы тарелкодержателя отбрасывается на периферию барабана. Оттуда оно поступает в межтарелочное пространство. Под действием центробежной силы посторонние примеси, плотность которых больше плотности молока, при прохождении через барабан как более тяжелая фракция осаждаются на внутренней поверхности барабана в грязевом (шламовом) пространстве. После его заполнения сепаратор останавливают и барабан промывают.

Продолжительность непрерывной работы сепаратора зависит от объема грязевого пространства и загрязненности молока и составляет 2—2,5 ч.

В сепараторе-сливкоотделителе молоко перемещается из барабана через каналы тарелкодержателя к периферии и при этом проникает через толщу межтарелочного пространства.

Под действием центробежной силы молочная плазма как тяжелая фракция движется к периферии, а жировые шарики как легкая фракция молока – к оси вращения. Всплывая и скапливаясь на наружной поверхности тарелки, жировые шарики образуют потоки сливок

(концентрированная смесь жировых шариков в молочной плазме), которые движутся по тарелкам к оси барабана.

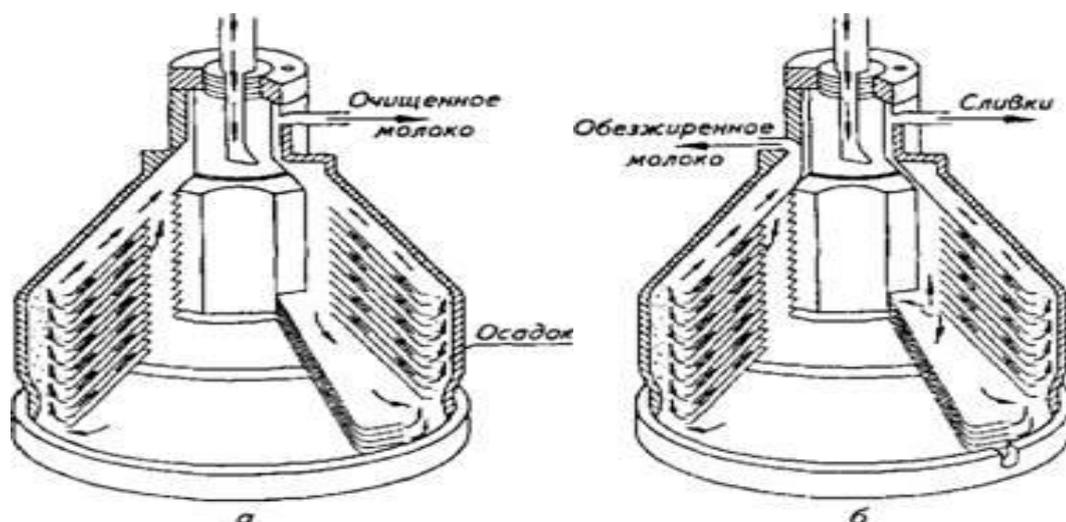


Рис. 18 Схема движения молока цельного, очищенного, сливок и обезжиренного молока в барабане сепаратора. А — молокоочиститель; б — сливокоотделитель. [1,6]

Жировые шарики, не достигшие поверхности нижерасположенной тарелки, отходят в обезжиренное молоко и составляют потери. Разделение молока на сливки и обезжиренное молоко практически завершается в межтарелочном пространстве.

Под напором постоянно поступающего притока молока в барабан потоки сливок и обезжиренного молока вытесняются в его верхнюю часть и выходят через специальные отверстия (для сливок и обезжиренного молока).

Для разделения и отвода потоков на пакет тарелок установлена специальная тарелка с ребрами на поверхности конусной части. Обезжиренное молоко движется по пространству между разделительной тарелкой и кожухом барабана в верхнюю часть кожуха, из которой отводится из сепаратора. Сливки поднимаются вверх по каналам тарелкодержателя в камеру сливок в разделительной тарелке и непрерывно отводятся.

### Принцип работы

Принцип работы заключается в том, что под действием центробежной силы из потока молока выделяется жировая фаза

Скорость выделения жировой фазы из молока зависит от конструктивных особенностей сепаратора (угловой скорости барабана, числа и размеров разделительных тарелок), размеров жировых шариков и степени их дисперсности, плотности разделяемых фракций и вязкости молока. Кроме этого, на эффективность выделения жировой

фазы из молока влияют его чистота, кислотность, особенности количественного и качественного состава молока коров различных пород и другие свойства.

Увеличение угловой скорости вращения барабана сепаратора очень эффективно для повышения скорости выделения жировой фазы из молока. Однако требования прочности конструкции, надежности, безопасности, а также соображения износа, увеличения потерь на трение, конструктивные трудности ограничивают возрастание угловой скорости вращения барабана сепаратора. Все современные сепараторы работают на сверхкритической частоте вращения барабана –  $100\text{--}150\text{ с}^{-1}$ . Изменить частоту вращения барабана сепаратора можно только на заводе-изготовителе.

Сепарирование молока на предприятиях начинают при поступлении молока в количестве, обеспечивающем непрерывную работу сепаратора в течение 20–30 мин, и достижении барабаном рабочей частоты вращения. Продолжительность разгона для сепараторов производительностью 1000–2000 л/ч составляет 3–5 мин, а для сепараторов большей производительности – 6–10 мин.

Массу сливок (кг), полученных при сепарировании, можно определить по формуле:

$$M_{\text{сл}} = \frac{M_{\text{м}}(J_{\text{м}} - J_{\text{о}}) 100 - P_{\text{сл}}}{J_{\text{сл}} - J_{\text{о}}} \frac{100 - P_{\text{сл}}}{100}$$

где:  $M_{\text{сл}}$  – масса, получаемых при сепарировании сливок;

$J_{\text{м}}$ ;  $J_{\text{сл}}$ ,  $J_{\text{о}}$  – массовая доля жира в молоке, сливках обезжиренном молоке, %;

$P_{\text{сл}}$  – потери сливок при сепарировании, %.

Если требуется установить массу молока, необходимую для получения определенного количества сливок с заданной массовой долей жира, то предыдущая формула видоизменяется:

$$M_{\text{м}} = \frac{100 M_{\text{сл}} (J_{\text{сл}} - J_{\text{о}})}{(J_{\text{м}} - J_{\text{о}})(100 - P_{\text{сл}})}$$

По принципу работы сепараторы подразделяются на ручные и электрические. Сепаратор с ручным приводом – это физический труд, электрический сепаратор ручного труда не требует, здесь главное время подлить масло, а работать будет он автономно.

## Режимы сепарирования

Эффективность сепарирования зависит от содержания жира в молоке, размеров и дисперсности жировых шариков. Чем крупнее шарики, тем быстрее они выделяются. Механическое и тепловое воздействия на молоко приводят к перераспределению в нем жировых шариков.

Часть шариков агрегируется, образуя комочки, а крупные шарики дробятся на множество мелких. Поэтому необходимо сохранять исходные размеры жировых шариков и избегать больших механических воздействий на молоко до сепарирования при транспортировании его насосами, перемешивании, встряхивании, охлаждении, подогреве, пастеризации и т. п.

Наименьшие потери жира с обезжиренным молоком наблюдаются при сепарировании парного молока, не подвергнутого механическому или тепловому воздействию.

Скорость выделения жировых шариков обратно пропорциональна вязкости молока, зависящей от температуры. Рекомендуемая температура молока при сепарировании составляет 35–45 °С и соответствует температуре подогрева молока в секции рекуперации пластинчатых пастеризационно-охладительных установок. Молоко с массовой долей жира 4 % и выше сепарируют с дополнительным подогревом и уменьшением подачи его в сепаратор.

Наряду с этим температурным режимом применяют и более жесткий – 60–90°С. Высокотемпературное сепарирование целесообразно для получения высокожирных сливок с массовой долей жира до 82 %, так как сепарируют сливки 30–40 %-ной жирности. Кроме этого сепарирование при высокой температуре упрощает технологическую схему переработки молока.

Получаемые сливки и обезжиренное молоко можно использовать для дальнейшей переработки без пастеризации. Однако при высокотемпературном сепарировании усиливается дробление жировых шариков, образуется большое количество молочной слизи, резко повышается вспенивание молока, сливок и обезжиренного молока. Как следствие этого, возрастают потери жира за счет увеличения массовой доли жира в обезжиренном молоке и в пахте при выработке сливочного масла методом сбивания сливок, а также потери сухих веществ при выработке белковых продуктов (творог и др.) за счет необратимой коагуляции белковых веществ, содержащихся в пене.

Пена в молоке, обезжиренном молоке и сливках отрицательно сказывается на их дальнейшей тепловой обработке. Большой объем

пены в продукте уменьшает его теплопроводность, что снижает эффективность работы теплового оборудования. Пена прогревается хуже, чем основная масса продукта.

Разница в температуре прогрева пены и продукта может составлять до 10–15 °С и привести к тому, что во вспененном пастеризованном продукте сохранится больше микроорганизмов, в том числе патогенных форм. Вспененное обезжиренное молоко труднее охладить до температуры заквашивания. В связи с этим возникают дополнительные затруднения при выработке обезжиренного творога. Поэтому не рекомендуется сепарировать молоко при повышенных температурах.

На практике применяют также сепарирование холодного молока температурой 4–20 °С. При сепарировании холодного молока на обычных сепараторах их производительность снижается до 50 %. Сливки, полученные при холодном сепарировании молока, имеют большую вязкость, чем после обычного сепарирования. Максимальную вязкость имеют сливки, полученные из сырого холодного молока.

При сепарировании холодного молока жировые шарики дробятся меньше. Для холодной очистки молока применяют сепараторы марки АХО. При холодной очистке исключается разбивание колоний бактерий и вследствие этого уменьшается бактериальная обсемененность, экономится энергия, сохраняются натуральные свойства молока и поддерживается температура, неблагоприятная для развития микрофлоры.

Чистота и кислотность молока существенно влияют на эффективность его обезжиривания. Сепарирование загрязненного молока с повышенной кислотностью приводит к быстрому заполнению шламом грязевого пространства барабана сепаратора, периферийной части тарелок и частично межтарелочного пространства. Нарушается движение молока между разделительными тарелками и ухудшается его обезжиривание.

Длительное хранение молока приводит к нарастанию его кислотности, что также уменьшает эффективность обезжиривания. При сепарировании молока после хранения в течение суток массовая доля жира в обезжиренном молоке увеличивается на 15–20 %. Для предотвращения повышения кислотности молоко необходимо сразу сепарировать, а получаемые сливки и обезжиренное молоко надо перерабатывать или охлаждать в случае резервирования. Для сепарирования необходимо использовать очищенное молоко кислотностью не более 20 °Т.

## Характеристика сепараторов различных видов

Сепаратор-молокоочиститель ОМ-1А (рис. 19) применяется на фермах для первичной очистки молока.

Приводной механизм состоит из станины, электродвигателя с фрикционно-центробежной муфтой, горизонтального и вертикального валов, пульсатора. Фрикционно-центробежная муфта предназначена для постепенной и плавной передачи вращения от электродвигателя к барабану. Для заливки и удаления масла имеются соответствующие отверстия, закрываемые пробками, для контроля уровня масла - смотровое стекло.

Вертикальный вал вращается в верхнем радиальном и нижнем радиально-упорном шарикоподшипниках. Верхняя горловая опора выполнена упругой, что позволяет барабану сепаратора при разгоне и остановке плавно переходить критическую частоту вращения и сохранять устойчивый ход при рабочей частоте вращения. Частоту вращения барабана контролируют, нажимая кнопку пульсатора. Нормальной частоте вращения соответствуют 47–49 толчков кнопки пульсатора в минуту.

В чаше, установленной на станине, укреплены два тормоза для остановки барабана после выключения электродвигателя и два стопора, удерживающих барабан от произвольного вращения при сборке и разборке.

Барабан, в котором происходит очистка молока, закреплен на веретене гайкой. Приемно-выводное устройство через крышку крепится к чаше прижимами.

Особенность конструкции сепарирующего устройства – отсутствие пакета разделительных тарелок. Он заменен крыльчаткой, которая выполняет роль сепарирующего устройства.

Сепаратор-молокоочиститель обычно работает в комплекте с пластинчатым охладителем. Порядок установки, подготовки, работы и технического обслуживания сепаратора необходимо выполнять строго в соответствии с инструкцией по эксплуатации завода-изготовителя.

Аналогичное назначение имеют сепараторы Г9-ОМА и Г9-ОМА-ЗМ. Сепараторы-молокоочистители с периодической, непрерывной выгрузкой осадка.

Применение сепараторов-молокоочистителей с периодической, непрерывной выгрузкой осадка позволяет увеличить продолжительность их непрерывной работы. Промышленностью выпускаются сепараторы-молокоочистители следующих марок: А1-ОЦМ-5, А1-ОЦМ-10, А1-ОЦМ-15, Ж5-ОМ2-Е-С.

