

ФГОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Кафедра технологического оборудования животноводства  
и перерабатывающих производств

# ***Рабочая тетрадь***

***для аудиторных и самостоятельных работ  
по процессам и аппаратам***

для студентов, проходящих подготовку по направлению 260800 –  
*«Технология продукции и организация общественного питания»*  
(уровень бакалавриата)

## **Часть I**

Студент группы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Ф.И.О.

Брянск 2015

УДК 664(07)  
ББК 36.81  
Ч 30

Чащинов В.И. Рабочая тетрадь для аудиторных и самостоятельных работ по процессам и аппаратам для студентов, проходящих подготовку по направлению 260800 – «*Технология продукции и организация общественного питания*». **Часть I.** / В.И. Чащинов, И.Г. Свиридов. – Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2015. - 88 с.

Рецензент:

Купреенко А.И. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой ТОЖиПП Брянской государственной сельскохозяйственной академии.

*Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического факультета от 16 июня 2015 года, протокол № 9.*

© Брянский ГАУ, 2015  
© В.И. Чащинов, 2015  
© И.Г. Свиридов, 2015

## *Предисловие*

Предлагаемая рабочая тетрадь рассчитана на использовании студентами с направлением 260800 – «Технология продукции и организация общественного питания» (уровень бакалавриата).

Настоящая рабочая тетрадь и содержит краткие методические указания по лабораторным и самостоятельным работам и составлена в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Рабочая тетрадь призвана лучше организовать и облегчить самостоятельную работу по освоению дисциплины. Кроме методических указаний, которые, по существу, являются инструкцией-заданием для самостоятельной работы студентов, в тетради приведены тестовые контрольные вопросы, которые используются для предварительного самоконтроля степени готовности студента к защите работы и непосредственно при защите работы.

Раздел «Отчет по работе» определяет конкретные требования к его содержанию, а приведенные в нем рисунки и заготовки таблиц позволяют существенно сократить время на составление отчета и больше внимания уделить творческой содержательной работе по изучаемым вопросам.

При работе над темами рекомендуется следующая литература:

1. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. – М.: Колос, 2008.
2. Плаксин Ю.М. и др. Процессы и аппараты пищевых производств – М.: Агропромиздат, 2008.
3. Процессы и аппараты пищевых производств./под ред. А.Н. Острикова. – Санкт-Петербург: «ГИОРД», 2012.
4. Чащинов В.И. Процессы и аппараты. Курс лекций. Ч. I. – Брянск: Издательство БГСХА, 2012.
5. Чащинов В.И. Процессы и аппараты. Курс лекций. Ч. II. – Брянск: Издательство БГСХА, 2013.
6. Чащинов В.И. Практикум по процессам и аппаратам. Учебное пособие. Ч. I. и Ч. II. – Брянск: Издательство БГСХА, 2010.

## ***Введение***

Процессы и аппараты – специальная дисциплина, которая является базовой для освоения целого ряда технологических дисциплин, связанных с переработкой сельскохозяйственной продукции. Знание дисциплины дает основу для разработки и совершенствования процессов в пищевой технологии, а также позволяет осуществлять рациональный выбор технологического оборудования, производить расчет и разработку технологических аппаратов.

Цель дисциплины – дать знания основных закономерностей, принципов технической реализации и методов расчета оптимальных режимов процессов в технологии переработки сельхозпродукции.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- ***иметь представление*** об основных закономерностях протекания и принципах реализации процессов в производствах пищевых отраслей, методах, применяемых при исследовании и разработке технологических процессов;
- ***знать*** сущность и назначение механических, гидромеханических, тепловых и массообменных процессов; основные факторы, влияющие на их движущую силу; методы расчета и подбора технологических аппаратов;
- ***уметь*** применять теоретические знания и практические навыки для расчета процессов и аппаратов пищевых производств.

Изучение дисциплины «Процессы и аппараты» предполагает знание определенных разделов математики, физики, химии, гидравлики и теплотехники. Теоретическим фундаментом науки о процессах и аппаратах пищевых производств являются следующие законы:

- закон сохранения массы, энергии и импульса, которые в расчетах приобретают форму уравнений баланса (например, материального и теплового);
- законы термодинамического равновесия, которые определяют направление течения процессов и позволяют определять величину движущей силы в процессах;

- законы переноса массы, энергии и импульса и кинетики процессов, которые определяют скорость протекания процессов.

При изучении процессов переработки используются как аналитические, так и экспериментальные методы, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

Учитывая сложность явлений, имеющих место в процессах переработки, при исследовании процессов и аппаратов широкое применение находит теория подобия. В основе теории подобия лежит объединение экспериментального и аналитического методов исследования.

Использование теории подобия позволяет представить в обобщенном виде экспериментальные зависимости, полученные для каких-то конкретных условий и распространить их на другие подобные. Подобие устанавливается по равенству определенных безразмерных чисел или критериев. Критерии подобия с физической точки зрения выражают соотношения между различными физическими эффектами, определяющими исследуемый процесс. Критерии (числа) подобия состоят из определенных величин на основании анализа дифференциальных уравнений математической физики, описывающих рассматриваемые явления. Эти безразмерные комплексы связаны критериальными уравнениями, конкретный вид которых зависит от исследуемых процессов. При этом все критерии подобия можно разделить на определяемые, к которым относятся критерии, содержащие искомую величину и определяющие, которые составлены из величин, заданных при математическом описании процессов.

При рассмотрении явлений и процессов различают подобия: геометрическое, временное, физическое, подобие начальных и граничных условий. Для каждого вида подобия существуют условия или соответствующие критерии подобия.

Поскольку процессы в пищевой технологии характеризуются сложностью перерабатываемых систем, большим количеством и многообразием параметров и

влияющих факторов, при их исследовании широко используются физическое и математическое моделирование. Для сокращения материальных затрат на проведение экспериментальных исследований применяются современные методы планирования эксперимента.

Наука о процессах и аппаратах является результатом упорного и длительного труда многих как отечественных, так и зарубежных учёных. У её истоков стоит выдающийся учёный химик Д. И. Менделеев, который в 1897 году в книге «Основы фабрично-заводской промышленности» изложил принципы построения курсов процессов и аппаратов и дал классификацию процессов химической технологии. Идеи, высказанные Д. И. Менделеевым, получили развитие в работах А. К. Крупского, И. А. Тищенко и ряда других учёных. Среди них следует отметить профессора Киевского политехнического института А. А. Кирова, который в 1923 году издал курс «Аппаратура и основные процессы химической технологии» и внёс значительный вклад в теорию перегонки.

Определяющие работы в области расчета выпарных и теплообменных установок выполнены профессорами Кичигиным М. А., Костенко Г. Н., в области сушки – академиком АН БССР Лыковым А. В. и профессором А. С. Гинсбургом. Существенным вкладом в изучение процессов фильтрации и центрифугирования являются работы профессора Знаменского Г. М. в области экстракции – Силина П. М., в области кристаллизации – Попова В. Д.

Из зарубежных учёных следует отметить Ричардсона, Кульсона (Англия), Илиева (Болгария), Бендека, Ласло (Венгрия), Цибровского и Зюльковского (Польша), Льюиса, Уокера, Баджера, Шервуда, Джилилэнда (США), Штейдла (Чехословакия) и др.

Из современных учёных в области пищевой технологии известны работы профессора Стабникова В. Н., Кавецкого Г. Д., Курочкина А. А. и ряда других.

Несмотря на определенные достижения в теории процессов и аппаратов, ее современное состояние еще далеко от того, чтобы вполне удовлетворять требованиям инженерной практики, и поэтому нуждается в дальнейшем развитии.

## ***Работа №1***

### ***Общие сведения о процессах и аппаратах. Основные понятия и определения***

#### ***I. Цель работы***

Усвоение основных понятий дисциплины, классификации процессов и аппаратов, а также требований, предъявляемых к ним. Ознакомление с основными методами, использующимися при изучении и расчете процессов и аппаратов.

#### ***II. Оборудование и учебно-методический материал***

Методические указания, конспекты лекций, литература [1,2,3,4].

#### ***III. Порядок выполнения работы***

- Пользуясь рекомендуемой литературой и лекциями усвоить основные понятия и определения, относящиеся к изучаемой дисциплине.
- Изучить классификацию процессов и аппаратов по основным признакам и ознакомиться с основными требованиями, предъявляемыми к процессам и аппаратам.
- Уяснить понятие движущей силы и единой кинетической закономерностей процессов.
- Ознакомиться с основными методами, использующимися при исследовании и расчете процессов и аппаратов.
- Оформить отчет и подготовиться к защите работы по контрольным вопросам.

#### ***IV. Требования к отчету***

В отчете по работе дать определение таким понятиям как технологический процесс и технологический аппарат, производительность процесса или аппарата, кинетика процессов и движущая сила процесса.

Заполнить таблицу с классификацией процессов и аппаратов.

Привести основные требования, предъявляемые к процессам и аппаратам по переработке сельхозпродукции.

Дать определение и привести математическую формулировку единой кинетической закономерности процессов, а также её частных случаев.

Привести список литературы.

#### **V. Тестовые контрольные вопросы и задания**

1. Что такое процесс?
2. Дайте определение технологического процесса.
3. Что такое технологический аппарат?
4. В чем состоит принципиальное отличие технологической машины от аппарата?
5. Дайте классификацию процессов переработки в зависимости от основных закономерностей их протекания.
6. Назовите виды процессов в зависимости от способа их организации.
7. Что собой представляет установившийся процесс?
8. Что собой представляет неуставившийся процесс?
9. Что такое производительность процесса, и в каких единицах она измеряется?
10. Что такое движущая сила процесса?
11. Что такое кинетика процессов?
12. Дайте формулировку единой кинетической закономерности процессов переработки.
13. Приведите математическое выражение единой кинетической закономерности процессов переработки.
14. Назовите основные требования, предъявляемые к технологическим процессам.
15. Назовите основные требования, предъявляемые к технологическим машинам и аппаратам.



**VI. Отчет по работе**

## Классификация процессов

Классификационный признак	Процесс	Особенности процесса
По основным закономерностям протекания		
По способу организации • зации		
По характеру изменения параметров процесса во времени		

•

*Основные классификационные признаки аппаратов:*

Классификационный признак	Аппарат	Особенности аппарата
По способу организации процесса		
По структуре потока		

## *Движущая сила и кинетика процессов переработки*

## *Производительность процессов и аппаратов*

*Основные требования, предъявляемые к процессам и аппаратам*

*Литература*

Работу выполнил \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

## ***Работа № 2***

### ***Основные параметры, характеризующие протекание процессов.***

### ***Физические и теплофизические характеристики материалов и продуктов***

#### ***I. Цель работы***

Усвоение основных понятий и режимных параметров процессов переработки, а также величин, характеризующих основные физические и теплофизические свойства материалов и продуктов.

#### ***II. Оборудование и учебно-методический материал***

Методические указания; литература [1...4].

#### ***III. Порядок выполнения работы***

16. Усвоить смысл основных физических величин, характеризующих режим протекания процессов.
17. Пользуясь литературой и лекциями усвоить понятия, относящиеся к основным физическим и теплофизическим свойствам материалов.
18. Ознакомиться с понятием системы, как объекта в процессах переработки и классификацией неоднородных жидких и газообразных систем.
19. Составить отчёт по лабораторной работе.
20. Подготовиться к защите работы по контрольным вопросам.

#### ***IV. Требования к отчету***

В отчете по работе перечислить и дать определение основным физическим величинам, являющимися режимными параметрами процессов (температура, давление, концентрация, скорость, расход).

Заполнить таблицу 1 с определением основных параметров и теплофизических характеристик материалов и указать их размерность.

Привести определение гомогенной и гетерогенной систем и заполнить таблицу 2 с классификацией неоднородных систем.

Привести список литературы

#### **V. Тестовые контрольные вопросы и задания**

1. Что такое давление и каковы единицы его измерения?
2. Что такое температура и каковы единицы её измерения?
3. Что собой представляет расход, и в каких единицах он измеряется?
4. Что собой представляет скорость потока и в каких единицах она измеряется?
5. Что собой представляет концентрация и в каких единицах она измеряется?
6. Что такое плотность, и какова её размерность?
7. Что такое насыпная плотность?
8. Что такое порозность?
9. Как рассчитывается насыпная плотность сыпучего материала?
10. Что такое массовая доля?
11. Как рассчитывается плотность смесей, заданных массовым составом?
12. Что такое вязкость?
13. Что собой представляет ньютоновская жидкость.
14. Что такое динамическая вязкость, и какова её размерность?
15. Что такое кинематическая вязкость, и какова её размерность?
16. Что такое коэффициент поверхностного натяжения, и какова его размерность?
17. Что такое теплоёмкость, и какова её размерность?
18. Что такое удельная массовая теплоёмкость, и какова её размерность?
19. Что такое удельная объёмная теплоёмкость, и какова её размерность?
20. Что такое удельная мольная теплоёмкость, и какова её размерность?
21. Что такое коэффициент теплопроводности, и какова его размерность?