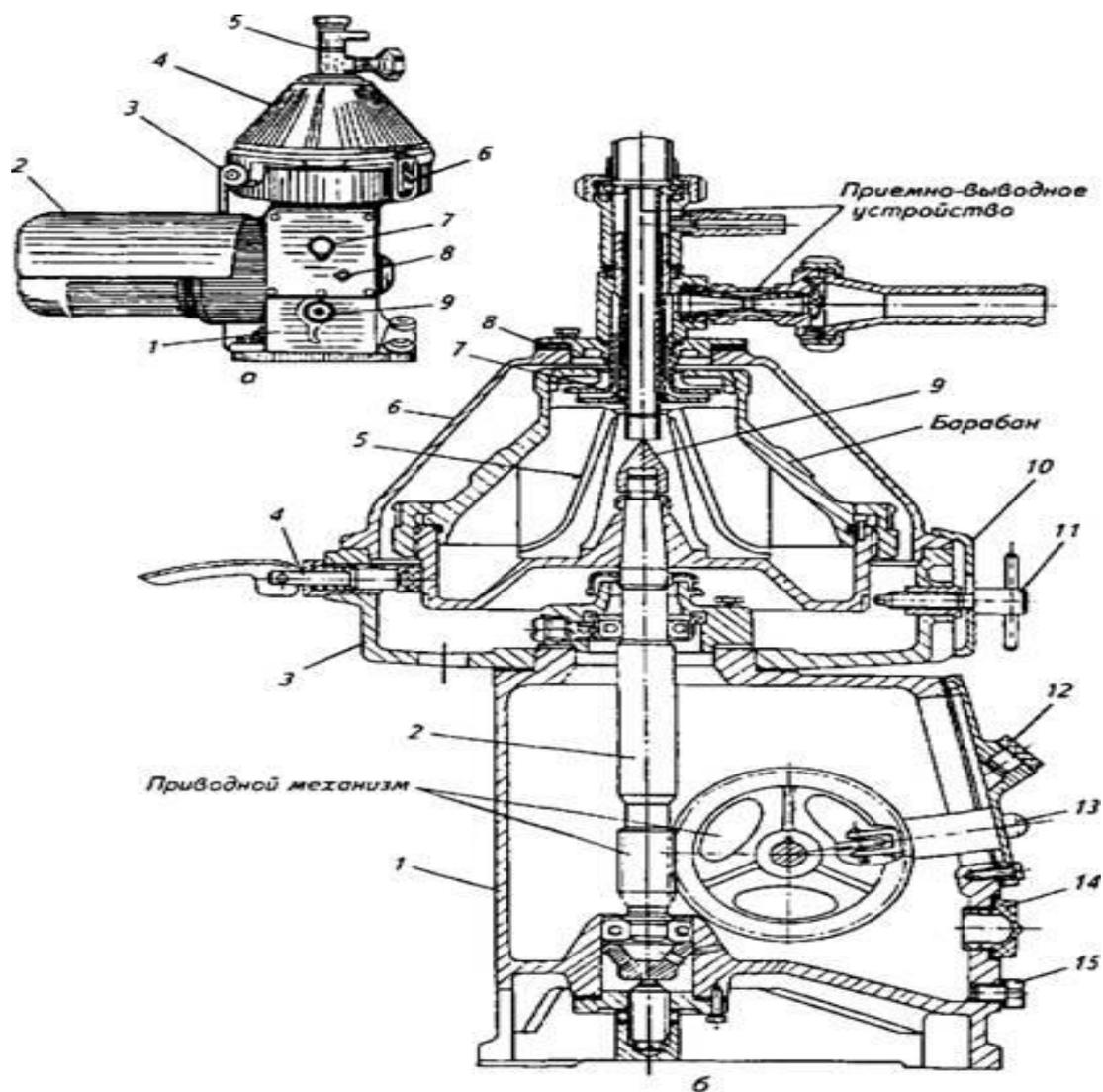


Рис. 19 Сепаратор-молокоочиститель ОМ-1А:

- (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 (выводное устройство). (1,6)

Сепараторы А1-ОЦМ-5 и А1-ОЦМ-10 различаются типами установленных электродвигателей и конструкцией дисков. Кроме того, электродвигатель к станине сепаратора А1-ОЦМ-Ю крепится с помощью фланца. Сепараторы А1-ОЦМ-5 и А1-ОЦМ-10 – полузакрытого исполнения с периодической выгрузкой осадка.

Сепаратор молокоочиститель марки А1 - ОЦМ (рис. 20) состоит из станины с приводным механизмом, приемно-выводного устройства, крышки с приемником осадка, тахометра, пульта управления, гидросистемы.

Вращение от электродвигателя передается барабану через приводной механизм, включающий разгонную фрикционную муфту, горизонтальный и вертикальный валы.

Горизонтальный вал вращается в шарикоподшипниковых опорах, установленных в отверстиях станины. От этого вала вращение передается вертикальному валу (веретену) с помощью винтовой пары. Кроме ведущей шестерни, передающей вращение через ведомую шестерню веретену, на горизонтальном валу имеется шестерня, связанная зубчатым зацеплением с механизмами тахометра и пульсатора. Для предотвращения попадания масла из картера станины на центробежную фрикционную муфту предусмотрен лабиринт.

Вертикальный вал вращается в радиально-сферическом и сдвоенном радиально-упорном подшипниках. Горловая опора упругая, что позволяет барабану при разгоне и остановке плавно переходить критическую частоту вращения и сохранять устойчивый спокойный ход во время работы сепаратора. Упругость достигается тем, что обойма с подшипником и валом заключена между шестью радиально расположенными пружинами.

Лабиринтное уплотнение предохраняет подшипник горловой опоры и масляную ванну от попадания в них грязи, воды и сепарируемого продукта.

Вертикальная нагрузка от барабана и вала в сборе воспринимается пружиной стакана подпятника. В этом же стакане установлен сдвоенный радиально-упорный подшипник. Для регулирования положения барабана по высоте предусмотрена регулировочная шайба. В стакане имеется отверстие, совпадающее с отверстием в нижнем гнезде станины. Эти отверстия позволяют маслу циркулировать во время работы сепаратора.

Нижняя часть станины закрыта крышкой с прокладкой. Крышку крепят к станине четырьмя болтами. В крышке имеется пробка, служащая для слива масла из нижней опоры. Для слива масла из картера станины предусмотрено отверстие, закрываемое пробкой. Уровень масла определяют по маслоуказателю.

Основной исполнительный орган сепаратора – барабан (рис. 20). Закрепленный на вертикальном валу, он состоит из основания, тарелкодержателя с пакетом тарелок, крышки, большого и малого тяжелых колец, и запорного поршня конического типа. Для ускорения остановки барабана сепаратора после выключения электродвигателя предусмотрен тормоз.

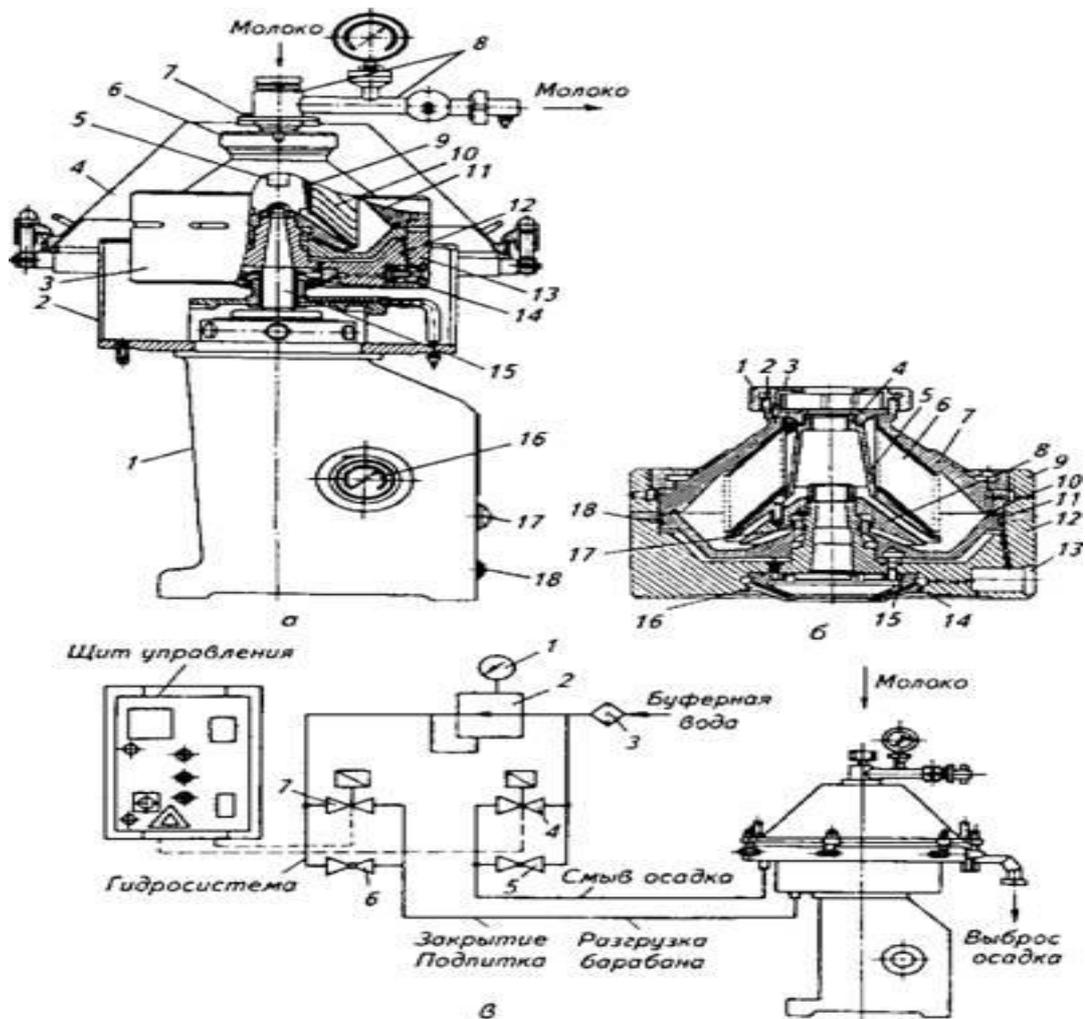


Рис. 20 Конструктивное исполнение саморазгружающегося сепаратора – молокоочистителя марки А1 - ОЦМ

- (а) - общий вид: 1 - станина; 2 - приемник осадка; 3 - барабан; 4 - крышка сепаратора; 5 - питающая (центральная) трубка; 6 - малое затяжное кольцо (гайка); 7 - болт; 8 - приемно - выводное устройство; 9 - тарелкодержатель; 10 - пакет тарелок; 11 - крышка барабана; 12 - запорный поршень; 13 - основание; 14 - клапанное устройство; 15 - вертикальный вал (веретено); 16 - тахометр; 17 - маслоуказатель; 18 - пробка;
- (б) - барабан сепаратора: 1 - накидная гайка; 2, 4, 10, 14-18 - уплотнения; 3 - горловина; 5 - тарелкодержатель; 6 - тарелки; 7 - корпус; 8 - основание; 9 - кольцо; 11 - приемник; 12 - основание барабана; 13 - выход для осадка;
- (в) - схема подключения гидросистемы: 1 - манометр; 2 - редукционный клапан; 3 - фильтр; 4, 7 - электромагнитные вентили; 5, 6 - вентили. [7]

Гидросистема (рис. 20, в) предназначена для управления ручной или автоматической выгрузкой осадка из барабана, а также для промывки приемника осадка. Она состоит из фильтра, крана, редуктора для регулирования давления в гидросистеме, манометра, электромагнитных вентилях для управления работой барабана и для подачи воды в приемник шлама, а также вентиля для управления работой сепаратора вручную. Гидросистему устанавливают отдельно от сепаратора

ратора и соединяют с ним трубопроводом. Гидроузел гидросистемы, служащий для подачи буферной воды в соответствующие полости барабана, состоит из подводящей коммуникации, клапанного устройства, распределителя буферной жидкости, напорного диска и сигнального крана. В приемнике осадка на верхнем торце станины имеются штуцер и форсуночное устройство для подвода воды при автоматической и ручной мойке.

Принцип действия сепаратора следующий. После набора барабаном необходимой частоты вращения открывают кран (на схеме не показан) на линии подвода воды к гидросистеме, и вода через фильтр поступает в гидросистему. Затем открывают вентиль 6, и вода через гидроузел сепаратора поступает в барабан. После заполнения водой пространства под поршнем он поднимается вверх и перекрывает разгрузочные щели в основании барабана.

Вентиль ставят в положение «Подпитка», после этого исходный продукт из молокопровода через тарелкодержатель попадает в барабан и заполняет межтарелочное пространство. Под действием центробежной силы тяжелые механические примеси и слизь перемещаются к периферии барабана и оседают в шламовом пространстве. Очищенное молоко по наружным каналам тарелкодержателя поднимается вверх и через отверстие в крышке барабана поступает в напорную камеру, из которой выводится напорным диском в производственные трубопроводы.

Шламовое пространство периодически частично или полностью очищается (разгружается) во время работы. Частичную выгрузку применяют при автоматическом режиме работы, в этом случае удаляется только осадок, а молоко остается в барабане. Автоматическая разгрузка осадка управляется электромагнитными вентилями с помощью трех реле времени, размещенных в щите управления. Электромагнитное реле регламентирует продолжительность открытия электромагнитного вентиля 7, подающего воду через гидроузел в барабан сепаратора. Программное реле времени обеспечивает открытие электромагнитного вентиля 4 и подачу воды для автоматической мойки приемника осадка.

В зависимости от степени загрязненности молока время между разгрузками колеблется от 40 до 95 мин, разгрузка продолжается от 0,3 до 0,7 с. Если система автоматической выгрузки осадка выходит из строя, можно использовать ручное управление. Для этого открывают кран, и вода попадает к гидроузлу, кран может оставаться в открытом положении около 1 с, после чего его опять ставят на подпитку. В это время барабан частично разгружается.

Сепаратор А1-ОЦМ-15 (рис. 21, а) состоит из привода, барабана, приемника осадка с гидроузлом, крышки, приемно-выводного устройства. Привод предназначен для передачи вращения от электродвигателя барабану и состоит из горизонтального и вертикального валов. На горизонтальный вал насажены бандаж, зубчатое колесо. Вращение от электродвигателя плавно передается фрикционной муфтой горизонтальному валу и через зубчатую передачу вертикальному. В барабане, состоящем из основания, поршня, тарелкодержателя с пакетом тарелок и крышки, молоко очищается от механических примесей.

Приемник осадка предназначен для накопления шлама и отвода его в канализацию, а гидроузел – для подачи управляющей воды в соответствующую полость основания барабана. Крышка сепаратора является защитным кожухом барабана. На ней устанавливается приемно-выводное устройство для подачи в исходного и отвода очищенного молока в производственные коммуникации. Приемно-выводное устройство состоит из центральной трубы, напорного диска и отводящей магистрали. На последней установлен манометр. Пульт управления служит для автоматического регулирования центробежной выгрузки осадка. Гидросистема предназначена для управления ручной или автоматической (центробежной) выгрузкой осадка из барабана, а также для промывки приемника осадка.

Принцип работы сепаратора следующий. Исходное молоко через центральную трубку приемно-выводного устройства поступает в барабан, где в зазорах между промежуточными тарелками происходит его очистка от механических примесей. Очищенное молоко постоянно выводится из барабана напорным диском и через отводящую магистраль направляется в производственные коммуникации. Давление очищенного молока регулируется клапаном и контролируется манометром.

Осадок периодически выводится из барабана. В полость барабана подают воду. Поршень под воздействием гидростатического давления опускается, и осадок через разгрузочные щели основания вытесняется из барабана. Вода также выводится из барабана через отверстие в поршне. Под воздействием воды, находящейся в полости барабана, поршень поднимается и перекрывает разгрузочные щели, и выгрузка осадка прекращается.

Гидросистему (рис. 21, б) устанавливают на расстоянии 1,5 м от сепаратора и соединяют с ним трубопроводом внутренним диаметром не менее 15 мм. Питание гидросистемы осуществляется от водопроводной сети, давление воды не менее 0,2 МПа, температура не выше 35 °С.

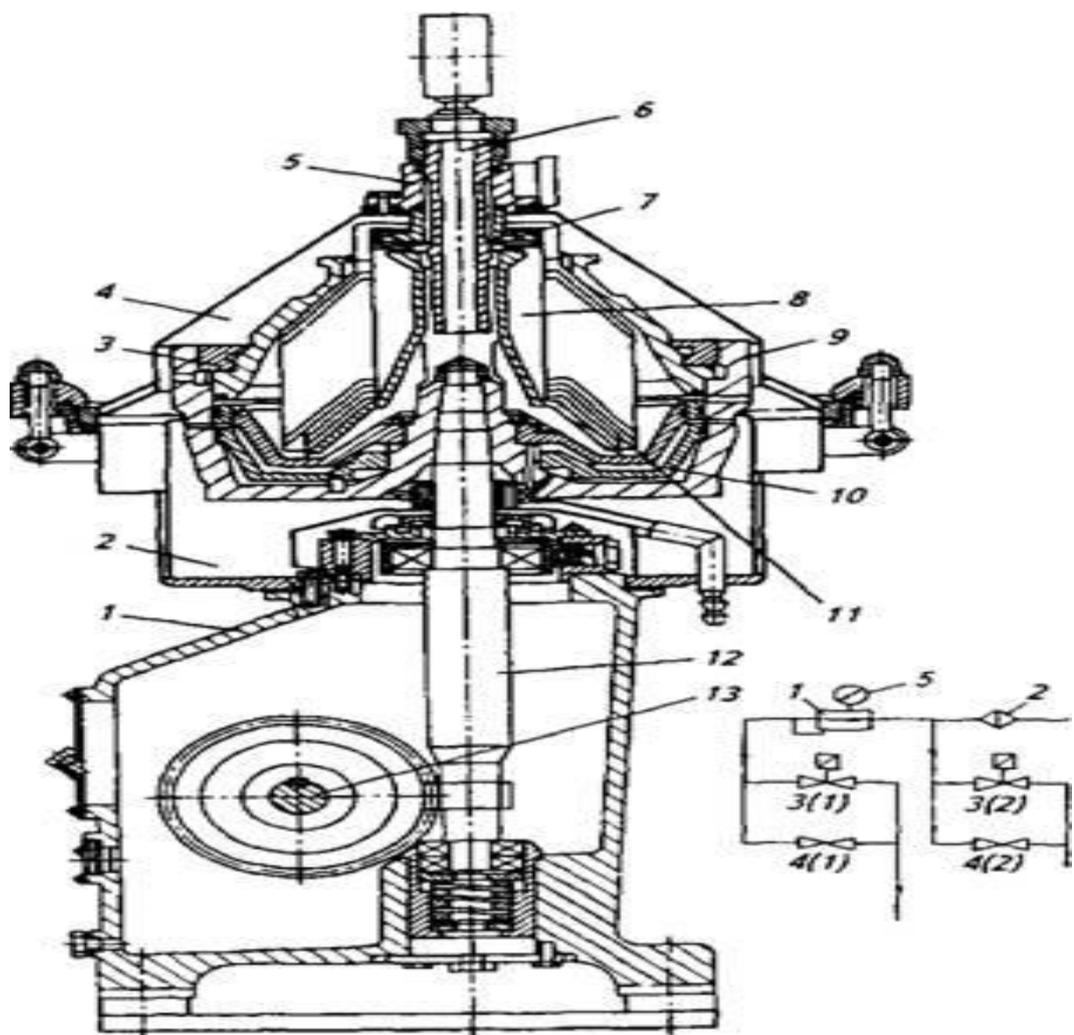


Рис. 21 Сепаратор А1-ОЦМ-15:

(а) – общий вид: 1 – станина; 2 – приемник осадка; 3 – барабан; 4 – крышка сепаратора; 5 – приемно-выводное устройство; 6 – центральная труба; 7 – напорный диск; 8 – тарелкодержатель; 9 – основание; 10 – поршень; 11 – пакет тарелок; 12 – вертикальный вал; 13 – горизонтальный вал;

(б) – схема подключения гидросистемы: 1 – редукционный клапан; 2 – фильтр; 3(1), 3(2) – электромагнитные клапаны, 4(1), 4(2) – вентили; 5 – манометр. [1,6]

На выходе установлен фильтр, улавливающий механические примеси. Манометр показывает давление в гидросистеме после редукционного клапана, регулирующего давление в линии разгрузки барабана. При управлении механизмом разгрузки по команде с пульта управления срабатывает электромагнитный вентиль 3(1) и вода направляется в полость барабана. Через электромагнитный вентиль 3(2) вода подается на охлаждение и смачивание приемника осадка в автоматическом режиме работы. В случае выхода из строя системы автоматической осадка переходят на ручное управление: вентиль 4(1) – разгрузка, а вентиль 4(2) – смачивание приемника осадка.

Аналогичные назначение и принцип работы имеет и сепаратор Ж5-ОМ2-Е-С.

### **Сепараторы-молокоочистители для холодной очистки молока**

Сепараторы А1-ОХО и ОХО-25 применяют для холодной очистки молока, поступающего из емкостей для хранения на автоматизированные линии производства стерилизованного молока с асептическим розливом.

Сепаратор А1-ОХО (рис. 22, а) в отличие от других сепараторов снабжен переходным фланцем и состоит из станины с приводом, барабана, приемника осадка, крышки сепаратора, приемно-выводного устройства, гидроузла. В станине монтируются все основные узлы привода: вертикальный и горизонтальный валы, тахометр с шестерней, указатель уровня масла. На вертикальном валу (веретене) закреплен барабан, на горизонтальном – винтовая шестерня, передающая вращение вертикальному валу. Для передачи вращения от электродвигателя к барабану служит упругая муфта, соединяющая вал электродвигателя с фрикционно-центробежной разгонной муфтой и горизонтальным валом.

### **Сепараторы для выделения творога из творожного сгустка**

Сепаратор Ж5-ОТР предназначен для непрерывного разделения сквашенного молока на обезжиренный творог и сыворотку. По конструкции этот сепаратор открытого типа с центробежной выгрузкой осадка. Сепаратор Ж5-ОТР состоит из станины с приводным механизмом, барабана, приемно-выводного устройства и тахометра. Сепаратор укомплектован цилиндрическим фильтром для удержания крупных комков сгустка. В станине имеется смотровое окно. Для заливки и удаления отработанного масла в крышке тахометра предусмотрено два отверстия, закрываемые пробкой. Приводной механизм состоит из электродвигателя, упругой и разгонной фрикционно-центробежной муфт, горизонтального и вертикального валов. Горизонтальный вал получает вращение от электродвигателя через упругую муфту. Вращение от горизонтального вала на вертикальный передается через фрикционно-центробежную муфту, которая обеспечивает плавную и постепенную передачу вращения барабану при его разгоне.

Вертикальный вал вращается в верхнем радиально-сферическом и нижнем радиально-упорном подшипниках. Радиально-сферический подшипник установлен в обойме горловой опоры.

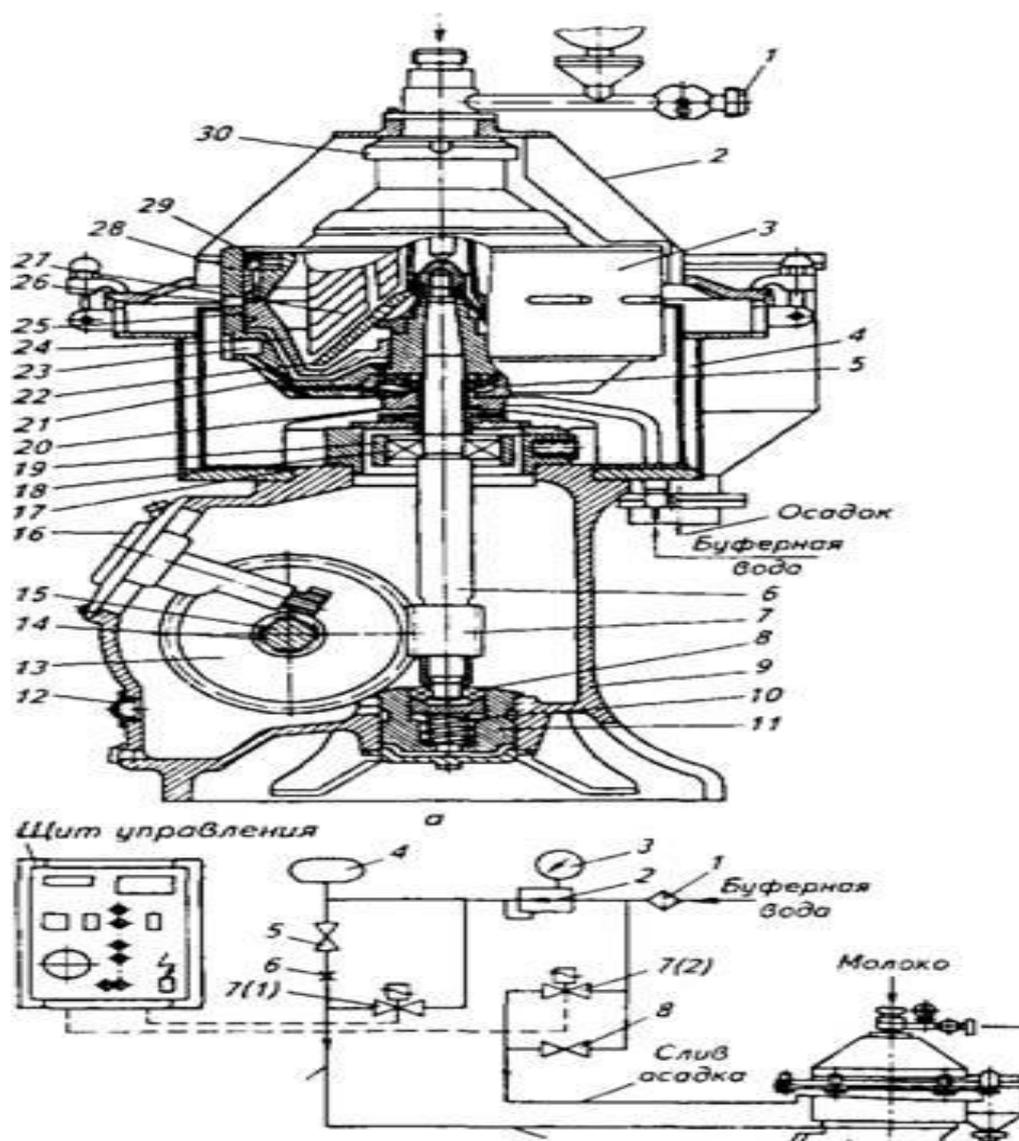


Рис. 22 Сепаратор для холодной очистки молока А1-ОХО:

(а) – общий вид: 1 – приемно-выводное устройство; 2 – крышка сепаратора; 3 – барабан; 4 – приемник осадка; 5, 20 – гидроузел; 6 – вертикальный вал; 7 – червяк; 8 – радиально-упорный подшипник; 9 – станина; 10 – пружина; 11, 17 – стаканы; 12 – указатель уровня масла; 13 – червячное колесо; 14 – шестерня; 15 – горизонтальный вал; 16 – тахометр; 18 – сферический двухрядный подшипник; 19 – горловая опора; 21 – основание; 22 – тарелкодержатель; 23 – клапанное устройство; 24 – поршень; 25 – прокладка; 26 – разгрузочные щели; 27 – пакет тарелок; 28 – крышка барабана; 29 – большое затяжное кольцо; 30 – малое затяжное кольцо;

(б) – схема подключения гидросистемы: 1 – фильтр; 2 – редуктор; 3 – манометр; 4 – компенсационный бачок; 5, 8 – вентили; 6 – дроссель; 7(1), 7(2) – электромагнитные вентили. [1,6]

Эта опора выполнена упругой, что позволяет барабану сепаратора при разгоне и остановке плавно переходить критическое число оборотов и сохранять устойчивый спокойный ход при рабочей частоте вращения.