22. Что такое влажность материала?
23. Что такое влагосодержание материала?
24. Что означает термин «лабильность характеристик материалов»?
25. Что такое гомогенная система?
26. Что такое гетерогенная система?
27. Перечислите неоднородные жидкие системы.
28. Перечислите неоднородные газовые системы.
29. Что собой представляет суспензия
30. Что собой представляет эмульсия?

## **VI. Отчет по работе**

*Основные параметры, характеризующие протекание процессов*

Таблица 1

## Основные технические характеристики материалов и продуктов

Параметр	Обозначение	Определение	Размерность
Плотность	$\rho$		
Насыпная плотность	$\rho_n$		
Динамическая вязкость	$\mu$		
Кинематическая вязкость	$\nu$		
Коэффициент поверхностного натяжения	$\sigma$		

Параметр	Обозначение	Определение	Размерность
Теплоёмкость	$C$		
Удельная массовая теплоёмкость	$c$		
Удельная объёмная теплоёмкость	$c'$		
Удельная мольная теплоёмкость	$\mu C$		
Коэффициент теплопроводности	$\lambda$		
Коэффициент температуропроводности	$a$		

Продолжение таблицы 1

Параметр	Обозначение	Определение	Размерность
Влажность материала	$W$		
Влагосодержание материала	$x, W^c$		

## Классификация неоднородных систем

Вид	Название	Дисперсионная фаза	дисперсная фаза	Особенности системы

Литература

Работу выполнил \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

## **Работа № 3**

### ***Определение насыпной плотности сыпучих материалов***

#### **I. Цель работы**

Экспериментальное определение насыпной плотности различных сыпучих материалов.

#### **II. Оборудование и учебно-методический материал**

Весы электрифицированные ВЛТК-500; мерные емкости; образцы сыпучего материала; методические указания; литература [1...4].

#### **III. Порядок выполнения работы**

1. Используя методические указания, ознакомиться с порядком проведения опытов.
2. Используя мерную емкость отмерить определенный объем свободно насыпанного материала  $V_H$ .
3. Взвесить на весах ВЛТК-500, отмеренный сыпучий материал, определив его массу  $m$ .
4. В мерный цилиндр, частично наполненный водой, высыпать взвешенный материал и определить полученный общий объем  $V_O$ .
5. Результаты замеров занести в таблицу, образец которой приводится ниже.
6. Найти объем, занимаемый частицами материала и объем пустот в свободно насыпанном материале по формулам

$$V_v = V_O - V_v$$

$$V_n = V_H - V_v$$

где

$V_v$  – начальный объем воды в мерном цилиндре;

$V_n$  – объем пустот в свободно насыпанном материале.

7. Рассчитать величину насыпной плотности материала  $\rho_H$ , плотность твёрдых частиц  $\rho_ч$  и порозность  $\varepsilon$  по формулам:

$$\rho_H = \frac{m}{V_H} 10^3; \quad \rho_ч = \frac{m}{V_ч} 10^3; \quad \varepsilon = \frac{V_n}{V_H}.$$

В этих формулах приняты следующие обозначения:

$m$  – масса навески материала;

$V_H$  – объём свободно насыпанного материала;

$V_ч$  – объём, занимаемый частицами материала;

$V_n$  – объём пустот.

8. Результаты расчетов занести в таблицу.
9. Повторить пункты 3...9 для другого испытываемого материала.
10. Составить отчёт по лабораторной работе.
11. Подготовиться к защите лабораторной работы по контрольным вопросам.

#### **IV. Требования к отчету**

В отчете по лабораторной работе требуется дать определение таким понятиям как насыпная плотность сыпучего материала и порозность, а также привести формулу для расчета насыпной плотности с использованием порозности и формулу для расчета плотности смеси, заданной массовым составом.

Заполнить таблицу 1 по результатам всех замеров и вычислений.

Сделать заключение по выполненной работе, в котором сравнить полученные значения насыпной плотности и порозности испытанных материалов со справочными данными.

Привести список литературы

#### **V. Тестовые контрольные вопросы**

1. Что такое плотность, и какова её размерность?
2. Что такое насыпная плотность?



3. Что такое порозность?
4. Как рассчитывается насыпная плотность сыпучего материала по известной плотности материала частиц?
5. Как при выполнении работы находился объём частиц материала?
6. Как при выполнении работы находился объём пустот в свободно насыпанном материале?
7. Как рассчитана насыпная плотность материала?
8. Как рассчитана плотность материала частиц?
9. Что такое массовая доля?
10. Как рассчитывается плотность смесей, заданных массовым составом?

## VI. Отчет по лабораторной работе

Таблица 1

Результаты измерений и обработки результатов  
по определению насыпной плотности материалов

Материал	$V_n,$ см <sup>3</sup>	$m,$ г	$V_o,$ см <sup>3</sup>	$V_v,$ см <sup>3</sup>	$V_ч,$ см <sup>3</sup>	$V_n,$ см <sup>3</sup>	$\rho_n,$ кг/м <sup>3</sup>	$\rho_ч,$ кг/м <sup>3</sup>	$\varepsilon$

### *Примечание*

В таблице 2 обозначения величин, соответствуют принятым в разделе III.

*Формулы, используемые при обработке результатов измерений:*

*Заключение*

*Литература*

Работу выполнил \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

## ***Работа № 4***

### ***Механические процессы в переработке***

#### ***I. Цель работы***

Изучение механических процессов, используемых в технологиях переработки, способов их осуществления и основных показателей.

#### ***II. Оборудование и учебно-методический материал***

Методические указания, конспекты лекций, литература [1...4].

#### ***III. Порядок выполнения работы***

1. Пользуясь рекомендуемой литературой и лекциями усвоить классификацию механических процессов и сферу их применения в технологиях переработки сельхозпродукции.
2. Изучить основные понятия, связанные с процессами измельчения, способами их осуществления и основными показателями процесса.
3. Пользуясь рекомендуемой литературой, изучить назначение и виды классификации, ознакомиться со способами механической классификации.
4. Усвоить основные понятия, связанные с процессами прессования и ознакомиться с основными видами обработки материалов давлением.
5. Составить отчёт по выполненной работе.
6. Подготовиться к защите работы по контрольным вопросам.

#### ***IV. Требования к отчету***

В отчете по выполненной работе требуется дать классификацию механических процессов.

Назвать виды измельчения, основные способы воздействий на измельчаемый материал при дроблении, способы осуществления процесса дробления и привести определение степени измельчения.

Привести классификацию видов дробления в зависимости от размеров частиц материала и степени измельчения.

Дать определение процесса классификации, назвать виды классификации и привести сведения о способах осуществления механической классификации.

Дать определение процесса прессования, классифицировав его виды по целевому назначению и указав особенности каждого вида.

Кратко описать процессы, происходящие при обработке материалов давлением и дать определение таким понятиям как коэффициент уплотнения и коэффициент прессования. Дать краткую характеристику экструзии, как одному из способов формования.

В конце отчёта должен быть приведён список использованной литературы.

#### **V. Тестовые контрольные вопросы и задания**

1. Назовите основные механические процессы.
2. Что собой представляет собой процесс измельчения?
3. Что такое дробление?
4. Что такое резание?
5. Что такое степень измельчения?
6. Что представляет собой открытый цикл измельчения?
7. Что представляет собой замкнутый цикл измельчения?
8. Назовите основные способы воздействий на материал при дроблении.
9. В чем состоит суть объединенной гипотезы Ребиндера определения затрат энергии на измельчение при дроблении?
10. Из каких составляющих состоит работа, затрачиваемая на резание?
11. Что такое удельная работа резания?
12. Что такое удельная поверхность резания?
13. Что такое классификация?
14. Назовите виды классификации (сепарации).
15. В чем заключается механическая классификация?

16. В чем заключается гидравлическая классификация?
17. В чем заключается воздушная классификация (сепарация)?
18. В чем заключается магнитная сепарация?
19. Назовите три способа осуществления многократного сепарирования.
20. В чем заключается сепарирование от мелкого к крупному?
21. В чем заключается сепарирование от крупного к мелкому?
22. В чем заключается комбинированный способ сепарирования?
23. Как называют продукты, получаемые в результате механической классификации?
24. Назовите три вида обработки материалов давлением по целевому назначению.
25. Что собой представляет отжатие?
26. Что собой представляет брикетирование?
27. Что собой представляет формование?
28. Что такое коэффициент уплотнения?
29. Что такое коэффициент прессования?
30. Назовите разновидности брикетирования.
31. Что собой представляет процесс экструзии?
32. Назовите виды экструзии?
33. В чем состоит особенность холодной экструзии?
34. В чем состоит особенность теплой экструзии?
35. В чем состоит особенность варочной экструзии?

## **VI. Отчет по работе**

Таблица 1

### Виды механических процессов

Название	Определение	Основная сфера применения
Измельчение		
Классификация или сортирование		
Прессование		
Механическое перемешивание сыпучих материалов		

### ***Измельчение***

Таблица 2

## Виды дробления

Вид дробления	$d_n, мм$	$d_k, мм$	$i$
Крупное			
Среднее			
Мелкое			
Тонкое			
Коллоидное			

***Классификация***



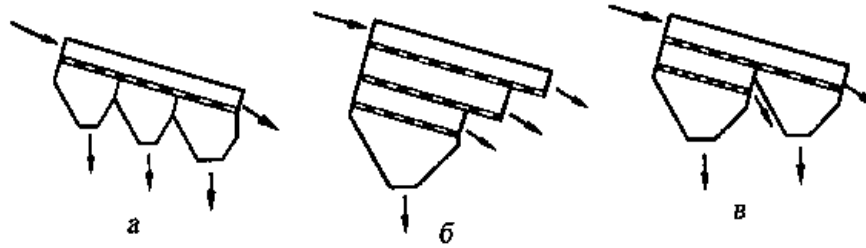


Рис. 1. Способы сепарирования

*Прессование*

Таблица 3

Виды обработки продуктов давлением

Название	Определение	Область применения
Отжатиe		
Брикeтирование		
Формование		

*Литература*

Работу выполнил \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

## ***Работа № 5***

### ***Оборудование для механических процессов***

#### **I. Цель работы**

Знакомство с основным оборудованием для механических процессов

#### **II. Оборудование и учебно-методический материал**

Плакаты, натурные образцы, методические указания, литература [1...4].

#### **III. Содержание и порядок выполнения работы**

1. Пользуясь плакатами, натурными образцами и литературой ознакомиться с основными видами и классификацией оборудования для механических процессов.
2. Заполнить отчет по лабораторной работе в соответствии с требованиями.
3. Подготовиться к защите лабораторной работы по контрольным вопросам.

#### **IV. Требования к отчету**

В отчете дать классификацию оборудования для механических процессов, привести краткие сведения об основных видах оборудования.

Дать расшифровку позиций на приведенных схемах оборудования.

Привести список литературы.

#### **V. Тестовые контрольные вопросы и задания**

1. Назовите основные виды дробилок в зависимости от их основного конструктивного признака и принципа действия.
2. Какие виды дробилок называют мельницами?
3. Назовите основные виды режущих инструментов.

4. Назовите основные виды движений режущих инструментов при работе резательных машин.
5. Назовите четыре группы резательных машин в зависимости от их конструкции.
6. Что собой представляет волчек?
7. Что такое куттер?
8. С какой целью применяются протирачные машины?
9. В чем заключается принцип действия протирачных машин?
10. Какие устройства применяются для механической классификации?
11. Назовите четыре вида грохотов.
12. Что такое триер?
13. Назовите два вида триеров по конструктивному исполнению.
14. Назовите виды отжимающих прессов по типу основного рабочего органа.
15. Назовите виды штампующих прессов по основному конструктивному признаку и принципу действия.
16. Назовите виды формующих машин по способу создания давления.
17. Назовите основные рабочие органы экструдера.
18. Назовите виды отжимающих прессов по типу основного рабочего органа.
19. Назовите виды формующих машин по способу создания давления.
20. Назовите основные виды смесителей для сыпучих материалов.

## VI. Отчет по работе

### Оборудование для измельчения

Таблица 1

Виды и назначение дробилок

Вид дробилки	Основное назначение
Щековая	
Конусная (гирационная)	
Вальковая	
Молотковая	
Штифтовые мельницы	
Шаровые (стержневые) мельницы	
Вибрационные мельницы	
Мельницы с вращающимися- стирающими частями	
Струйные дробилки	
Коллоидные мельницы	

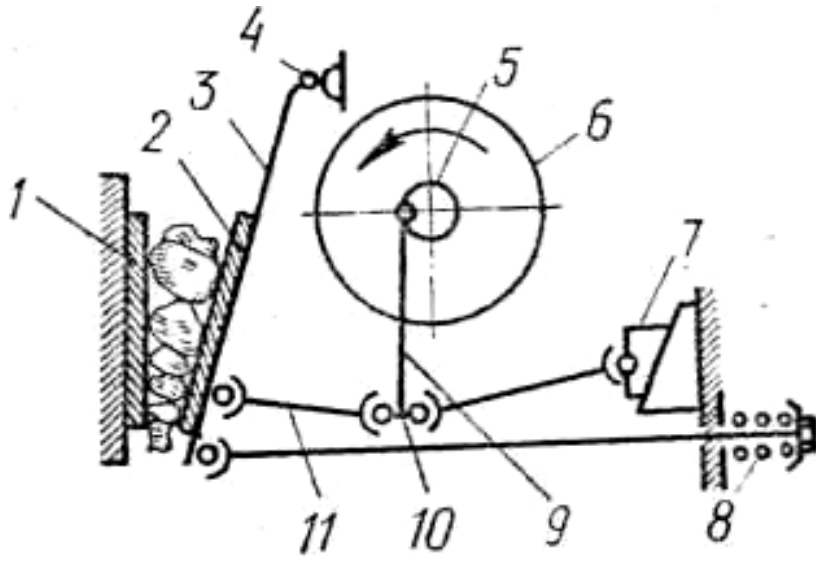


Рис.1. Схема щековой дробилки

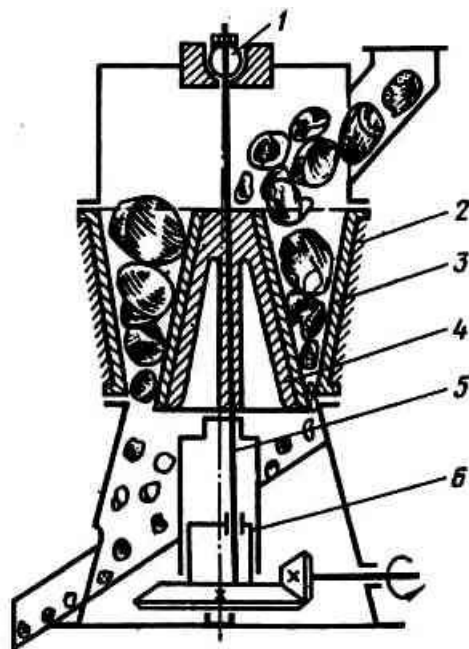


Рис. 2. Схема конусной (гирационной) дробилки

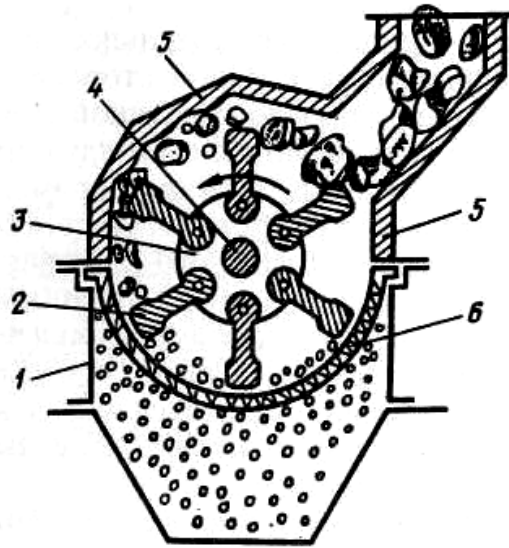


Рис. 3. Схема молотковой дробилки

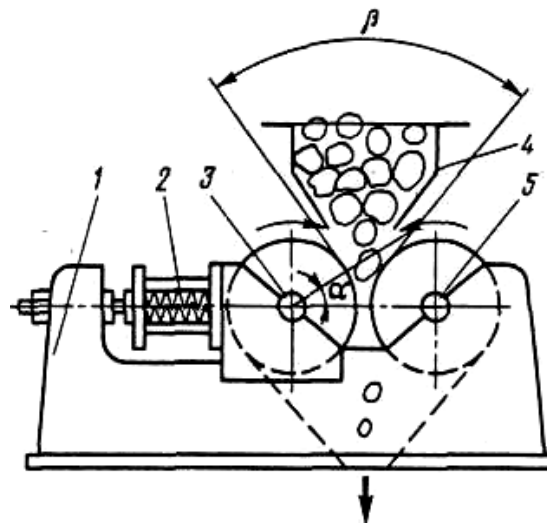


Рис. 4. Схема валковой дробилки (мельницы)

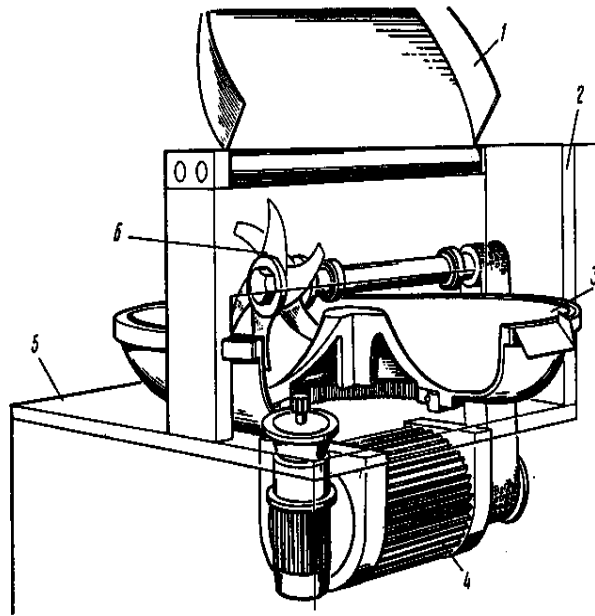


Рис. 5. Куттер

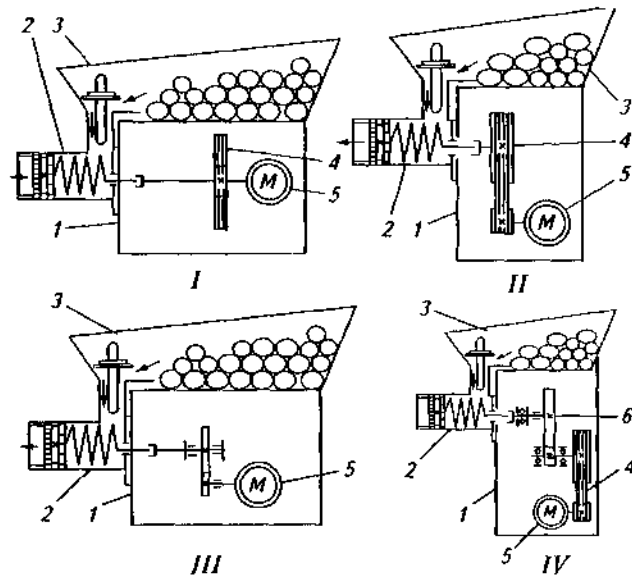


Рис. 6. Кинематические и принципиальные схемы мясорубок



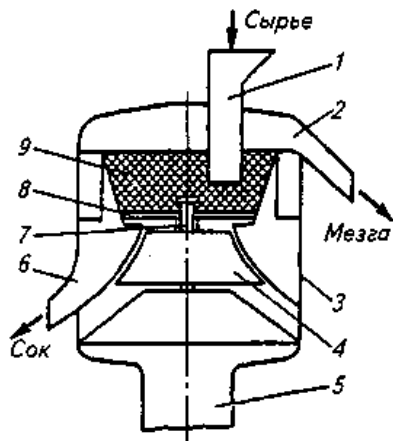
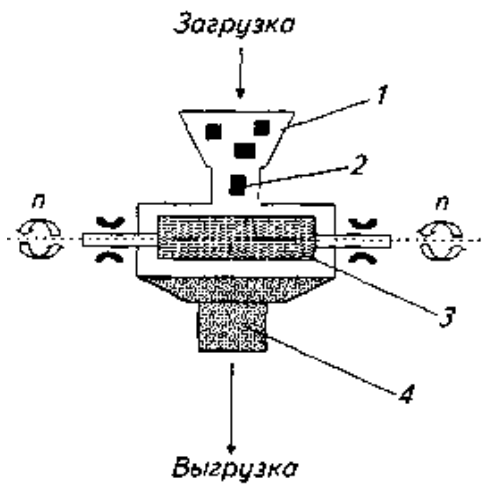


Рис.7. Измельчающая машина для фруктов и ягод

Рис.8. Аппарат для истирания сыра



### Оборудование для классификации

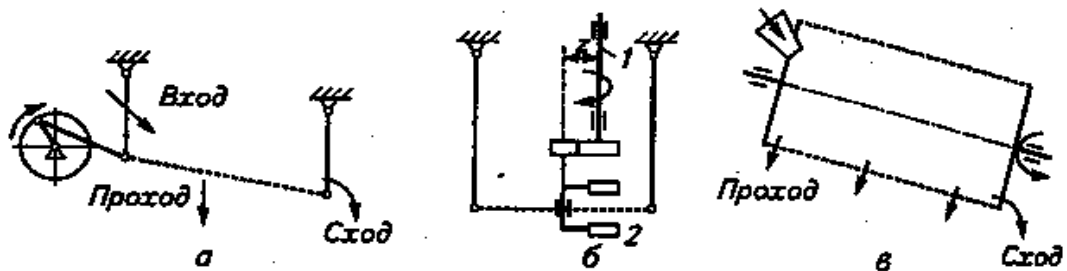


Рис. 9 Схемы рассеивающих машин

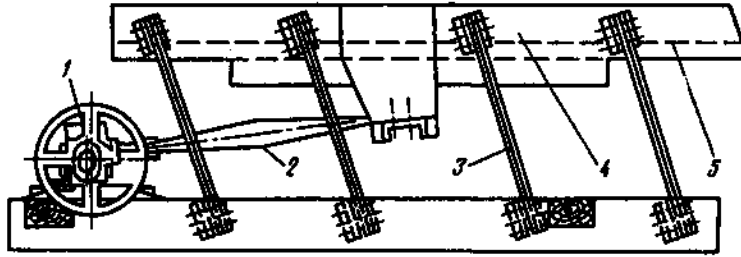


Рис. 10. Качающийся грохот

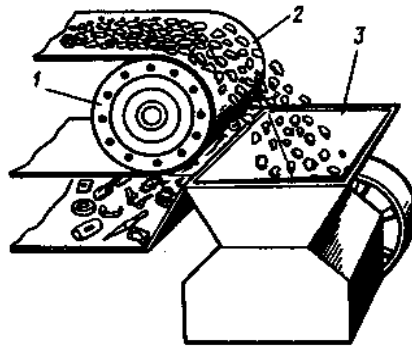


Рис. 11. Магнитный барабанный сепаратор

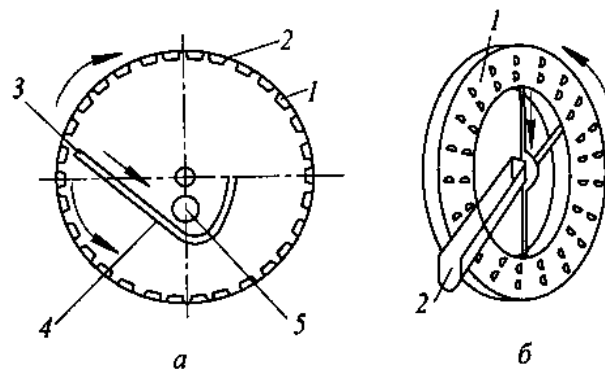


Рис. 12. Схемы цилиндрического и дискового триеров

## Оборудование для обработки давлением

Рис. 13. Схема гидравлического отжимающего пресса

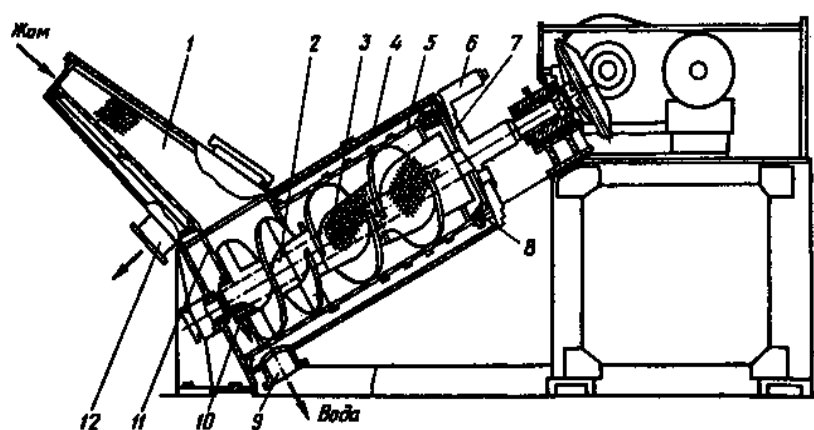
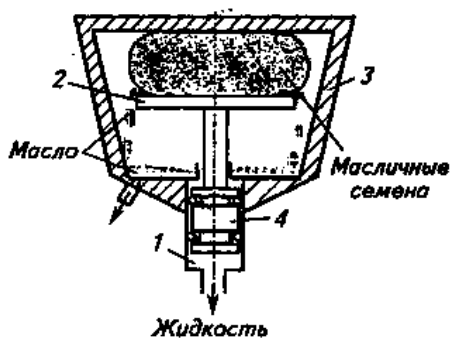