Упругость горловой опоры достигается тем, что обойма с подшипниками и валом заключена между шестью радиально расположенными цилиндрическими пружинами, установленными в направляющих втулках, которые находятся в гнездах корпуса горловой опоры. Вертикальная нагрузка от массы барабана и вала в сборе воспринимается нижним радиально-упорным подшипником, который опирается на пружину.

Барабан сепаратора Ж5-ОТР (рис. 23) является исполнительным органом сепаратора, в котором происходит разделение сквашенного молока на творог и сыворотку. Приемно-выводное устройство состоит из приемников творога сыворотки и подводящего устройства.

Принцип работы сепаратора состоит в следующем. Сквашенное обезжиренное молоко подается в сепаратор насосом через цилиндрический фильтр. Он представляет собой два поочередно работающих вертикальных цилиндра с сеткой внутри, соединенные трубопроводом, на котором установлен трехходовой кран.

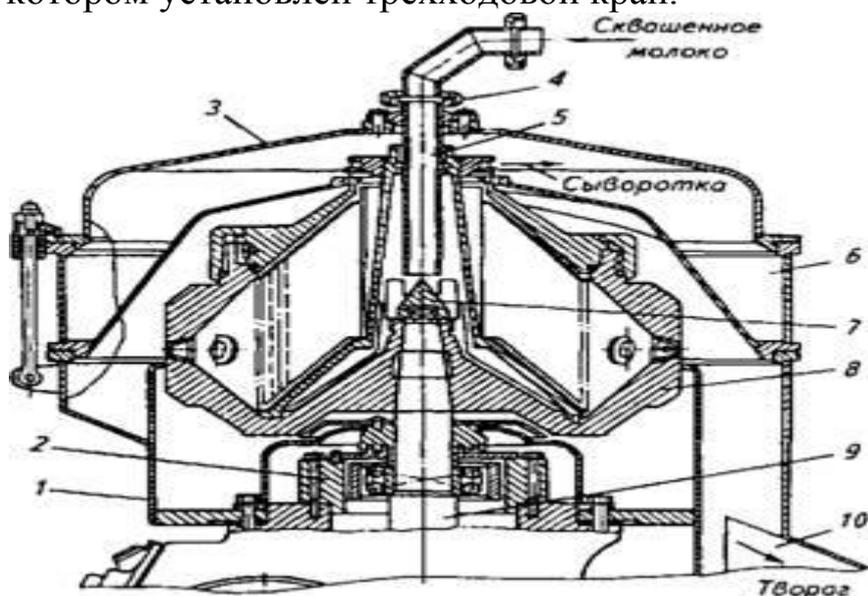


Рис. 23 Барабан сепаратора Ж5-ОТР для разделения сквашенного молока  
1 – чаша станины; 2 – горловая опора; 3 – крышка; 4 – гайка; 5 – центральная трубка; 6 – приемник сыворотки; 7 – гайка вертикального вала; 8 – сепарирующее устройство; 9 – вертикальный вал; 10 – лоток для выхода творога

Далее по центральной трубке молоко попадает в тарелкодержатель, откуда по внутренним каналам между ребрами тарелкодержателя поступает через отверстия в нем в вертикальные каналы. Распределяясь тонким слоем между тарелками, продукт подвергается действию центробежной силы и разделяется на две фракции: творог и сыворотку [1,6].

Творог как более тяжелая фракция движется к периферии барабана, откуда непрерывно выводится через сопла барабана в приемник творога. Более легкая фракция - молочная сыворотка оттесняется от оси вращения барабана и поднимается вверх по наружным каналам в тарелкодержателе и через фигурное отверстие в крышке барабана выводится в приемник сыворотки свободной струей.

В стенке корпуса сепаратора имеется 12 отверстий, в которых находятся держатели с соплами. Изменяя размеры и число сопел, можно регулировать массовую долю влаги в твороге. В этом сепараторе можно обрабатывать творожный сгусток из обезжиренного молока, так как при обработке сгустка из жирного молока возникают потери молочного жира, удаляемого вместе с сывороткой.

Сепаратор Я9-ОДТ предназначен для обезжиривания творожного сгустка и получения творога с регулируемой влажностью и частичным охлаждением. По конструкции этот сепаратор аналогичен вышеописанному. Особенностью принципа работы сепаратора Я9-ОДТ является то, что после разделения сквашенного молока на творог и сыворотку последняя с расходом 0,3–0,9 м<sup>3</sup>/ч возвращается по линии рециркуляции на вход сепаратора. Такое замещение части исходного сквашенного молока предусматривается в случае падения давления в линии рециркуляции. Это может быть связано с внезапным увеличением производительности или уменьшением расхода исходного продукта. Изменение противодействия в линии рециркуляции позволяет достигать плавного изменения влажности творога без остановки сепаратора и замены диаметра отверстий сопел.

Сепаратор Ж5-ОХ2-С предназначен для очистки сыворотки от молочного жира и белка. Он представляет собой тарельчатый разделитель, полузакрытый, с центробежной автоматической периодической выгрузкой осадка и непрерывным выводом очищенной сыворотки и жира.

Сепаратор состоит из станины с приводным механизмом, барабана, приемно-выводного устройства с манометром, тахометра, гидросистемы и электрического пульта, смонтированных на станине. В барабане сепаратора на тарелкодержателе установлен комбинированный пакет тарелок. В верхней части происходит разделение продукта на молочный жир и сыворотку, в нижней – сыворотка очищается от казеиновой пыли. Между верхней и нижней частями пакета установлена тарелка с широкой отбортовкой.

Сыворотка, поступающая в сепарирующее устройство по центральной трубке, направляется в нижнюю часть пакета тарелок. Поднимаясь по межтарелочным каналам, она очищается от казеиновой

пыли и поступает в канал, образованный отверстиями в тарелках верхней части пакета. В этой зоне происходит отделение молочного жира. Осветленная сыворотка и молочный жир выводятся через напорные устройства в трубопроводы, а казеиновая пыль оседает на периферии сепарирующего устройства и периодически удаляется через разгрузочные отверстия в приемник.

Сепаратор А1-ОС2-Б открытого типа с ручной выгрузкой осадка отличается от базового (Ж5-ОСБ) тем, что горловая опора пружинного типа заменена на опору с амортизатором из упругого полимерного материала. Эта замена способствует уменьшению вибраций при рабочем режиме работы сепаратора под нагрузкой, снижению уровня шума, повышению надежности и долговечности.

Сепаратор состоит из станины с приводным механизмом, барабана, приемно-выводного устройства и пульсатора. В станине, внутренняя часть которой является масляной ванной, смонтирован приводной механизм, состоящий из электродвигателя с фрикционно-центробежной муфтой, горизонтального и вертикального валов.

Для заливки и удаления масла имеются отверстия, закрываемые пробкой, для контроля уровня масла – смотровое стекло. Фрикционно-центробежная муфта предназначена для постепенной и плавной передачи вращения от электродвигателя на горизонтальный и вертикальные валы к барабану. Вертикальный вал вращается в верхнем радиальном и нижнем радиально-упорном подшипниках. Верхняя горловая опора выполнена упругой, что позволяет барабану сепаратора при разгоне и остановке плавно переходить критическое число оборотов и сохранять устойчивый, спокойный ход при рабочей частоте вращения. Частота вращения барабана контролируется с помощью пульсатора.

Барабан является исполнительным органом сепаратора, в котором цельное молоко разделяется на сливки и обезжиренное молоко. Приемно-выводное устройство состоит из приемников молока, сливок и обезжиренного молока.

Принцип работы сепаратора следующий. Молоко подается в приемник молока, далее через трубку поступает внутрь барабана, где по каналам тарелкодержателя попадает в вертикальные каналы пакета промежуточных тарелок и распределяется в межтарелочном пространстве. Под действием центробежной силы обезжиренное молоко как более тяжелая часть отбрасывается к периферии крышки барабана, а сливки направляются к оси барабана. Механические примеси, загрязняющие молоко, оседают в шламовом пространстве барабана. Поток обезжиренного молока под давлением проходит между наруж-

ной поверхностью разделительной тарелки и внутренней поверхностью крышки барабана и через отверстия в крышке выбрасывается в приемник. Сливки через каналы тарелкодержателя и регулировочный винт попадают в приемник сливок. Жирность сливок регулируется специальным винтом.

Сепаратор А1-ОЦР-5 (рис. 24, а) полузакрытого типа с центробежной периодической выгрузкой осадка. Он состоит из станины с приводом и тахометром, барабана, приемника осадка, крышки сепаратора, приемно-выводного устройства и гидроузла. Гидроузел состоит из подводящей коммуникации, распределителя буферной жидкости и сигнального устройства. Схема подключения гидросистемы представлена на (рис. 24, б).

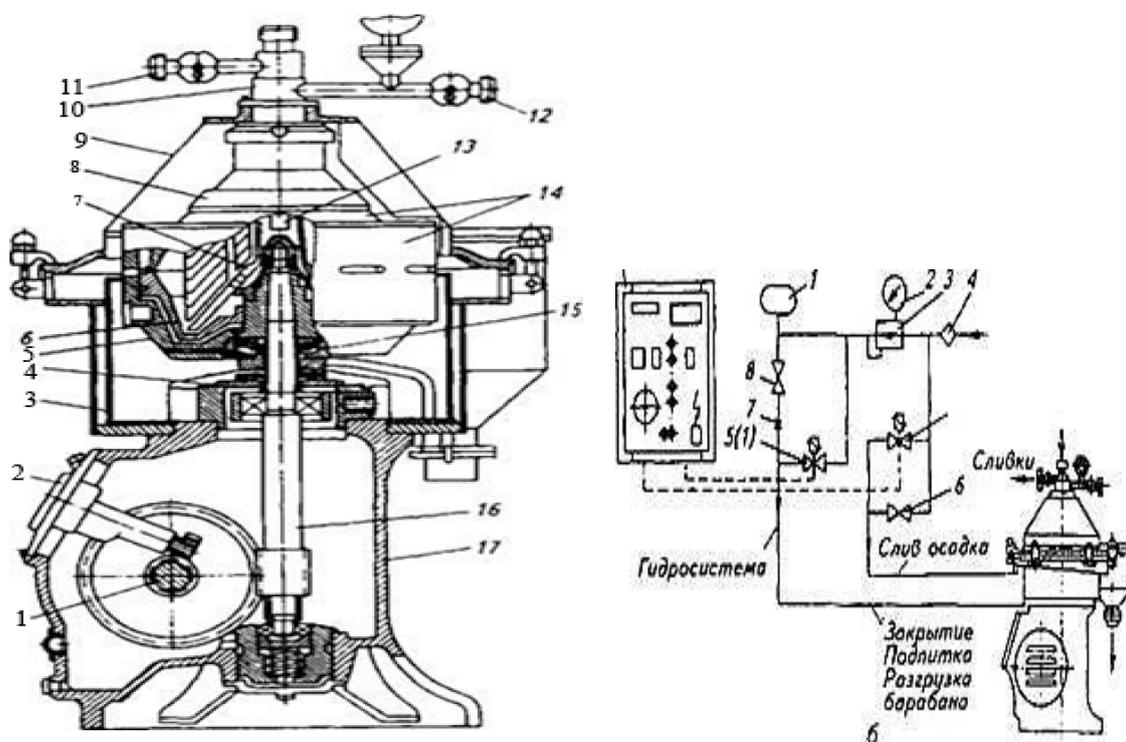


Рис. 24 Конструктивное исполнение саморазгружающегося сепаратора - сливкоотделителя марки А1 – ОЦР -5.

(а) – общий вид: 1 – горизонтальный вал; 2 – тахометр; 3 – приемник осадка; 4 – верхняя горловая опора; 5 – основание; 6 – поршень; 7 – тарелкодержатель; 8 – крышка барабана; 9 – крышка сепаратора; 10 – приемно-отводящее устройство; 11 – линия отвода сливок; 12 – линия отвода обезжиренного молока; 13 – питающая трубка; 14 – барабан; 15 – гидроузел; 16 – вертикальный вал; 17 – станина;

(б) – схема подключения гидросистемы: 1 – компенсационный бачок; 2 – манометр; 3 – редуктор; 4 – фильтр; 5(1), 5 (2) - электромагнитные вентили; 6, 8 – вентили; 7 – дроссель. [1,6]

В станине смонтированы все основные узлы привода: вертикальный и горизонтальный валы, тахометр и электродвигатель. На вертикальном валу (веретене) закреплен барабан. Вращение от электродвигателя к барабану передается через упругую муфту, соединяющую вал электродвигателя с горизонтальным валом. Винтовая шестерня, закрепленная на горизонтальном валу, передает вращение вертикальному валу, который вращается в верхнем сферическом двухрядном и нижнем радиально-упорном подшипниках.

Верхний подшипник установлен в обойме горловой опоры. Для предотвращения значительных радиальных колебаний в верхней опоре предусмотрены пружинные амортизаторы, равномерно поджимаемые шестью пробками.

Нижний радиально-упорный подшипник вставлен в стакан, запрессованный в нижнее гнездо станины, и опирается на пружину через упор.

Барабан состоит из основания, поршня, тарелкодержателя с пакетом тарелок, крышки, напорной камеры и большого затяжного кольца. В основании барабана размещено клапанное устройство для слива буферной воды из-под подвижного поршня при разгрузке барабана.

Приемник осадка закреплен на верхнем торце станины. В нем имеются штуцера для подвода и отвода буферной воды и форсуночное устройство для смыва осадка и его выгрузки из барабана.