Рис. 14. Схема наклонного отжимного пресса

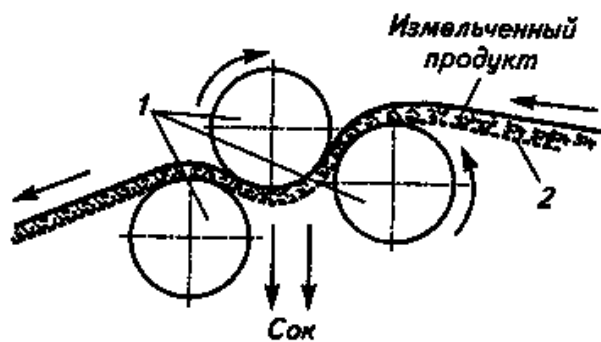


Рис. 15. Схема вальцового отжимающего пресса

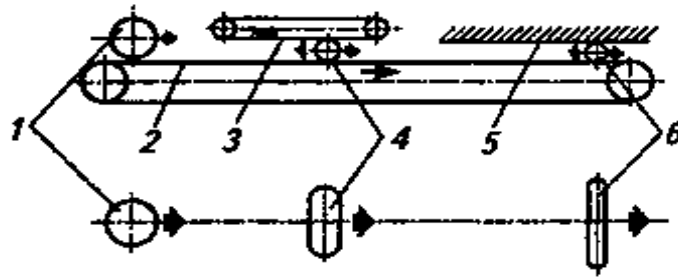


Рис. 16. Схема ленточной прокатывающей машины

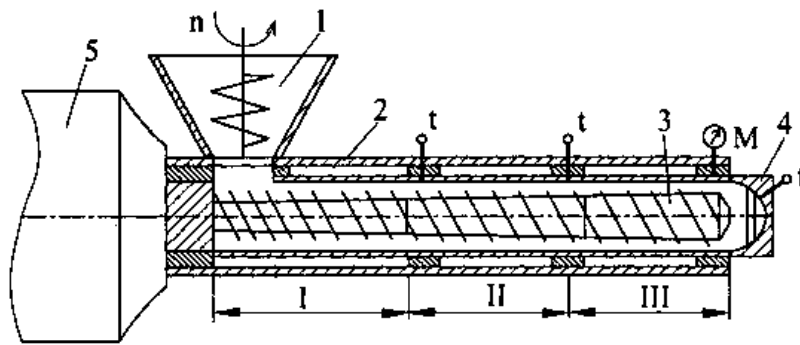


Рис. 17. Схема одношнекового экструдера

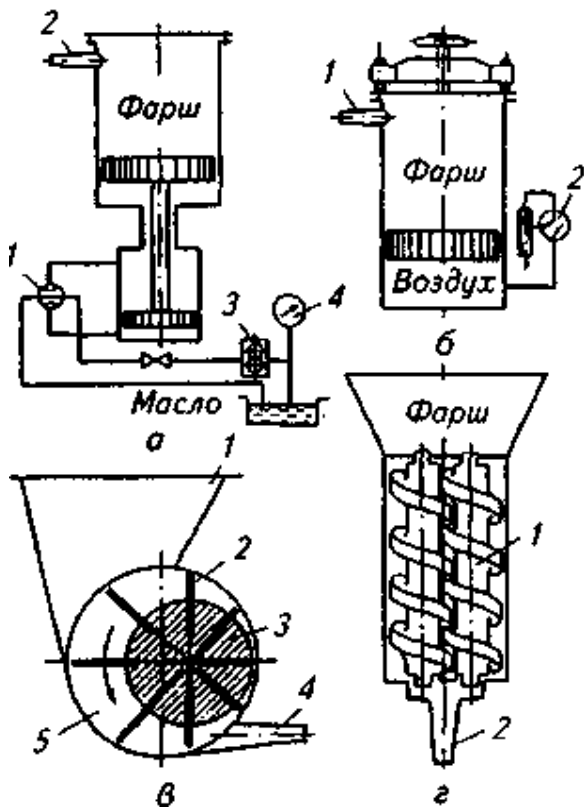


Рис. 18. Схемы шприцев

*Оборудование для перемешивания сыпучих продуктов*

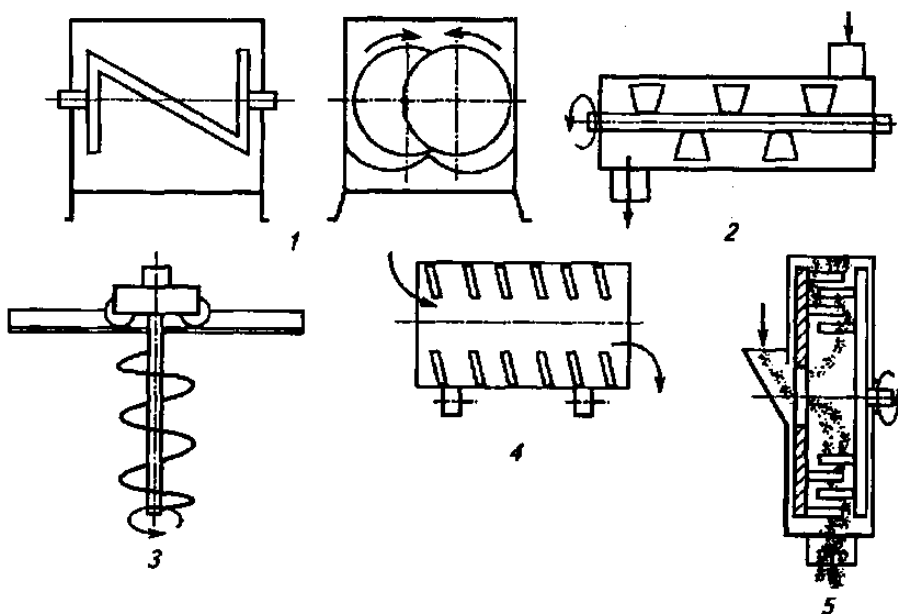


Рис. 19. Схемы смесителей сыпучих продуктов

*Литература*

Работу выполнил \_\_\_\_\_  
Работу принял \_\_\_\_\_

## ***Работа № 6***

### ***Основы гидравлики***

#### ***I. Цель работы***

Изучение основных понятий и законов гидростатики и гидродинамики.

#### ***II. Оборудование и учебно-методический материал***

Плакаты, методические указания, конспекты лекций, литература [1...4].

#### ***III. Порядок выполнения работы***

7. Пользуясь рекомендуемой литературой и лекциями усвоить, из каких разделов состоит гидравлика, что является предметом ее изучения и ознакомиться с основными физическими свойствами жидкостей.
8. Усвоить основное уравнение гидростатики и следствия этого закона, проявляющиеся на практике.
9. Изучить основные закономерности, проявляющиеся при течении жидкости. Уяснить, какие бывают режимы движения жидкости, и условия в которых они проявляются.
10. Рассмотреть вопросы, связанные с истечением жидкостей через отверстия и насадки.
11. Составить отчет по выполненной работе.
12. Подготовиться к защите работы по контрольным вопросам.

#### ***IV. Требования к отчету***

В отчете по выполненной работе требуется назвать разделы гидравлики и задачи, решаемые этими разделами.

Дать определение таким понятиям как жидкость (с указанием ее разновидностей), давление, сжимаемость, вязкость, поверхностное натяжение.

Привести формулировку и математическое выражение основного закона гидростатики, а также назвать основные следствия этого закона.

Привести условия для движения жидкости по трубопроводам и каналам и дать определение таким понятиям как расход и средняя скорость потока.

Привести уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.

Назвать режимы движения жидкости, указав их особенности, а также привести условия, при которых наблюдаются эти режимы.

Дать краткую характеристику процессам истечения жидкостей через отверстия и насадки.

Привести сведения о расчете потерь напора при движении жидкости в трубах.

Привести краткие сведения об устройствах, обеспечивающих течение жидкостей и газов.

В конце отчёта должен быть приведён список использованной литературы.

#### **V. Тестовые контрольные вопросы и задания**

1. Что собой представляет гидростатика?
2. Что собой представляет гидродинамика?
3. Что такое капельная жидкость?
4. Что собой представляет идеальная жидкость?
5. В чем состоит основное отличие газов от капельной жидкости?
6. Что такое гидростатическое давление?
7. Какова природа и основная особенность давления в жидкостях и газах?
8. Назовите приборы для измерения давления.
9. Что такое динамическая вязкость?
10. Что такое кинематическая вязкость?

11. Приведите математическое выражение основного закона гидростатики?
12. Дайте формулировку основного закона гидростатики?
13. Назовите режимы движения жидкости.
14. Что собой представляет ламинарный режим движения жидкости, и при каких условиях он существует?
15. Что собой представляет турбулентный режим движения жидкости, и при каких условиях он существует?
16. Что собой представляет переходный режим движения жидкости и при каких условиях он существует?
17. Напишите выражение числа Рейнольдса?
18. Приведите уравнение Бернулли для реальной жидкости.
19. Каковы составляющие потерь напора при течении жидкости в трубах?
20. Для чего служат насосы, назовите основные типы насосов.



## **VI. Отчет по работе**

### ***Основные определения***

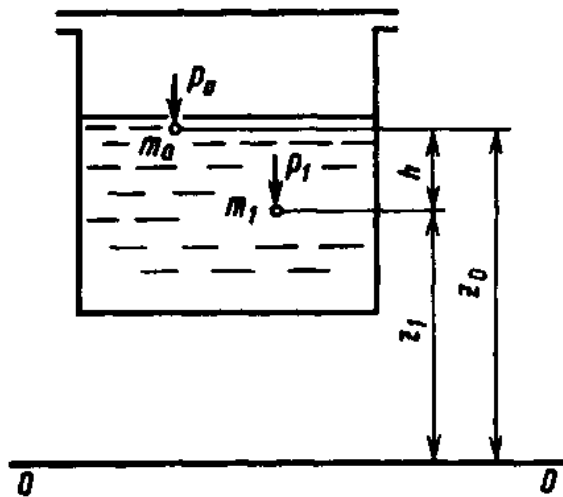


Рис. 1. Иллюстрация к основному закону гидростатики

*Элементы гидродинамики*

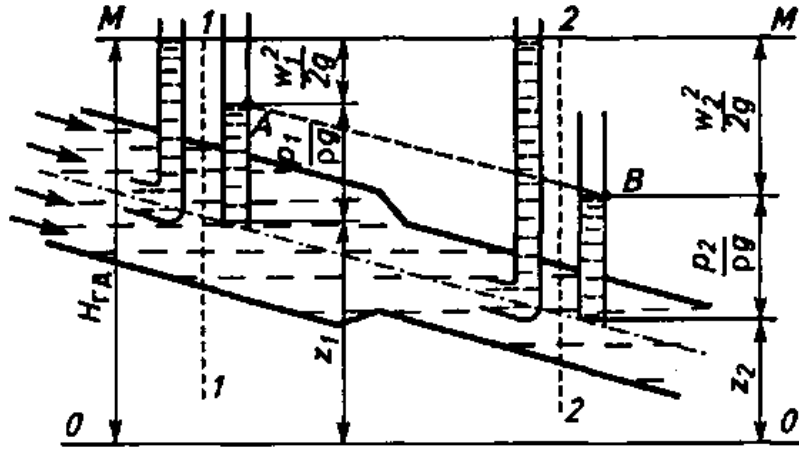


Рис. 2. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли для идеальной жидкости

## *Режимы движения жидкости и критерий Рейнольдса*

### *Потери напора в трубопроводах*

*Истечение через отверстия и насадки*

*Устройства для создания напора в жидкостях и газах  
и основные показатели насосов и компрессоров*

*Литература*

Работу выполнил \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

## ***Работа № 7***

### ***Гидромеханические процессы***

#### ***I. Цель работы***

Изучение основных гидромеханических процессов, используемых в технологиях переработки, их классификации и кинетических закономерностей.

#### ***II. Оборудование и учебно-методический материал***

Плакаты, методические указания, литература [1...4].

#### ***III. Порядок выполнения работы***

1. Пользуясь рекомендуемой литературой и лекциями усвоить, какие основные гидромеханические процессы используются в технологиях переработки, их классификацию и назначение.
2. Изучить способы перемешивания жидких систем и пластических масс, кинетику процессов перемешивания.
3. Усвоить основные понятия, связанные с процессами разделения неоднородных систем, изучить способы разделения неоднородных систем и закономерности их протекания.
4. по выполненной работе требуется указать, с какой целью производится разделение неоднородных систем и дать определение основным методам разделения – осаждению и фильтрованию.
5. Привести классификацию процессов осаждения в зависимости от характера движущих сил процесса. Отметить основные факторы, влияющие на скорость процессов осаждения.
6. Составить отчёт по выполненной работе.
7. Подготовиться к защите работы по контрольным вопросам.

#### **IV. Требования к отчету**

В отчете по выполненной работе требуется перечислить основные гидромеханические процессы, применяемые в технологиях переработки.

Дать определение процесса перемешивания, назвать его виды и отметить особенности каждого вида перемешивания. Указать с какой целью осуществляется перемешивание пищевых сред и кратко охарактеризовать особенности процессов перемешивания в жидких средах, перемешивания высоковязких и пластичных масс.

Назвать способы разделения неоднородных систем, указав характерные особенности каждого способа.

Привести классификацию процессов осаждения в зависимости от способа создания движущей силы и особенностей протекания процесса.

Дать расшифровку сил, действующих на частицу в процессе отстаивания, привести формулы для скорости осаждения в гравитационном поле и поле центробежных сил и указать, из какого условия они выводятся.

Привести классификацию процессов фильтрования в зависимости от целевого назначения процесса, способа создания движущей силы и особенностей протекания процесса. Привести формулу для определения скорости фильтрования.

Дать краткое определение таким способам разделения как ультрафильтрация и обратный осмос.

В конце отчёта должен быть приведён список использованной литературы.

#### **V. Тестовые контрольные вопросы**

1. С какой целью производится перемешивание?
2. Назовите три вида перемешивания в зависимости от источника побуждающих сил.
3. В чем особенность механического перемешивания?
4. В чем особенность пневматического перемешивания?
5. В чем особенность поточного перемешивания?



6. Что такое барботирование и что собой представляет барботер?
7. С какой целью осуществляется разделение неоднородных систем?
8. Каким показателем оценивается эффективность процессов разделения неоднородных систем?
9. Назовите два основных вида разделения неоднородных систем.
10. Что собой представляет осаждение?
11. Что является движущей силой в процессах осаждения?
12. По какому признаку происходит разделение неоднородных систем в гравитационном и инерционном поле?
13. Назовите виды осаждения по источнику движущей силы.
14. Назовите факторы повышающие скорость осаждения
15. Какой процесс называют отстаиванием?
16. Из какого условия определяют скорость осаждения в гравитационном поле?
17. Что такое декантат?
18. От каких основных факторов зависит производительность отстойников?
19. Что такое фактор разделения для центробежного поля?
20. В каких случаях применяется осаждение в электрическом поле?
21. Что является движущей силой в процессах фильтрования?
22. Назовите способы создания движущей силы при фильтровании?
23. На какие виды делят фильтрование по целевому назначению, и в чем состоит особенность каждого вида?
24. Назовите три вида фильтрования, обусловленные свойствами фильтрующей перегородки и свойствами разделяемой суспензии?
25. Назовите три режима фильтрования с образованием осадка?
26. В чем состоит особенность стационарного режима фильтрования?
27. В чем состоит особенность нестационарного режима фильтрования?
28. Как определяется скорость фильтрования?
29. Что является движущей силой при обратном осмосе?
30. В чем заключается суть мембранного разделения?

## **VI. Отчет по работе**

***Основными гидромеханическими процессами являются:***

### **Перемешивание**

***Виды перемешивания в зависимости от источника побудительных сил:***

## *Определение мощности на привод мешалок*

### *Осаждение*

*Виды осаждения в зависимости от источника движущей силы:*

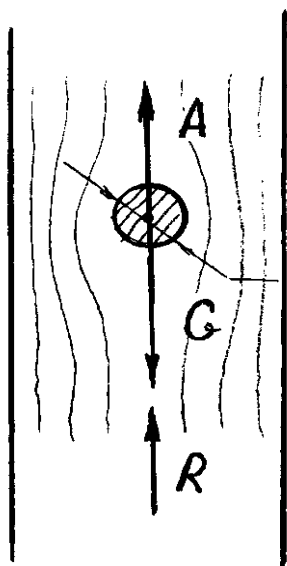


Рис. 1. Схема сил, действующих на частицу при отстаивании

Фильтрация

## *Классификация процессов фильтрации*

## *Основное уравнение фильтрации*

## Мембранное разделение

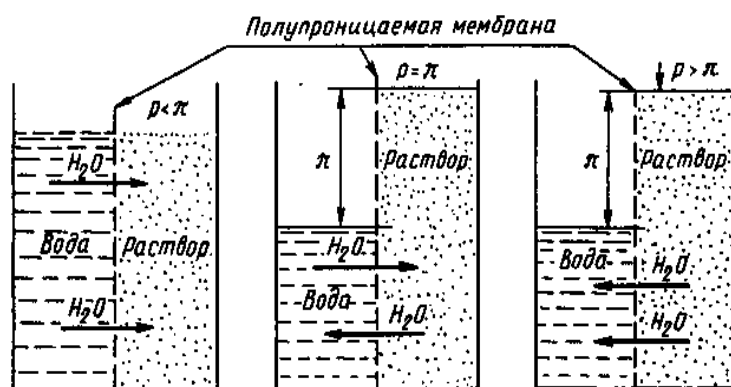


Рис. 2. Схема механизма обратного осмоса

## Литература

Работу выполнил \_\_\_\_\_  
Работу принял \_\_\_\_\_

## ***Работа № 8***

### ***Оборудование для гидромеханических процессов***

#### ***I. Цель работы***

Ознакомиться с классификацией и устройством оборудования для гидромеханических процессов.

#### ***II. Оборудование и учебно-методический материал***

Плакаты, натурные образцы, методические указания, литература [1,2,3].

#### ***III. Порядок выполнения работы***

1. Пользуясь рекомендуемой литературой, плакатами и натурными образцами ознакомиться с устройством и классификацией оборудования для перемешивания жидких систем и пластических масс и оборудования для разделения неоднородных систем осаждением и фильтрованием.
2. Составить отчёт по выполненной работе.
3. Подготовиться к защите работы по контрольным вопросам.

#### ***IV. Требования к отчету***

В отчете по выполненной работе назвать основные виды оборудования для перемешивания, и разделения неоднородных систем осаждением и фильтрованием, привести классификацию оборудования.

Сделать расшифровку позиций к схемам оборудования, приведенным в разделе «Отчет по работе» и дать их краткую характеристику.

В конце отчёта должен быть приведён список использованной литературы.

#### ***V. Тестовые контрольные вопросы и задания***

1. Назовите четыре группы мешалок для жидкостей, на которые они делятся по своему устройству.

2. Назовите основные виды лопастных мешалок.
3. Назовите достоинства и недостатки лопастных мешалок.
4. Назовите виды мешалок для пластических материалов в зависимости от основного рабочего органа.
5. Что такое барботирование и что собой представляет барботер?
6. Назовите основные типы оборудования для осаждения.
7. От каких основных факторов зависит производительность отстойников?
8. Назовите два вида оборудования для осаждения в центробежном поле и укажите принципиальное их различие.
9. На какие два вида делятся центрифуги по назначению?
10. Что такое фактор разделения для центрифуг и как он определяется?
11. По какому принципу центрифуги делят на нормальные и сверхцентрифуги (ультрацентрифуги)?
12. Что собой представляет сепаратор?
13. Что такое скруббер?
14. Назовите виды фильтров по способу создания движущей силы при фильтровании.
15. Назовите основные виды фильтрующих перегородок.