Приемно-выводное устройство сепаратора состоит из питающей трубки и системы, включающей линии отвода обезжиренного молока и сливок, снабженные дросселями и пробными краниками. На линии отвода сливок установлен расходомер, обезжиренного молока - манометр.

Принцип работы сепаратора следующий. После набора барабаном полного числа оборотов на линии открывают кран подвода воды, и буферная вода из водопровода направляется в гидросистему сепаратора. Проходя через фильтр, она поступает в редуктор, после чего в системе устанавливается постоянное давление, контролируемое манометром. Буферная вода из гидросистемы через гидроузел попадает в полость под поршнем барабана, поршень перемещается вверх, перекрывая разгрузочные щели барабана. Рукоятку крана ставят в положение «Подпитка», после чего в гидросистему в небольшом количестве поступает вода для компенсации возможной утечки. Исходный продукт (молоко) по подводящему трубопроводу подается в барабан сепаратора, где происходит его очистка и разделение на сливки и обезжиренное молоко. Фракции поступают в камеры напорных дис-

ков и под давлением отводятся в производственные молоко — проводы. Грязевой осадок собирается в периферийной зоне корпуса барабана и автоматически удаляется.

Особенностью сепаратора А1-ОЦР-5 является возможность проведения частичной разгрузки барабана, при которой из него под действием центробежной силы удаляется лишь осадок, а молоко остается. Устройство сепаратора позволяет осуществить также и полную разгрузку барабана, которая неоднократно производится при его безразборной и циркулярной мойке. Предусмотрена как полная, так и частичная выгрузка осадка из барабана. Управление электромагнитными вентилями осуществляется с помощью электромеханического и двух электронных реле времени на электрическом пульте управления.

Аналогичное сепаратору А1-ОЦР-5 назначение и принцип работы имеет сепаратор-сливкоотделитель ОСЦП-3. Сепаратор, выполненный в нержавеющей стали, может работать в режиме нормализации молока после комплектации специальным приспособлением для нормализации молока по жирности. Управление работой сепаратора, разгрузкой и санитарной обработкой осуществляется автоматической системой.

### Методика проведения работы

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия сепаратора.
2. Определить геометрические параметры сепаратора.  
Все результаты измерений и расчетов занести в таблицу №18.

Таблица. 18 - Результаты измерений и расчетов

Максимальный радиус тарелки $R_{\text{б}}$ , м	
Минимальный радиус тарелки $R_{\text{м}}$ , м	
Высота тарелки $H$ , м;	
Высота пластинки (межтарелочный зазор) $h$ , м	
Высота барабана $H_{\text{б}}$ , м	
Объем барабана $V_{\text{расч}}$ , м <sup>3</sup> ;	
Максимальный наружный радиус барабана $R$ , м	

Производительность сепаратора рассчитывают по формуле

где:  $M$  – производительность, / с;  
 $\mu$  – вязкость плазмы, Па/с;  
 $\beta$  – коэффициент полезного действия ( $\beta=0,5-0,7$ );  
 $z$  – количество тарелок;  
 $n$  – частота вращения барабана,  
– плотность плазмы молока, кг/ ;  
– плотность жирового шарика, кг/ ;  
– максимальный радиус конической части тарелок, м;  
– радиус тарелок до центра молочных отверстий, м;  
– угол наклона тарелки;  
 $d$  – диаметр жирового шарика, м ( $d=1.3*$  ).

Для упрощения расчётов следует использовать следующую зависимость:

$$\text{---} = 2900t$$

где  $t$  – температура сепарирования, ( $t=35$ )  
Тангенс угла наклона тарелки равен:

$$\text{---}$$

где  $H$  – высота тарелки, м.

Разделяющий фактор (критерий Фруда) равен:

$$\text{---} \text{---}$$

где угловая скорость вращения барабана ( , рад/с.  
Мощность, потребляемая сепаратором равна

где  $N$  – мощность, кВт

$K$  – коэффициент ( $k=0,016-0,018$ )

– высота барабана, м

$R$  – максимальный наружный радиус барабана, м

### Вопросы для самопроверки

1. Классификация сепараторов по назначению и по конструкции приемно-отводящего устройства.
2. Устройство и назначение центробежных очистителей.
3. Принцип очистки молока в сепараторе.
4. Функциональная зависимость производительности сепаратора.

5. Каковы технологические особенности и правила эксплуатации центробежных очистителей?
6. Как работают очистители с центробежной выгрузкой осадка и какие средства автоматизации используются при работе?

### **Лабораторная работа № 5** **Изучение устройства и работы гомогенизатора**

#### **Цель работы:**

- изучить устройство и принцип действия промышленного и лабораторного гомогенизаторов;
- определить геометрические и кинематические параметры лабораторного гомогенизатора;
- составить кинематическую схему лабораторного гомогенизатора;
- расчетным и экспериментальным путем определить технологические параметры работы лабораторного гомогенизатора.

**Приборы и инструменты:** манометр, секундомер, термометр, штангенциркуль, линейка (рулетка), мерная емкость.

#### **Общие сведения**

Гомогенизация применяется для раздробления жировой фазы (шариков), входящей в состав молока и жидких молочных продуктов, при этом жировой шарик негомогенизированного молока, имеющий диаметр до 18 мкм, уменьшается в размере в среднем до 1 мкм. Вследствие гомогенизации улучшается качество продукта, поскольку не происходит самопроизвольного отстаивания жира при его хранении.

Консистенция продукта становится однородной, вследствие чего снижаются потери продукта на стенках тары, труб и аппаратов, увеличивается стойкость при его хранении. Кроме того, продукт имеющий мелкодисперсную жировую фазу, усваивается легче и полнее.

Кроме молока и сливок, гомогенизации подвергаются смеси мороженого. Для обработки более вязких продуктов, таких как сливочное масло и плавленые сыры, применяют гомогенизаторы - пластификаторы.

Принцип действия гомогенизаторов различен и основан на использовании центробежных сил, ультразвука и др., однако для обработки жидких молочных продуктов более эффективными являются гомогенизаторы *клапанного* типа (рис. 25) [1].

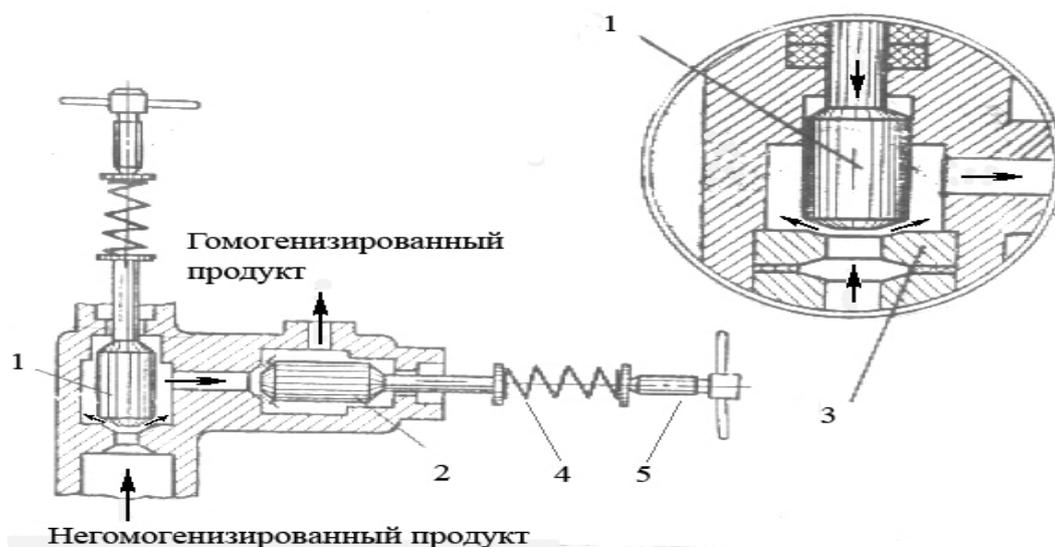


Рис. 25 - Схема гомогенизирующего устройства для двухступенчатой гомогенизации

1 –клапан первой ступени, 2 –клапан второй ступени, 3 –седло клапана, 4 –пружина, 5 – регулировочный винт. [1,6]

Сущность процесса гомогенизации заключается в следующем. Продукт с помощью плунжерного насоса нагнетается в сторону гомогенизирующего клапана 1, прижатого к седлу 3 регулировочным винтом 5 и пружиной 4. При достижении высокого давления 5–25 МПа, клапан 1 под напором молока отходит от седла 3, образуя узкую кольцевую щель. Жировые шарики, перемещаясь к ней, скорость движения, т.е. переходят из зоны относительно малых скоростей (в отверстиях седла клапана) в зону высоких (в щели).

Скорость движения потока увеличивается от нескольких метров секунду до сотен метров в секунду. При этом, каждый из шариков, попадая в щель вследствие резкого возрастания скорости, вытягивается в каплю эллипсоидной формы, а затем в нить и дробится (отрывается) на отдельные более мелкие жировые частицы, размер которых зависит от давления.

На качество гомогенизации также влияет температура молока, которая должна быть выше точки плавления молочного жира, т.е. более 28–36<sup>0</sup>С, но не более 65<sup>0</sup>С, т.к. при повышении температуры снижается вязкость молока и увеличивается отстаивание жира.

Для повышения эффективности процесса обычно используют двухступенчатую гомогенизацию.

## Устройство и принцип действия промышленного гомогенизатора

Промышленный гомогенизатор (рис. 26) представляют собой многоплунжерный насос высокого давления с гомогенизирующей головкой 5. Гомогенизатор состоит из станины 1 с приводом, кривошипно-шатунного механизма 3 с системой смазки 4 и охлаждения, плунжерного блока 7 с гомогенизирующей 8 и манометрической головками и предохранительным клапаном 6.

Привод гомогенизатора осуществляется от электродвигателя с помощью клиноременной передачи.

Кривошипно-шатунный механизм 3 гомогенизатора предназначен для преобразования вращательного движения, передаваемого клиноременной передачей от электродвигателя, в возвратно-поступательное движение плунжеров, которые посредством манжетных уплотнений входят в рабочие камеры плунжерного блока и, совершая всасывающие и нагнетательные ходы, создают в нем необходимое давление гомогенизирующей жидкости.

Кривошипно-шатунный механизм состоит из корпуса, коленчатого вала, установленного на двух конических роликоподшипниках; крышек подшипников; шатунов с крышками вкладышами; ползунов, шарнирно-соединенных с шатунами пальцев; стаканов; уплотнений, крышки корпуса и ведомого шкива, консольно закрепленного на конце коленчатого. Внутренняя полость корпуса кривошипно-шатунного механизма является масляной ванной. В задней стенке корпуса смонтированы маслоуказатель и сливная пробка.

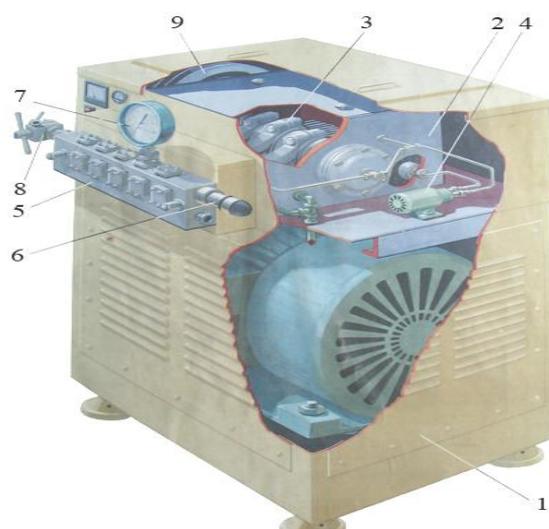


Рис. 26 Промышленный гомогенизатор

1 – станина, 2 – масляная ванна (картер), 3 – кривошипно-шатунный механизм, 4 – шестеренный масло насос, 5 – плунжерный блок, 6 – предохранительный клапан, 7 – манометр, 8 – гомогенизирующая головка, 9 – шкив ведомый.

В состав принудительной системы с мазки входят сетчатый фильтр, маслонасос 4 с индивидуальным приводом, распределительная коробка, предохранительный клапан и манометр для контроля масляной системе.

К корпусу кривошипно-шатунного механизма при помощи двух шпилек крепится плунжерный блок, который предназначен для всасывания продукта из подающей магистрали и нагнетания его под высоким давлением в гомогенизирующую головку.

Плунжерный блок 5 включает в себя блок, плунжеры, манжетные уплотнения, всасывающие и нагнетательные клапаны, седла клапанов, всасывающий штуцер и сетчатый фильтр. Последний установлен во всасывающем канале блока и защищает детали блока и гомогенизирующей головки 8 (клапаны и седла) от преждевременного износа и выхода из строя.

Гомогенизирующая головка 8, присоединенная к торцовой плоскости плунжерного блока, представляет собой две одноступенчатые головки аналогичной конструкции, соединенные вместе и связанные каналом, позволяющим продукту переходить последовательно от первой ступени ко второй. Каждая из ступеней двухступенчатой гомогенизирующей головки состоит из корпуса, клапана, нажимного устройства, включающего стакан, шток, пружину и нажимной винт с рукояткой.

Регулировка давления гомогенизации производится вращением винтов. При установлении режима гомогенизации продукта на первой ступени устанавливают  $3/4$  необходимого давления гомогенизации, а затем на второй ступени вращением нажимного винта повышают давление до рабочего.