**VI. Отчет по работе**

Оборудование для перемешивания

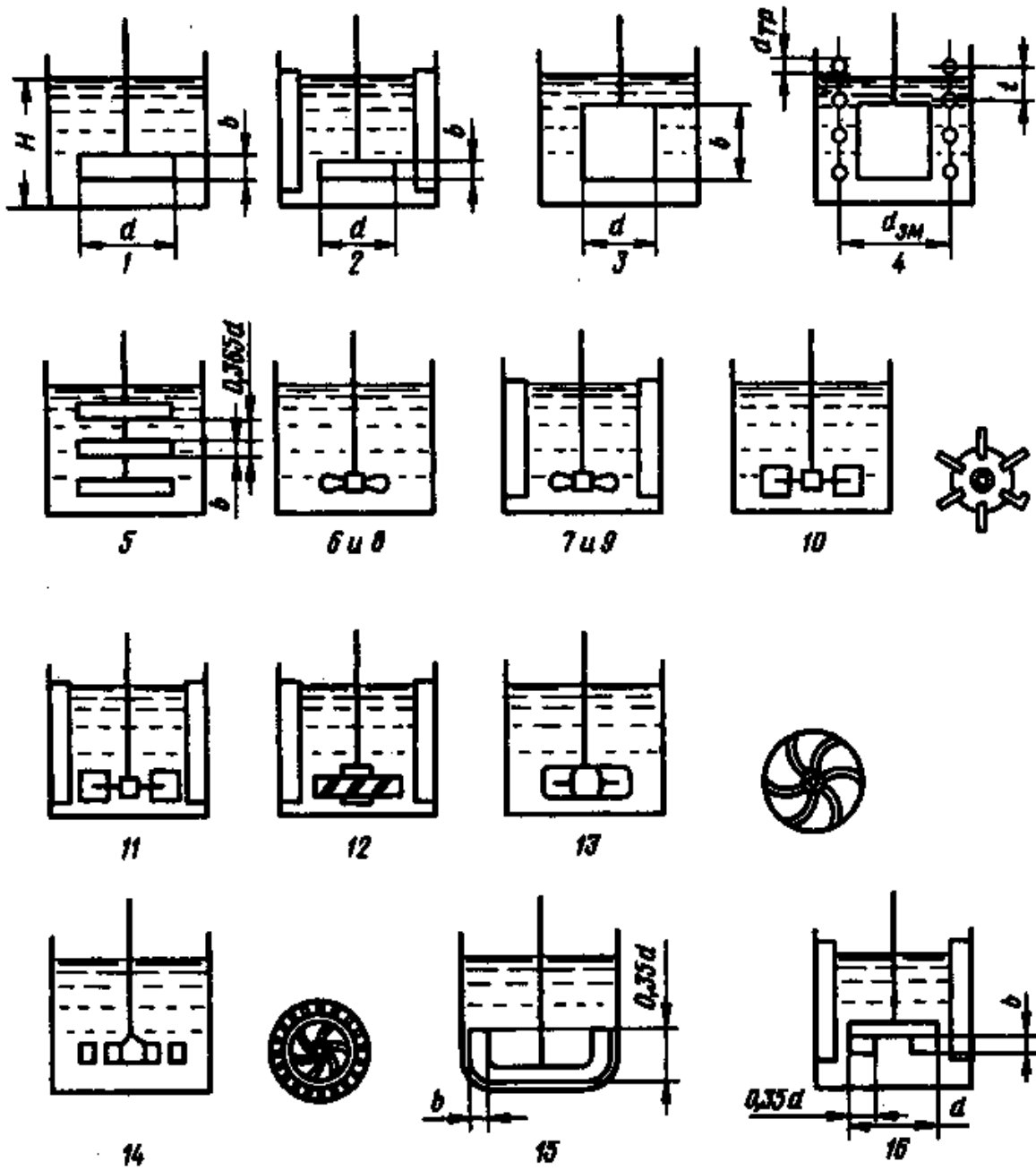


Рис. 1. Схемы смесителей жидких сред

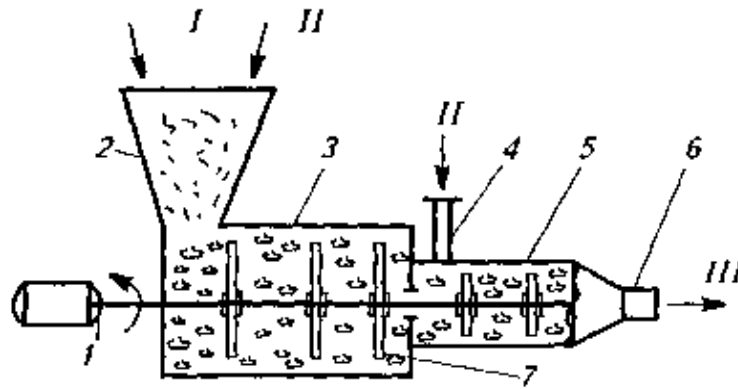


Рис.2. Схема аппарата для восстановления сухого молока

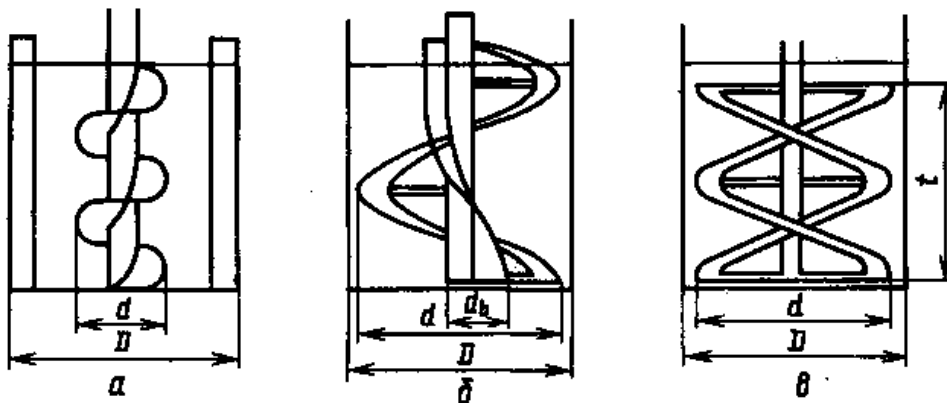


Рис. 3. Схемы мешалок для пластичных масс

Рис. 4. Схема аппарата для приготовления теста

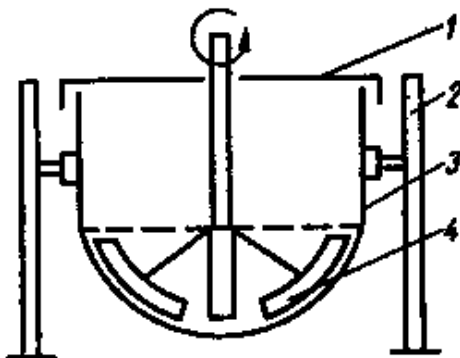


Рис. 5. Схема смесителя непрерывного действия

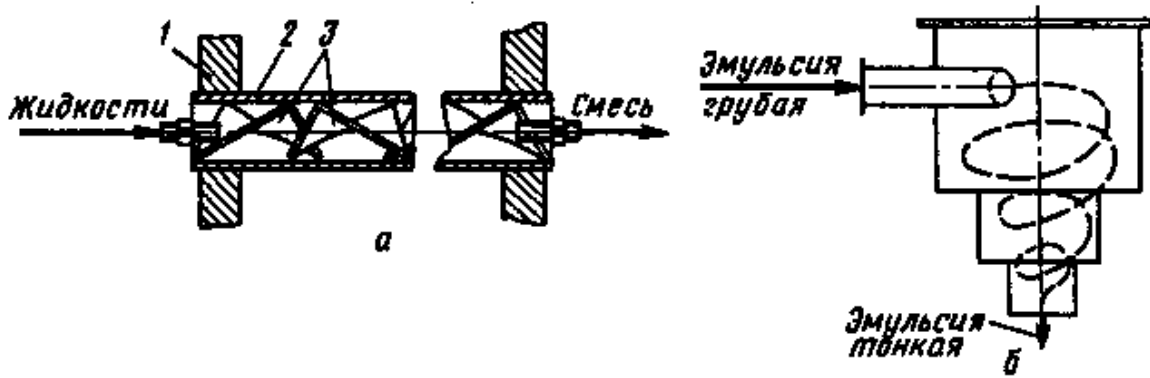
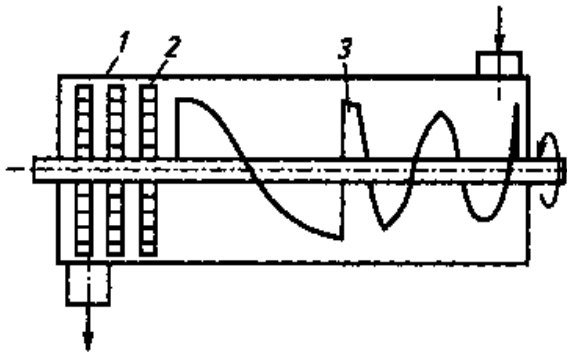


Рис. 6. Схемы статических смесителей



Рис. 7. Схема пневматического смесителя (барботера)

*Оборудование для осаждения*

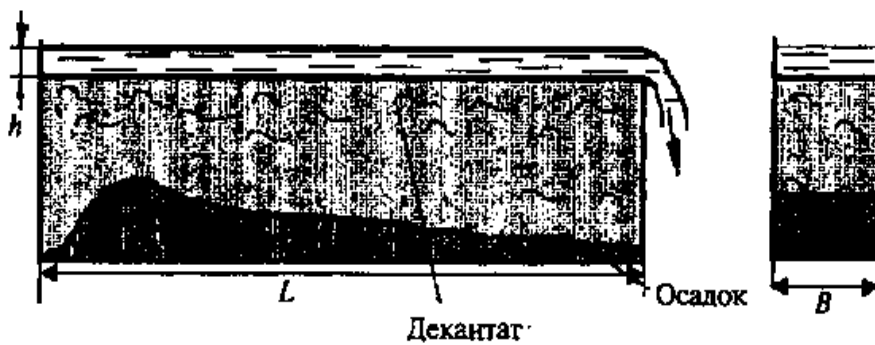


Рис. 8. Отстойник полунепрерывного действия лоткового типа

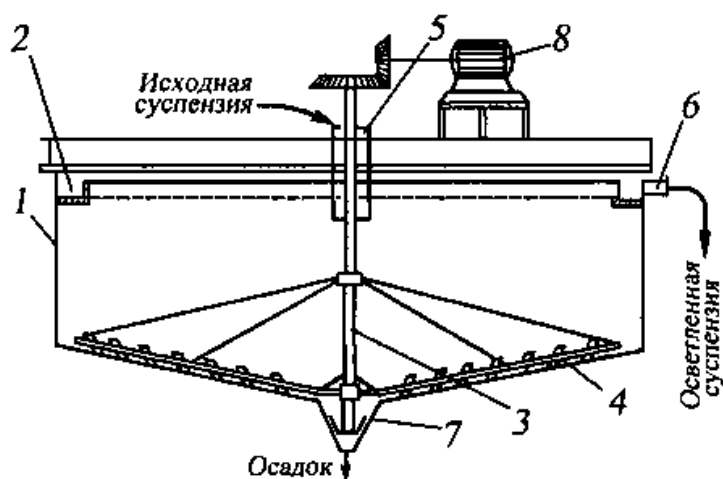


Рис. 9. Отстойник непрерывного действия со скребковой мешалкой:

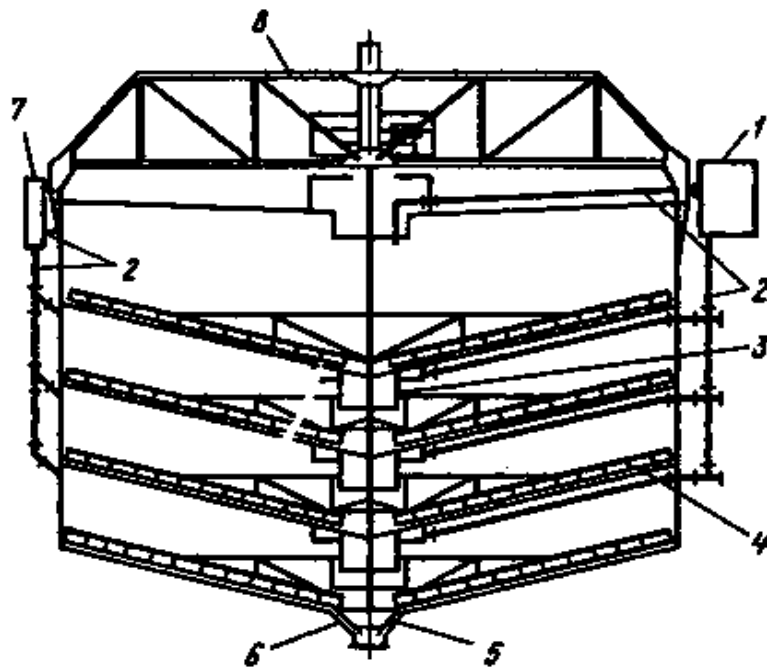


Рис. 10. Многоярусный отстойник

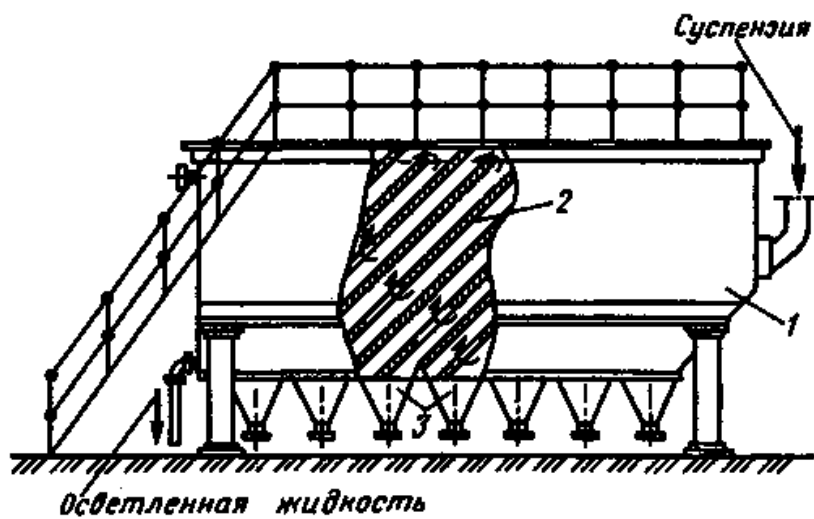


Рис. 11. Отстойник полунепрерывного действия с наклонными перегородками:

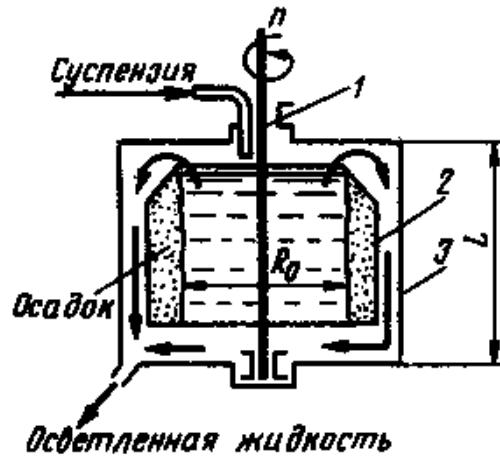


Рис. 12. Схема отстойной центрифуги:

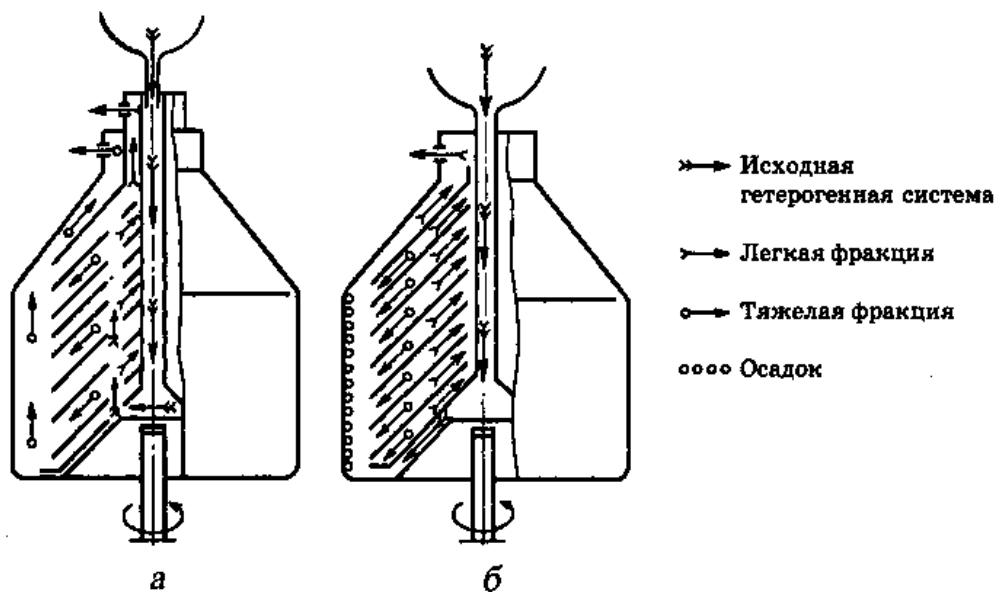


Рис. 13. Схема тарельчатых сепараторов

*Устройства для разделения неоднородных газовых систем*

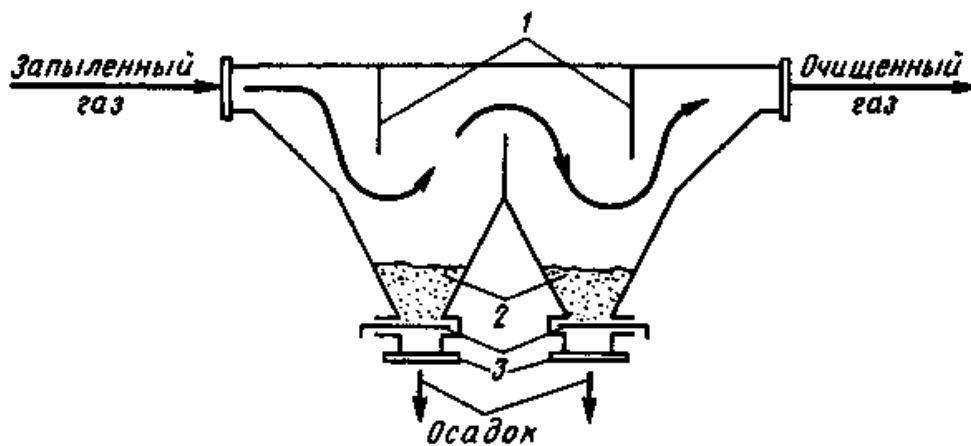


Рис. 14. Схема отстойного газохода:

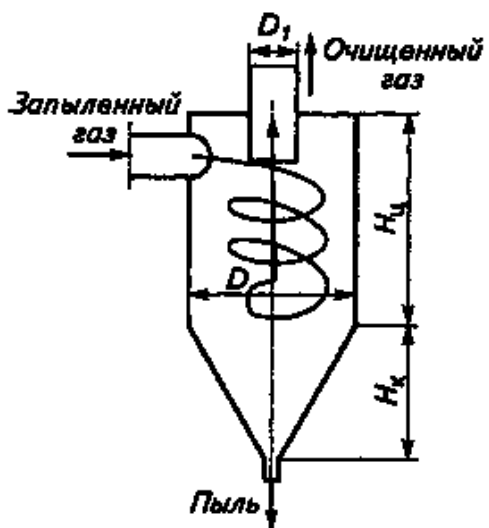


Рис. 15. Схема циклона



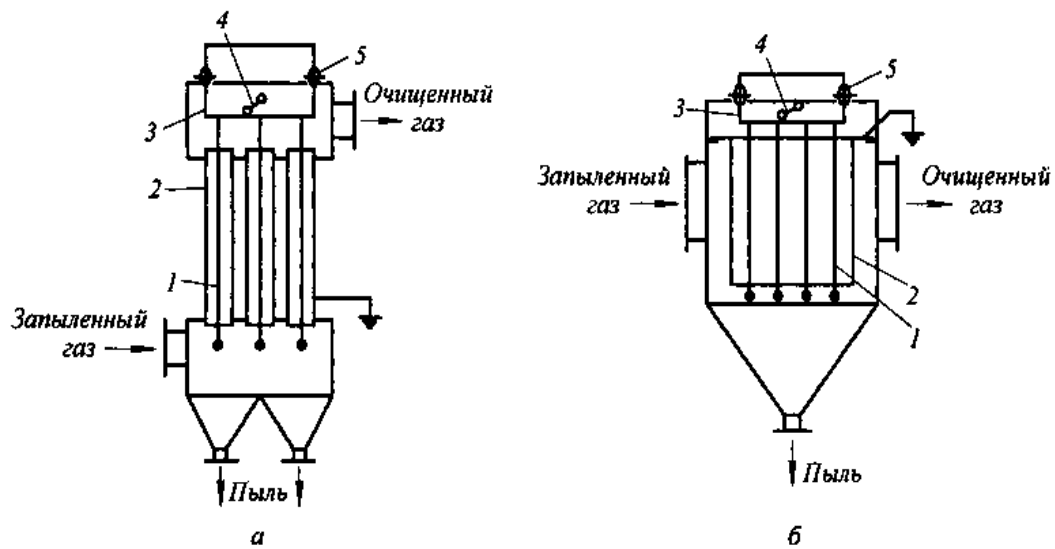


Рис. 16. Схема электроосадителей

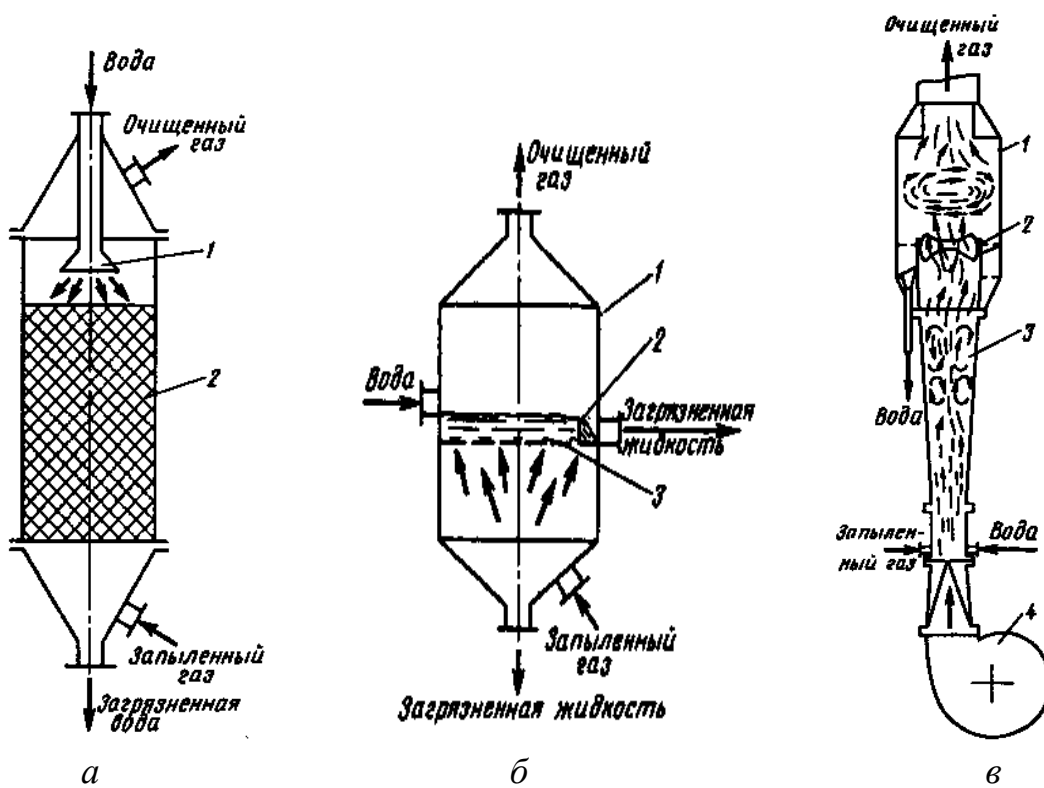


Рис. 17. Схемы скрубберов:

## Фильтровальное оборудование

### Классификация фильтров и фильтровальных перегородок:

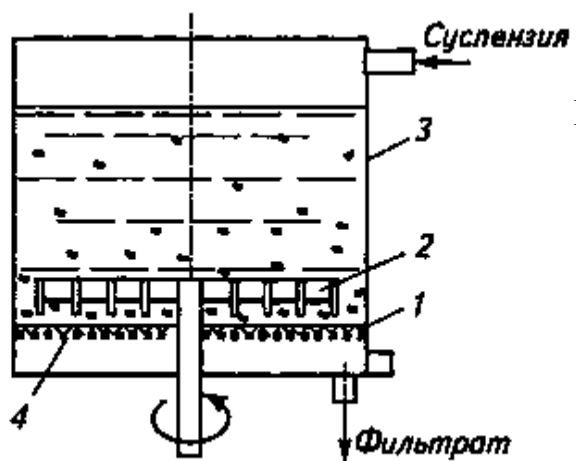


Рис. 18. Схема фильтрационного чана

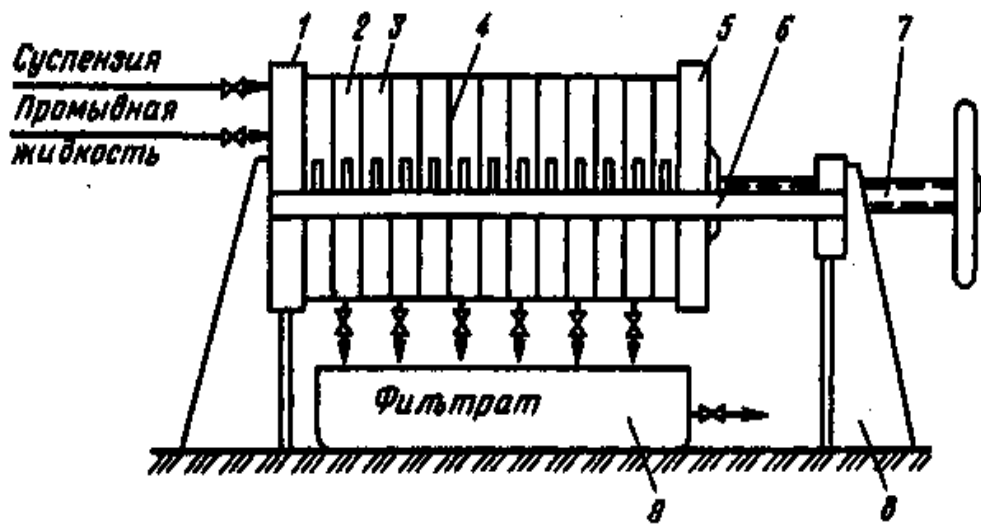


Рис. 19. Рамный фильтр-пресс:

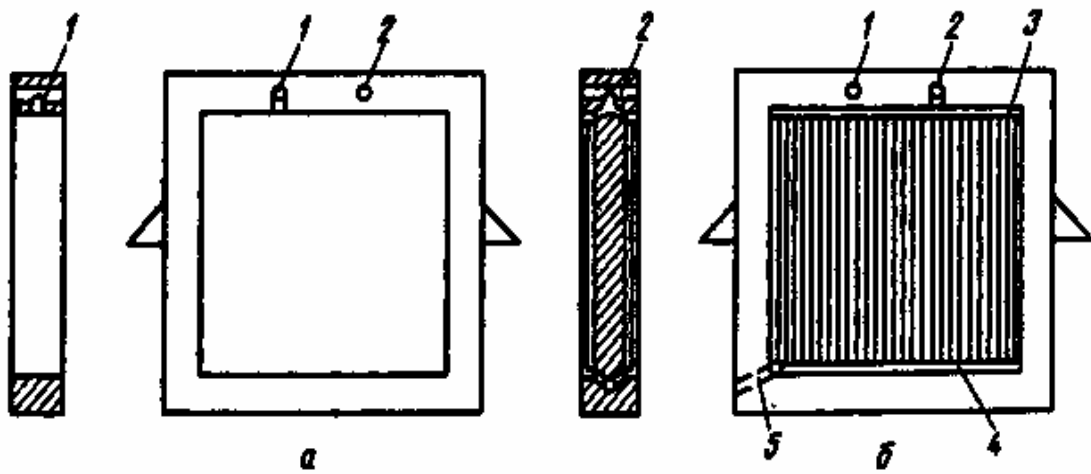


Рис. 20. Рама (а) и плита (б) фильтр-пресса

Рис. 21. Нутч-фильтр с перемешивающим устройством:

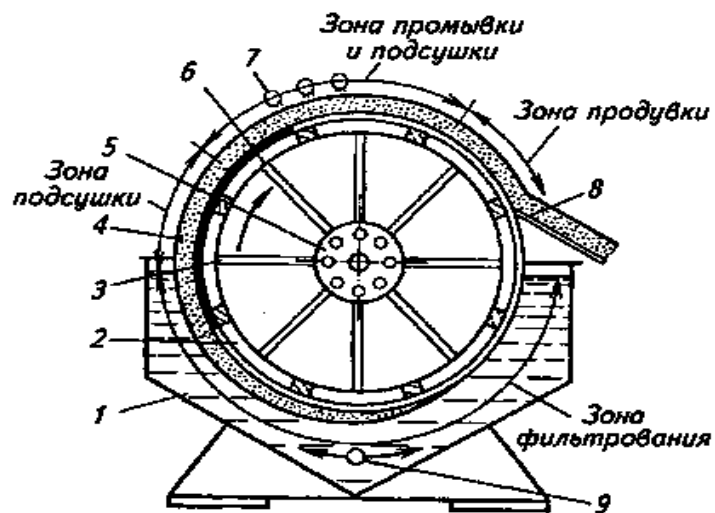
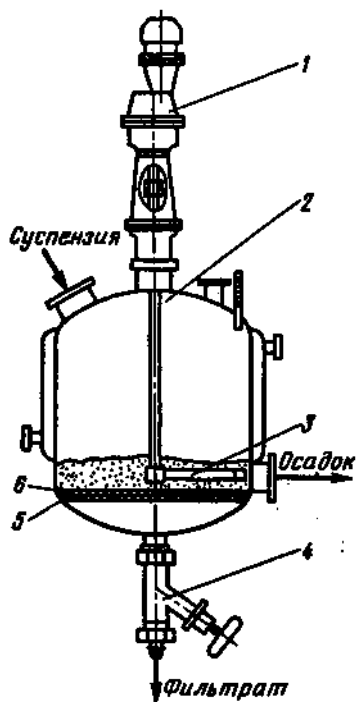