На верхней плоскости плунжерного блока крепится манометрическая головка манометром 7, предназначенным для осуществления контроля давления гомогенизации, т.е. давления в нагнетательном коллекторе плунжерного блока. Манометрическая головка имеет дросселирующее устройство, дающее возможность эффективно уменьшить амплитуду колебания стрелки манометра. Манометрическая головка состоит из корпуса, иглы, уплотнения, гайки, поджимающей уплотнение, шайбы и манометра с мембранным разделителем. К торцовой плоскости плунжерного блока со стороны, противоположной креплению гомогенизирующей головки, крепится предохранительный клапан 6, который предотвращает повышение давления гомогенизации выше номинального.

Предохранительный клапан 6 состоит из винта, контргайки, пяты, пружины, клапана и седла клапана. На максимальное давление

гомогенизации предохранительный клапан настраивается вращением нажимного винта, который передает усилие нажатия на клапан посредством пружины.

Станина 1 представляет собой сварную конструкцию из швеллеров, обшитых листовой сталью. Станина устанавливается на четырех, регулируемых по высоте опорах. Боковые окна станины. Верхняя часть станины закрыта кожухом, предназначенным для ограждения механизмов от повреждений и придания гомогенизатору необходимой эстетической формы.

Молоко или молочный продукт подается при помощи всасывающий канал плунжерного блока. Из рабочей полости блока продукт под давлением подается через нагнетательный канал в гомогенизирующую головку и с большой скоростью проходит через кольцевой зазор, образующийся между притертыми поверхностями гомогенизирующего клапана и его седла. При этом происходит диспергирование жировой фазы продукта [7].

### **Устройство лабораторного гомогенизатора**

Лабораторный гомогенизатор (рис. 27) состоит из станины 1, представляющей собой металлическую плиту на четырех опорах, на которой расположены привод (двигатель 2 и червячный редуктор 3), плунжерный насос 4, плунжерный блок 5 и соединенная с ним одноступенчатая гомогенизирующая головка 6. Сверху плунжерного блока установлена воронка 7 для приема продукта, а снизу патрубков 8 для вывода гомогенизированного продукта. Плунжерный блок дополнительно оснащен манометром 9, необходимым для контроля за давлением гомогенизации, и предохранительным клапаном 10, обеспечивающим защиту блока от чрезмерного повышения давления, вследствие попадания в гомогенизирующую головку посторонних твердых частиц, блокирующих дальнейшее продвижение продукта. В этом случае продукт, отжимая под пружиненную пята в предохранительном клапане, выходит наружу через образовавшийся в нем проход. Общий вид лабораторного гомогенизатора (рис. 28).

Плунжерный насос (рис. 29) имеет один толкатель 4, приводимый в движение с помощью кривошипно-шатунного механизма 1, 2, расположенного в масляной ванне-картере. Для обильной смазки трущихся частей предусмотрен дисковый разбрызгиватель масла 3.

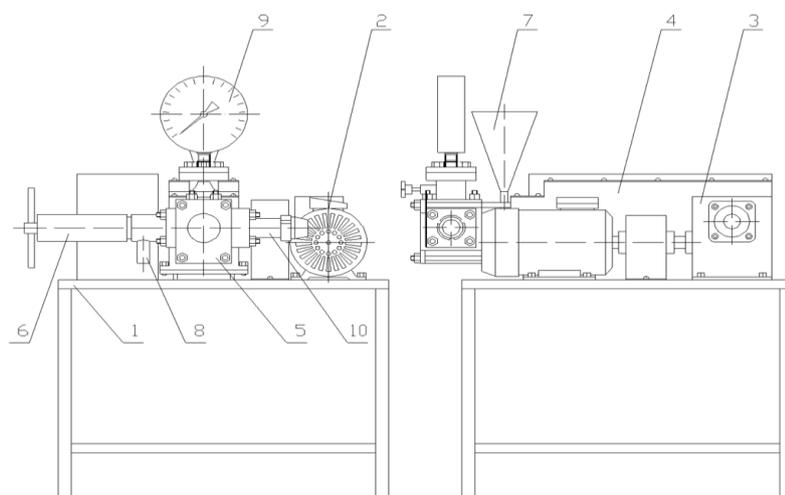


Рис. 27 Лабораторный гомогенизатор

1 – станина, 2 – электродвигатель, 3 – червячный редуктор, 4 – плунжерный насос, 5 – плунжерный блок, 6 - гомогенизирующая головка, 7 – приемная воронка, 8 – патрубок для вывода продукта, 9 – манометр, 10 – предохранительный клапан. [1]



Рис. 28 Общий вид лабораторного гомогенизатора.

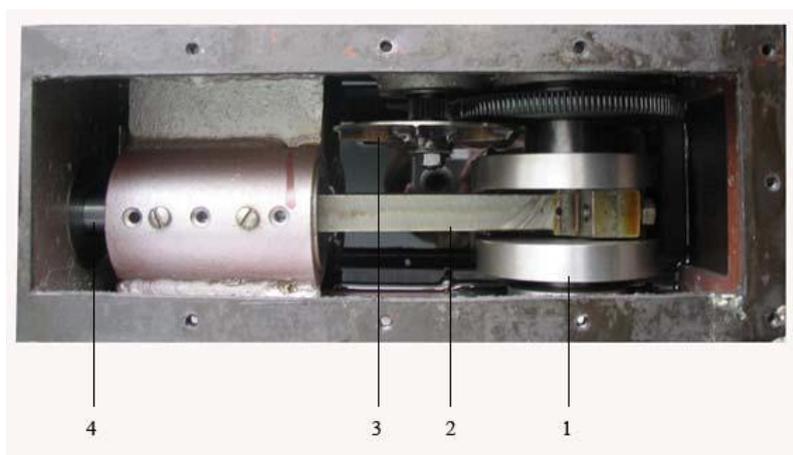


Рис. 29 Плунжерный насос (вид сверху)

1 – кривошип, 2 – шатун, 3 – разбрызгиватель масла, 4 – толкатель.

Гомогенизирующая головка (рис. 30) состоит из седла клапана 1, клапана 2, штока 4, пружины 5 и винта 6 для регулирования давления гомогенизации путем сжатия пружины.

При сборке гомогенизирующей головки пружина 5 полностью входит в цилиндрический корпус регулировочного винта 6, а клапан 2 своей конической поверхностью полностью размещается во внутренней конической расточке седла 1 (рис. 30 а). При этом шток 4, поджимаемый пружиной 5, свободным концом упирается в торцевую поверхность клапана 2, обеспечивая тесный контакт последнего с седлом 1. Нагнетание продукта происходит через внутреннее отверстие седла клапана 2 (рис.30 а).



Рис.30 Гомогенизирующая головка в разобранном виде: 1 – седло клапана, 2 – клапан, 3 – выходной патрубок, 4 – шток, 5 – пружина, 6 – регулировочный винт.

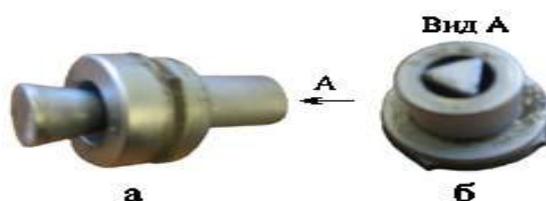


Рис.30 а Размещение клапана.

### Методика проведения работы

1. Перед включением гомогенизатора следует:
  - убедиться в отсутствии на нем посторонних предметов, а в приемном устройстве (воронке) – какой-либо жидкости;
  - убедиться в наличии под выходным патрубком емкости для приема жидкости;
  - проверить наличие масла в картере плунжерного насоса;

- измерить диаметр плунжера;
  - разобрать запасную гомогенизирующую головку и выполнить сборочный чертеж с указанием необходимых размеров;
  - выполнить кинематическую схему гомогенизатора.
2. Произвести пробное (вхолостую) включение гомогенизатора и убедиться в отсутствии посторонних звуков, в противном случае следует выключить гомогенизатор и обратиться к ведущему преподавателю или учебному мастеру.
  3. С помощью мерной линейки и секундомера определить длину хода плунжера и частоту вращения кривошипа.
  4. Затянуть винт гомогенизирующей головки и заполнить воронку гомогенизатора модельной жидкостью (эмульсией).
  5. Довести давление гомогенизации путем регулировки винтом до величины, указанной преподавателем.
  6. По окончании регулировки давления гомогенизации дождаться полного истечения жидкости из воронки и выключить гомогенизатор.
  7. Залить в мерную емкость модельную жидкость в количестве, заданном преподавателем.
  8. Измерить начальную температуру жидкости.
  9. Одновременно включить гомогенизатор и секундомер.
  10. При полном истечении жидкости из воронки одновременно выключить гомогенизатор и секундомер.
  11. Измерить конечную температуру жидкости.
  12. Повторить 2 раза аналогичные измерения при других значениях давления гомогенизации, заданных преподавателем.
- Все результаты измерений и расчетов занести в таблицы 19 и 20.

Таблица 19 Результаты измерений и расчетов

Диаметр плунжера, мм	
Ход плунжера, мм	
Частота вращения кривошипа, с <sup>-1</sup>	
Электродвигатель тип - мощность, кВт	
Габариты гомогенизатора, мм: -длина - ширина - высота	

Таблица 20 Результаты измерений и расчетов

Параметры	Номер измерений		
	1	2	3
Объем жидкости, л			
Температура жидкости до гомогенизации, °С			
Давление гомогенизации Р, МПа			
Длительность гомогенизации, с			
Температура жидкости после гомогенизации $t_r$ , °С			
Действительная производительность, л/ч			

### Обработка полученных данных

Теоретическая производительность гомогенизатора равна:

$$M = 60fS n z \eta,$$

где  $M$  – производительность плунжерного насоса, м<sup>3</sup>/ч;

$f$  – площадь сечения плунжера, м<sup>2</sup>;

$S$  – ход плунжера, м;

$n$  – число оборотов коленчатого вала в минуту;

$z$  – количество плунжеров;

$\eta$  – объемный к.п.д. насоса ( $\eta = 0,8$ ).

Повышение температуры продукта можно определить по формуле:

—

где  $\Delta t$  – повышение температуры продукта, °С;

$P$  – давление гомогенизации, Па;

$\rho$  – плотность продукта, 1031 кг/м<sup>3</sup>;

$c$  – удельная теплоемкость продукта,  $c = 3885$  Дж/(кг °С).

Мощность, необходимая для гомогенизации молока, равна:

—

где  $N$  – мощность, Вт

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

По полученным данным следует построить график зависимости температуры гомогенизируемой жидкости  $t$  от давления гомогенизации  $P$ .

## **Вопросы для самопроверки**

1. Назначение гомогенизации.
2. Сущность процесса гомогенизации.
3. Объекты гомогенизации.
4. Устройство и принцип действия клапанного гомогенизатора.
5. Основы расчета клапанных гомогенизаторов.

## **Лабораторная работа № 6**

### **Изучение устройства и работы пластинчатых пастеризационно-охладительных установок**

В арсенале любого пищевого предприятия должна быть пластинчатая пастеризационно-охладительная установка. Эта установка используется для пастеризации и охлаждения молока, смесей для производства кисломолочных продуктов и других жидких продуктов. Этот процесс проходит в тонкослойном непрерывном потоке. Процесс автоматически контролируется, и, в результате, обеспечиваются санитарно-гигиенические требования к продукту.

Молоко является одним из наиболее полезных продуктов. Свежее молоко отличается особенными свойствами, но у него слишком короткий срок хранения. И чтобы увеличить его срок хранения, необходимо проводить специальную обработку. Процесс, проводимый в пластинчатой пастеризационно-охладительной установке, избавляет молоко от вредных бактерий и микроорганизмов. Эффективность пастеризации определяют температура и продолжительность нагревания продукта.

Существует несколько видов пластинчатых пастеризационно-охладительных установок. Установки типа ОПУ используют для пастеризации молока и сливок. Тип ОКЛ-3 предназначен для быстрого нагревания и пастеризации молока питьевого и молока для производства кисломолочных продуктов. Ее производительность 3000 литров в час. Выдержка от 25 до 400 секунд. Тип ОКЛ-5 – производительность 5000 литров в час с такой же выдержкой. ОКЛ-10 производит 10000 литров в час, и ОКЛ-15 – 15000 литров в час. Установки А1-ОЛО-2, ОП1-У1, ОП1-У2 применяют для пастеризации сливок и смесей мороженого; А1-ОПЯ-2,5 – для пастеризации смесей мороженого.

Пастеризационные установки бывают пластинчатого и трубчатого типов. Пастеризационные установки пластинчатого типа, или пастеризационно-охладительные, предназначены для пастеризации и охлаждения в потоке питьевого молока, молока при выработке ки-

сломоочных продуктов, сливок и смеси мороженого, пастеризационные установки трубчатого типа – для пастеризации в потоке молока и сливок [2,3,5].

### **Монтаж автоматизированных пастеризационно-охладительных установок для молока и жидких молочных продуктов**

В этих установках пастеризация, выдержка и охлаждение продукта осуществляются в непрерывном потоке при полной автоматизации технологического процесса, с использованием тепла регенерации. Эти установки широко применяются в молочной промышленности. Принцип работы их одинаков, но в зависимости от температуры пастеризации и вида обрабатываемого продукта они имеют некоторые конструктивные особенности.

В установки этой группы ОПУ-3М и ОПУ-5М (рис. 31) входит следующее основное оборудование: пластинчатый пастеризатор-охладитель, уравнильный бак с поплавком, насос для молока, регулятор равномерности потока, два сепаратора-молокоочистителя, автоматический клапан отвода недопастеризованного молока, бойлер для нагрева воды, паровой инжектор для нагрева воды, насос для горячей воды и пульт управления с выдерживателем. Кроме того, установки комплектуют трубопроводами для пара и рассола с регуляторами давления и расхода.