Рис. 22. Схема барабанного вакуум-фильтра:

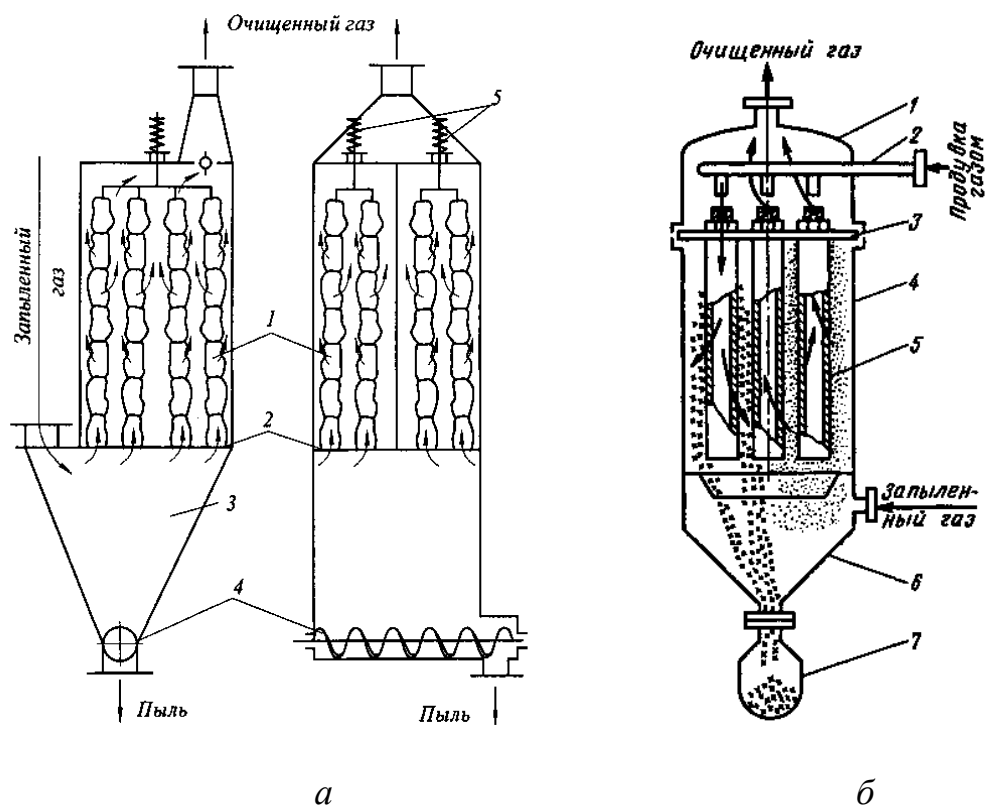


Рис. 23. Схема рукавного (а) и патронного (б) фильтров

### Литература

Работу выполнил \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

## **Работа № 9**

### ***Псевдооживление***

#### **I. Цель работы**

Усвоение основных понятий, связанных с процессом псевдооживления. Исследование гидродинамики кипящего (псевдооживленного) слоя и экспериментальное определение первой и второй критической скорости оживающего агента.

#### **II. Оборудование и учебно-методический материал**

Методические указания; литература [1...4]; лабораторная установка; весы электрифицированные ВЛТК-500;

Лабораторная установка, схема которой приведена в разделе «Отчет по лабораторной работе», состоит из вертикального прозрачного цилиндра с установленной в нём сетчатой перегородкой, на которой размещается слой испытуемого материала, вентилятора, устройства для замера расхода воздуха и жидкостного дифманометра для замера аэродинамического сопротивления слоя материала.

#### **III. Содержание и порядок выполнения работы**

- a. Используя рекомендуемую литературу и конспекты лекций изучить основные понятия, связанные с процессом псевдооживления.
- b. С помощью весов определить массу материала, подлежащего псевдооживлению, засыпать его в измерительный цилиндр и измерить высоту слоя свободно насыпанного материала  $h_0$ .
- c. Включить вентилятор и при максимальном перепуске нагнетаемого воздуха произвести замеры перепада давления на расходомерном устройстве (диафрагме)  $\Delta p_p$  и в слое материала  $\Delta p_c$ , а также высоты слоя  $h_1$ . Результаты замеров занести в протокол испытаний.

- d. Увеличивая расход воздуха, продуваемого через слой испытываемого материала, произвести несколько замеров (не менее трёх) величин, указанных в п.2 вплоть до режима, когда весь слой материала придёт в «кипящее» состояние (начало псевдооживления). Все результаты замеров заносить в протокол испытаний.
- e. Продолжить замеры при дальнейшем увеличении расхода воздуха до достижения второй критической скорости ( 3-4 замера) и сделать один замер в режиме уноса.
- f. Выполнить пункты 1-4 для другого материала.
- g. Произвести обработку результатов измерений.
- h. Вычислить значения первой и второй критической скорости по эмпирическим формулам [4] и сравнить их значения с опытными данными.
- i. Заполнить отчет по лабораторной работе в соответствии с требованиями и подготовиться к защите лабораторной работы.

#### **IV. Обработка результатов испытания**

При обработке результатов опытов следует определять значения расхода и скорости движения воздуха в слое материала, порозность материала и число псевдооживления в режиме псевдооживления. Расчёт указанных параметров производится по следующим формулам:

расход воздуха

$$V = A\sqrt{\Delta p_p / \rho} \text{ , м}^3/\text{с} ; \quad (1)$$

скорость воздуха в слое материала

$$\omega = \frac{4V}{\pi D^2} \text{ , м /с} ; \quad (2)$$

порозность материала в состоянии псевдооживления

$$\varepsilon = 1 - \frac{h_0}{h} (1 - \varepsilon_0) . \quad (3)$$

В этих формулах приняты обозначения

$A$  – постоянная прибора для замера воздуха;

$\rho$  – плотность воздуха;

$D$  – диаметр цилиндра;

$\varepsilon_0$  – порозность материала в свободно насыпанном состоянии.

Плотность воздуха для условий проведения опытов можно найти по формуле

$$\rho = 1,293 \frac{B}{760} \cdot \frac{273}{273 + t_0}, \text{ кг/м}^3, \quad (4)$$

где

$B$  – барометрическое давление, *мм. рт. ст.* ;

$t_0$  – температура воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .

#### **V. Требования к отчету**

В отчете дать определение процесса псевдооживления, а также таким понятиям как первая и вторая критические скорости и указать, с какой целью применяется псевдооживление.

Привести расшифровку позиций на схеме лабораторной установки.

Заполнить таблицы по результатам измерений и их обработки.

Привести формулы, использованные при обработке результатов измерений и результаты расчёта первой и второй критической скорости.

Построить кривые псевдооживления для обоих испытанных материалов, отметив на них значения первой и второй критической скорости и указав зоны фильтрования и псевдооживления.

Сделать заключение по результатам работы и привести список литературы.

В заключении по работе отметить характер изменения аэродинамического сопротивления и порозности слоя материала от скорости оживляющего агента, а также результаты сравнения расчётных и экспериментальных значений критических скоростей.



## **VI. Тестовые контрольные вопросы**

- a. Что такое псевдоожигение?
- b. Что такое ожигающий агент?
- c. Как выражается основное условие существования псевдоожигенного слоя ?
- d. Что такое первая критическая скорость?
- e. Что такое вторая критическая скорость?
- f. Что собой представляет кривая псевдоожигения?
- g. Изобразите примерный вид кривой псевдоожигения и укажите на ней характерные точки и зоны?
- h. С какой целью применяется псевдоожигение?
- i. В каких технологиях применяется процесс псевдоожигения?
- j. Что такое порозность сыпучего материала?
- k. Как можно рассчитать порозность слоя материала при изменении его высоты в процессе псевдоожигения?
- l. Как рассчитывается скорость ожигающего агента?
- m. Как определялся массовый расход воздуха при проведении испытаний?
- n. Как влияет плотность частиц материала на значение критической скорости?
- o. Как влияет плотность ожигающего агента на значение критической скорости?
- p. Как влияет размер частиц материала на значение критической скорости?

## **VII. Дополнительные контрольные вопросы**

В качестве дополнительных вопросов могут быть заданы вопросы о порядке проведения опытов и их обработки.

VIII. Отчет по лабораторной работе

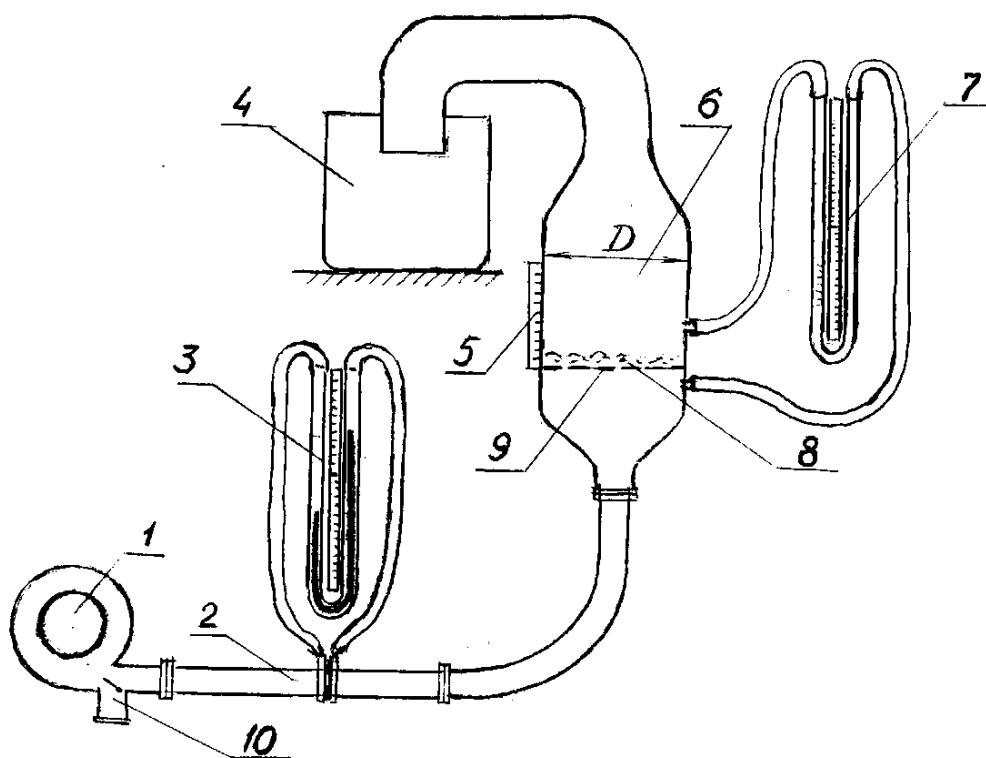


Рис. 1. Схема лабораторной установки:

Таблица 1

## Протокол испытаний № 1

Материал \_\_\_\_\_ ;  $m =$  \_\_\_\_\_  $г$  ;  $h_0 =$  \_\_\_\_\_  $мм$ 

№№ опыта	$\Delta p_p$ , мм в. ст.	$\Delta p_c$ , мм в. ст.	$h_i$ , мм	Примечание
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Таблица 2

## Протокол испытаний № 2

Материал \_\_\_\_\_ ;  $m =$  \_\_\_\_\_  $г$  ;  $h_0 =$  \_\_\_\_\_  $мм$ 

№№ опы- та	$\Delta p_p$ , мм в. ст.	$\Delta p_c$ , мм в. ст.	$h_i$ , мм	Примечание
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Таблица 3

## Результаты обработки опытных данных

Ма- тери- ал	№ опы- та	Расход воздуха $V, м^3/с$	Скорость воздуха $\omega, м/с$	Число псевдо- ожижения $N$	Пороз- ность $\varepsilon$	Примеча- ние
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					

Расчётные формулы, использованные при обработке опытных данных:

Расчет критических скоростей по формулам Годеса:

Рис. 6. Экспериментальные кривые псевдооживления

## Заключение

## Литература

Работу выполнил \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

Учебное издание

Чащинов Валерий Иванович

Свиридов Игорь Геннадьевич

***Рабочая тетрадь***  
**для лабораторных и самостоятельных работ**  
**по процессам и аппаратам**

Для студентов с направлением подготовки 260800 – «Технология продукции и организация общественного питания» (уровень бакалавриата)

Редактор Лебедева Е.М.

---

Подписано к печати 10.09.2015 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 5,11. Тираж 25 экз. Изд. № 3616.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