Установки рассматриваемой группы работают в режиме автоматического регулирования технологического процесса, однако они могут работать и в режиме ручного регулирования. Установки ОПУ поставляют в деревянных ящиках.

Оборудование к месту монтажа целесообразно доставлять в заводской упаковке. С особой осторожностью следует транспортировать пульт управления и пастеризатор, оберегая их от толчков и ударов. Распаковку пульта управления необходимо выполнять аккуратно, чтобы не задеть выступающие над обшивкой и установленные снаружи приборы.

Нельзя также отсоединять контрольно-измерительные приборы или перегибать капиллярные трубки, так как это неизбежно приведет к повреждению системы автоматизации.

Пластинчатый пастеризатор-охладитель, имеющий значительную массу, в ряде случаев удобно доставлять к месту монтажа со снятыми теплообменными пластинами и промежуточными плитами.

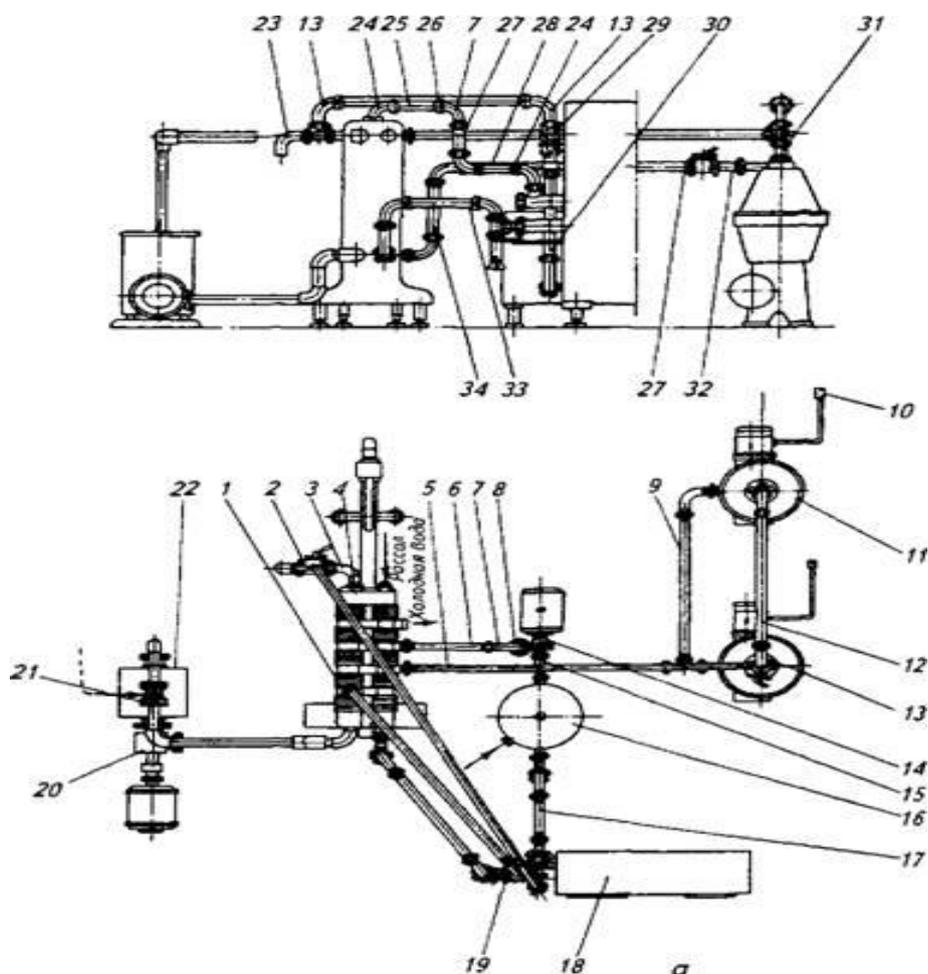


Рис. 31 Монтажные схемы пастеризационно-охладительных установок ОПУ-3М и ОПУ-5М.

1- пастеризатор; 2 - кран трехходовой; 3, 7, 13, 23, 24 - угольники; 4 - оправа; 5, 6, 9, 12, 15, 17, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34 - участки молокопровода; 8 - регулятор равномерности потока; 10- кнопка управления; 11 – молокоочиститель; 14 - насос для молока; 16 - уравнивательный бак; 18- пульт управления; 19 - выдерживатель; 20 - насос для воды; 21 - инжектор; 22 - бойлер; 23 - автоматический отводной клапан.(б)

Для снятия пластин и промежуточных плит отвинчивают нажимные гайки до полного освобождения распорных втулок, которые снимают затем с нижней и верхней штанг.

Гайки отворачивают постепенно, поочередно на нижней и верхней штангах, чтобы не допустить перекоса пластин и промежуточных плит. Затем отодвигают нажимную плиту в сторону распорной стойки, наклоняют первую теплообменную пластину секции рассольного охлаждения под некоторым углом к вертикальному положению, чтобы она отошла от нижней штанги и, поворачивая ее в сторону, снимают с верхней штанги. Таким же образом снимают последующие пластины. Снятые пластины перевозят на тележке, уложив

под них гладкий деревянный щит, габариты которого несколько больше самих пластин.

Все оборудование, входящее в установку типа ОПУ, за исключением сепараторов-молокоочистителей и водяных насосов, устанавливают на чистом полу без фундаментов. Монтаж оборудования начинают с установки на фундаменты сепараторов-молокоочистителей.

Перед окончательной затяжкой фундаментных болтов и подливкой их монтируют трубопроводы, соединяющие сепараторы – молокоочистители. Установив молокоочистители, разбивают монтажные оси пастеризатора, уравнивательного бака с насосом и бойлера с насосом и приступают к их установке. При установке всего этого оборудования следует иметь в виду, что в комплект поставки пастеризационных установок входят трубопроводы, изготовленные на заводе в виде отдельных законченных участков определенной длины. Поэтому взаимное расположение оборудования, входящего в комплект установки, должно быть выдержано очень точно. Целесообразно сначала предварительно установить оборудование, а окончательную выверку его и регулировку пространственного

Расположения отдельных аппаратов производить одновременно с монтажом трубопроводов, соединяющих отдельные аппараты установки.

Окончательную установку оборудования начинают с пастеризатора-охлаждителя. В первую очередь монтируют теплообменные пластины, снятые при транспортировке аппарата к месту монтажа. Перед установкой пластины протирают и промывают теплым содовым раствором. Штанги протирают тканью, пропитанной техническим вазелином, а резьбу смазывают.

Теплообменные пластины перед установкой осматривают, проверяя состояние резиновых уплотнительных прокладок и поверхностей, а также кромок самих пластин. Затем пластины устанавливают на место. При установке пластин очень важно расположить их в порядке, так как при неправильном положении пластин нарушаются потоки продукта и теплоносителей.

При установке пластин руководствуются выбитыми на них порядковыми номерами и схемами компоновки пластин, на которых указаны те же номера. В зависимости от наличия и расположения сквозных отверстий на углах пластин в секциях создаются пакеты пластин - группы пластин с одинаковым направлением потока жидкости. Устанавливать, передвигать пластины, а также промежуточные и нажимные плиты следует вдвоем, стоя по обе стороны пастеризатора

и передвигая пластины и плиты в сторону стойки, не допуская перекоса их между штангами.

После установки всех пластин и плит на штанги укладывают распорные втулки и завинчивают гайки до совпадения контрольных стрелок на распорных втулках с центром вертикальной распорной стойки. После сборки пастеризатора-охладителя устанавливают трубопроводы, соединяющие его с молокоочистителями, не затягивая окончательно накидные гайки на соединениях трубопроводов. Трубопровод, по которому подается молоко, присоединяют к молокоочистителю.

Положение пастеризатора-охладителя выверяют по уровню, укладываемому на нижнюю штангу, с помощью регулируемых винтовых опорных ножек. Одновременно с регулированием положения аппарата проверяют положение трубопроводов и окончательно затягивают накидные гайки с уплотнительными прокладками. После выверки пастеризатор-охладитель должен быть расположен горизонтально (с точностью 0,5 мм на 1 м длины аппарата), а трубопроводы, соединяющие его с молокоочистителями, должны иметь окончательно собранные уплотнения.

Затем устанавливают уравнивательный бак и молочный насос и соединяют всасывающий патрубок насоса с баком. После этого устанавливают пульт управления и монтируют трубопроводы, соединяющие пастеризатор-охладитель с насосом и с пультом управления, а также пульт с уравнивательным баком. Накидные гайки на трубопроводах полностью не затягивают. Регулятор равномерности потока устанавливают на напорном трубопроводе молочного насоса.

Положение уравнивательного бака выверяют по уровню, укладываемому на линейку, устанавливаемую в двух взаимно перпендикулярных направлениях на верхнюю кромку бака при снятой крышке. Пульт управления выверяют также, устанавливая линейку с уровнем на верхнюю плоскость кожуха пульта. Положение пульта и бака регулируют винтами опорных ножек. При регулировке положения бака одновременно регулируют положение насоса для молока, также имеющего винтовые опорные ножки. Одновременно с выверкой и регулированием насоса, бака и пульта проверяют положение присоединенных к ним трубопроводов.

В результате выверки оси всего оборудования должны быть расположены горизонтально (отклонение не более 0,5 мм на 1 м длины или диаметра), а трубопроводы для молока должны иметь полностью затянутые соединения. Если при сборке соединений трубопроводов обнаружится, что отдельные участки их слишком длинны, или

наоборот - коротки, то это означает, что взаимное расположение оборудования выдержано неточно. Бойлер для подогревания воды и водяной насос устанавливают в последнюю очередь, выверяя положение их по отношению к пастеризатору-охладителю.

После установки и выверки оборудования и трубопроводов для молока, комплектующих установку, приступают к монтажу внешних трубопроводов для молока, а также трубопроводов для воды, пара и рассола. В первую очередь устанавливают узлы обвязки регулирующих клапанов для пара и рассола. Эти узлы устанавливают по возможности вблизи вводов для подачи пара и рассола, чтобы они не затрудняли обслуживания установки. Трубопровод для пара от узла регулятора давления пара подключают к инжектору. Инжектор устанавливают на прямом участке трубопровода. При этом расстояние от ближайших отводов с обеих сторон должно быть не менее 600 мм. Напорный трубопровод от узла регулятора расхода рассола подключают к пастеризатору-охладителю так, чтобы трубопровод не затруднял разборку пастеризатора [6].

Пастеризационно-охладительная установка ОПУ-10 представлена на рисунке 32.

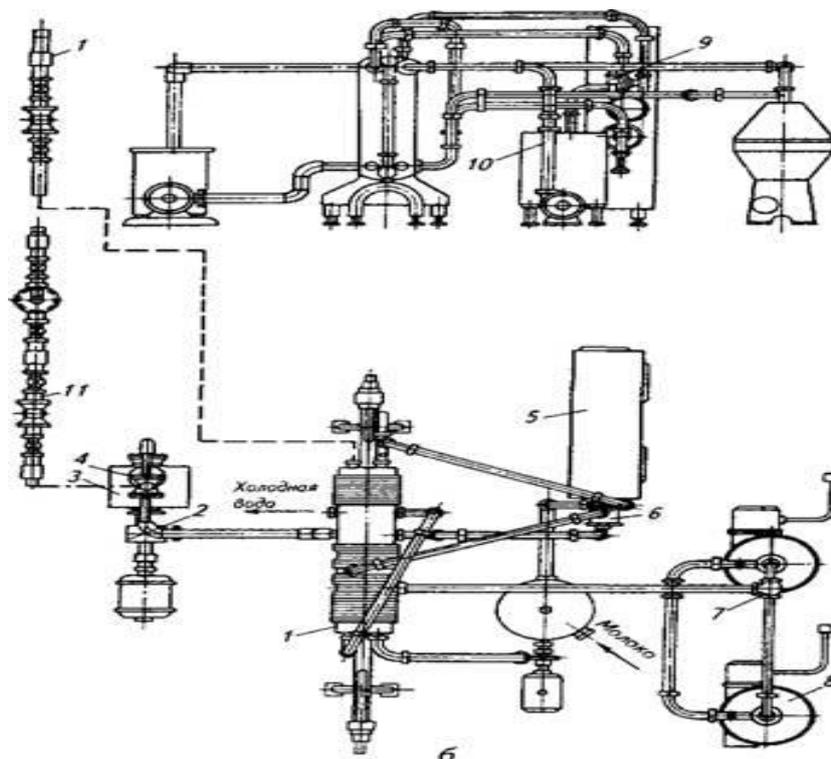


Рис.32 Пастеризационно-охладительная установка ОПУ-10

1- пастеризатор; 2 - насос для воды; 3 - бойлер; 4 - инжектор; 5 - пульт управления; 6 - выдерживатель; 7 - трехходовой кран; 8 - сепаратор - молокоочиститель; 9 - автоматический отводной клапан; 10 - регулятор равномерности потока; 11- обвязка регулятора давления и регулирующего клапана на паропроводе; 12 - обвязка регулирующего клапана на рассольном трубопроводе.

В состав пастеризационно-охладительной установки, используемой при производстве питьевого молока (рис. 33), входят уравнительный бак, центробежные насосы для горячей воды и молока, пластинчатый аппарат, сепаратор-молокоочиститель, выдерживатель, возвратный клапан, система нагрева и пульт управления.

Принцип работы: Исходное молоко поступает в приемный бак, в котором происходит поддержание молока на определенном уровне. Из приемного бака продукт поступает в первую из трех секций регенерации пластинчатого теплообменника, где происходит его подогрев противотоком продукта, прошедшего пастеризацию и имеющего более высокую температуру.

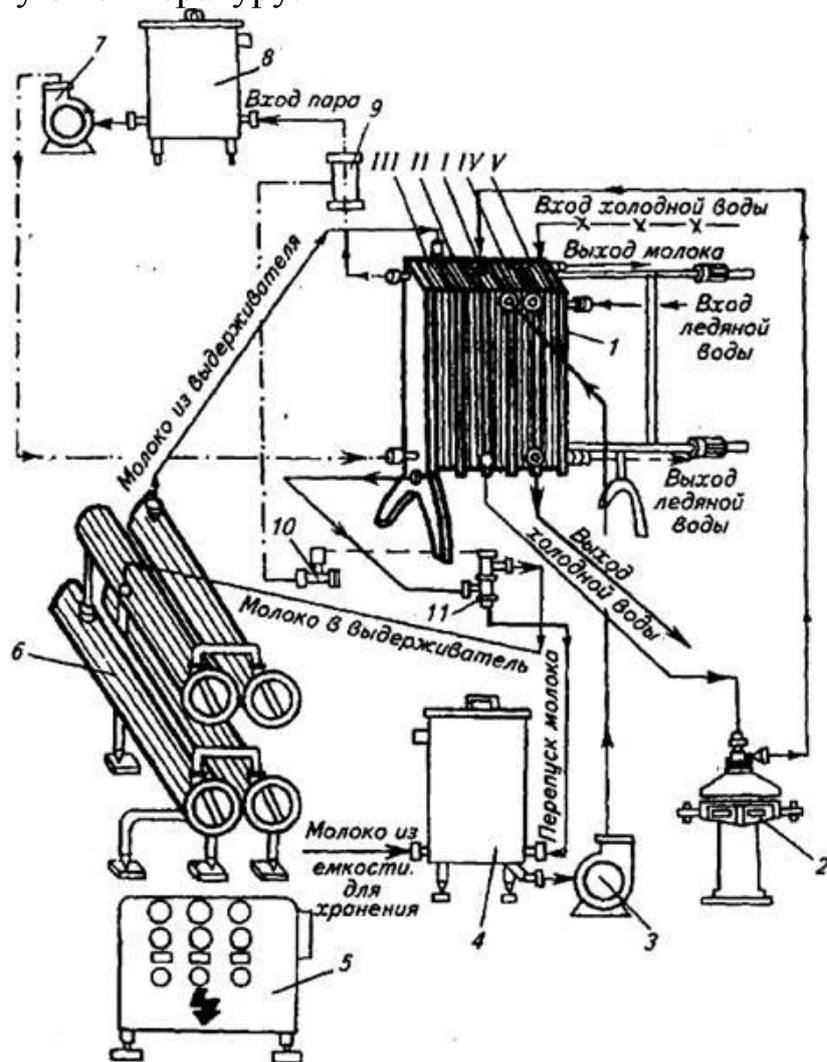


Рис. 33 Схема пластинчатой пастеризационно-охладительной установки типа ОПФ

1 - пластинчатый аппарат, 2 - сепаратор-молокоочиститель, 3 - молочный насос, 4 - уравнительный бак, 5 - пульт управления, 6 - выдерживатель, 7 - водяной насос, 8 - конвекционный бак, 9 - инжектор, 10 - клапан, регулирующий подачу пара, 11 - перепускной электрогидравлический клапан.

Далее в зависимости от технологической необходимости продукт может подаваться на сепаратор или бактофугу (обычно при температуре 40–45 °С), либо непосредственно в следующую секцию для дальнейшего подогрева. После второй секции регенерации продукт может подаваться на гомогенизатор (обычно при температуре 65–70 °С) либо в последнюю секцию регенерации. Направление продукта на сепаратор или гомогенизатор, либо в обход, определяется положением дисковых затворов с пневмоприводом.

Пройдя регенерацию, продукт подается в секцию пастеризации, где нагревается до температуры пастеризации горячей водой. На выходе из секции пастеризации установлено термосопротивление, за которым следует возвратный седельный клапан, положение которого определяется температурой продукта. Если температура продукта на выходе из секции пастеризации ниже заданной, то клапан направляет поток обратно в приемный бак, после которого недогретый продукт повторяет весь вышеописанный цикл.

Если температура продукта соответствует заданной температуре пастеризации, то молоко поступает на выдержку. После выдерживателя продукт поступает последовательно во все секции регенерации, где охлаждается встречным потоком молока из приемного бака.

Далее продукт поступает в секцию охлаждения пластинчатого теплообменника, где охлаждается до заданной температуры встречным потоком хладагента (ледяная вода, рассол, пропиленгликоль). В вариантном исполнении секция охлаждения может использоваться и как секция подогрева.

Технологические параметры автоматически регулируются, регистрируются и контролируются. В случае нарушения заданного режима пастеризации молоко направляется на повторную пастеризацию. С переключением клапана на возврат срабатывает звуковая и световая сигнализация, извещающие о нарушении заданного температурного режима обработки молока.

Пластинчатые пастеризационно-охладительные установки по сравнению с другими типами тепловых аппаратов имеют ряд преимуществ:

- малая рабочая вместимость, что позволяет приборам автоматики более точно отслеживать ход технологического процесса (в пластинчатой установке рабочая вместимость в три раза меньше, чем у трубчатой такой же производительности);
- способность работать достаточно эффективно при минимальном тепловом напоре; минимальные теплопритоки и потери теплоты и холода (тепловая изоляция обычно не требуется);

- существенная экономия (80-90%) теплоты в секциях регенерации (удельный расход пара в пластинчатых установках в 2,3 раза меньше, чем в трубчатых, и в 4,5 раз, чем в емкостных теплообменниках);
- малая установочная площадь (пластинчатая установка занимает примерно в 4 раза меньшую поверхность, чем трубчатая аналогичной производительности); возможность менять число пластин в каждой секции, что позволяет адаптировать теплообменный аппарат к конкретному технологическому процессу;
- возможность без разборной циркуляционной мойки аппаратуры [2,3,5].

Для удаления нежелательных запахов и привкусов применяют установки для вакуум-термической обработки молока. Эти устройства называют дезодораторами (рис. 34).

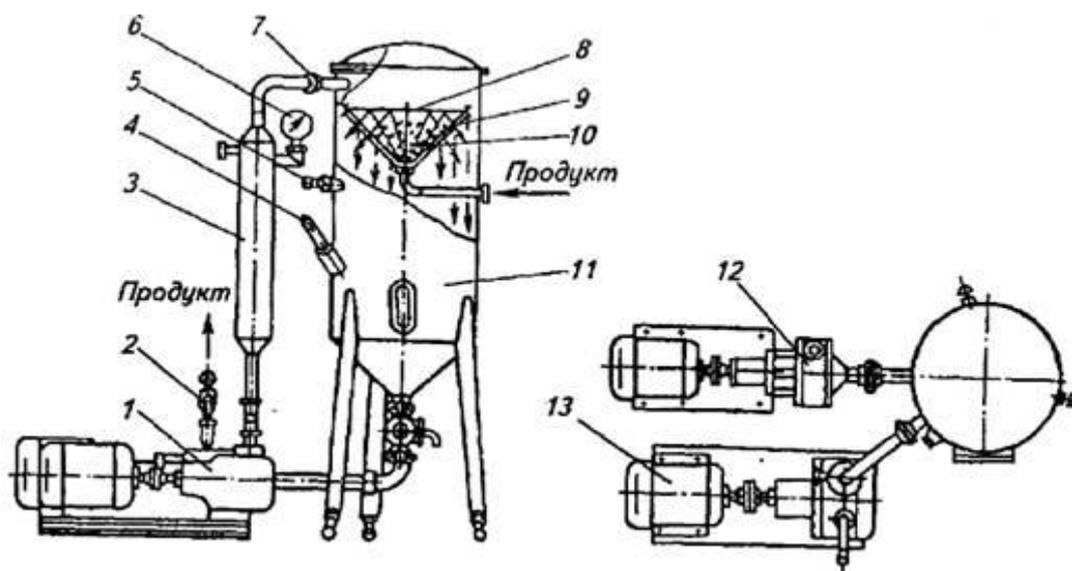


Рис. 34 Вакуум-термическая установка

1- вакуум-насос, 2- обратный клапан, 3- конденсатор 4- термометр, 5- воздушный клапан, 6- вакуумметр, 7- обратный клапан, 8- крышка-отражатель, 9- перфорированная камера, 10- шарообразные тела, 11- вакуум-камера, 12- насос для продукта, 13- электродвигатель. [5]

Они представляют собой емкости цилиндрической формы, их устанавливают между выдерживателем и секцией пастеризации.

Дезодораторы бывают с инъекцией острого пара в продукт при атмосферном давлении и вакуумные.

В первом случае продукт перед поступлением в дезодоратор смешивается с очищенным острым паром, в результате чего улучшается степень его дезодорирования.

В вакуумных дезодораторах предварительно нагретый продукт поступает в перфорированную камеру с отражателем. В вакуум-камере поддерживается разрежение (50...60 кПа), и поэтому продукт вскипает. Вторичный пар и выделившиеся газы удаляются из камеры с помощью эжекторного конденсатора. Продукт откачивается специальным насосом. Такую установку можно применять как самостоятельно, так и в комплектах технологического оборудования [3,5].

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какие установки для термической обработки сырья используются при производстве продуктов?
2. В каких случаях используются пластинчатые пастеризационно-охладительные установки?
3. Назначение, устройство и принцип работы пастеризационно-охладительных установок, назначение отдельных секций.
4. Что влияет на производительность пластинчатых пастеризационно-охладительных установок?
5. Каковы основные правила технической эксплуатации оборудования для тепловой обработки?

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Лаборатория факультета ПБИ

Учебная группа \_\_\_\_\_

Ф.И.О. студентов \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ Г

**О Т Ч Е Т**  
по лабораторной работе

\_\_\_\_\_

(наименование работы)

\_\_\_\_\_

Перечень используемого оборудования и приборов, сырья

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**З а д а н и е**

## Полученные результаты работы

Работу выполнил  
«   » \_\_\_\_\_ Г  
(подпись)

Работу принял  
«   » \_\_\_\_\_ Г  
(подпись)

## ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

### а) основная литература:

1. А.А. Брусенцев Технологическое оборудование отрасли: Учеб. - метод. пособие. – СПб. НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 50 с.
2. В.Д. Сурков. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. – М.: ЕЕ Медиа, 2012. – 552 с.
3. В.А. Шаршунов, И.М. Кирик. Технологическое оборудование мясоперерабатывающих производств. - Минск. Мисанта, 2012. – 960 с.
4. С.А. Бредихин. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. – М.: Колосс, 2010. – 408 с.
5. В.И. Ивашов. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Учебное пособие. – СПб. ГИОРД, 2010. - 736 с.

### б) дополнительная литература:

6. Илюхин В.В., Тамбовцев И.М. Монтаж, наладка, диагностика и ремонт оборудования предприятий мясной промышленности СПб.: ГИОРД, 2005. — 456 с.
7. Данзанов В.Д. Лабораторный практикум по курсу технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. –ВСТГУ, 2007. – 91 с.
8. П.Л. Лисин, К.К. Полянский, П.А. Миллер. Технологическое оборудование для тепловой обработки молока и молочных продуктов. – СПб. ГИОРД, 2009. – 136 с.
9. С.Г. Антипов, И.Т. Кротов, А.Н. Остриков, В.А. Панфилов, О.А. Ураков; /Под ред. В.А. Панфилова/. Машины и аппараты пищевых производств. – М.: Высш. школ. 2001. – Ч. 1. –703 с.; Ч. 2. – 680 с.
10. Ю.Н. Кузьмин и др. Отраслевой каталог. Оборудование технологическое для молочной промышленности. – М.: ЦНИИТЭИлегпищемаш,1987. -701с.
11. Тамбаев Н.И. Справочник по оборудованию предприятий молочной промышленности. – М.: Пищ. пром-сть, 1972. – 544 с.
12. Журналы «Пищевая промышленность», «Молочная промышленность», «Хранение и переработка сельхозсырья», «DairyScience», «DairyResearch», «Microbiology», «Nahrung».

### в) программное обеспечение, Интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы:

13. Научная электронная библиотека: <http://elibrary.ru>; Библиотека. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru>.
14. Российская электронная библиотека: [http //www.elbib.ru](http://www.elbib.ru); <http://www.milkbranch.ru/publ/view/118.html>
15. <http://www.fileswat.com>.

## Содержание

Введение .....	3
Цели освоения дисциплины.....	3
Структура и содержание дисциплины.....	4
Организация самостоятельной работы студентов.....	7
Содержание дисциплины.....	9
Варианты заданий к контрольной работе.....	16
Лабораторные работы.....	17
Лабораторная работа № 1. Изучение работы счетчика-расходомера РМ-5-П .....	18
Лабораторная работа № 2 Изучение работы сырной ванны ....	22
Лабораторная работа № 3 Изучение конструкции резервуара биотехнологического назначения.....	26
Лабораторная работа №4 Изучение конструкции сепаратора – сливкоотделителя ОСП-3М.....	39
Лабораторная работа № 5 Изучение устройства и работы гомогенизатора.....	69
Лабораторная работа № 6 Изучение устройства и работы пластинчатых пастеризационно-охладительных установок.....	78
Приложение 1.....	88
Литературные источники.....	90

Арсеньева Тамара Павловна  
Брусенцев Анатолий Анатольевич  
Яковченко Наталья Владимировна

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

**Учебно-методическое пособие**

В авторской редакции  
Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО  
Зав. РИО            Н.Ф. Гусарова  
Подписано к печати  
Заказ №  
Тираж  
Отпечатано на ризографе

**Редакционно-издательский отдел**  
**Университета ИТМО**  
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49