

|                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН<br><b>MEDISINA<br/>         AKADEMIASY</b><br>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ |  |  SOUTH KAZAKHSTAN<br><b>MEDICAL<br/>         ACADEMY</b><br>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» |
| Кафедра «Инженерных дисциплин»                                                                               |  | 76/11                                                                                                                                                                                    |
| Методические указания для лабораторных занятий                                                               |  | 27 беттің 1 беті                                                                                                                                                                         |

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

**Дисциплина:** Процессы и аппараты химико-фармацевтического производства-2

**Код дисциплины:** РАНФР 2203-2

**Название ОП:** «6В0720100 - Технология фармацевтического производства»

**Объем учебных часов/кредитов:** 150/5

**Курс и семестр изучения:** 2 курс и 4 семестр

**Лабораторные (семинарские) занятия:** 20 часов

Шымкент, 2024 г

|                                                                                                           |  |                                                                                                                   |                                                                                                      |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <div>ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/>MEDISINA<br/>AKADEMIASY<br/>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</div> |  | <div><br/>SKMA<br/>— 1979 —</div> | <div>SOUTH KAZAKHSTAN<br/>MEDICAL<br/>ACADEMY<br/>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</div> |  |
| Кафедра «Инженерных дисциплин»                                                                            |  |                                                                                                                   | 76/11                                                                                                |  |
| Методические указания для лабораторных занятий                                                            |  |                                                                                                                   | 27 беттің 2 беті                                                                                     |  |

Методические указания для лабораторных занятий разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины (силлабусом) «Процессы и аппараты химико-фармацевтического производства-2» и обсуждены на заседании кафедры

Протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 г.

Зав.кафедрой, к.т.н., и.о. доцента \_\_\_\_\_ Г.Э.Орымбетова

|                                                                                                                   |  |                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p> ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/> <b>MEDISINA<br/> AKADEMIASY</b><br/> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p> |  | <p>  SOUTH KAZAKHSTAN<br/> <b>MEDICAL<br/> ACADEMY</b><br/> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                             |  | <p>76/11</p>                                                                                                                                                                                  |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                             |  | <p>27 бетін 3 беті</p>                                                                                                                                                                        |

**Тема 1:** Изучение процессов нагрева и рекуперации теплоты.

**Цель:** Ознакомление с устройством и работой трубчатой теплообменной установки.

**Задач обучения:**

**Студент должен знать:**

- Классификацию теплообменных аппаратов;
- Тепловой баланс теплообменного аппарата;
- Уравнение теплопередачи теплообменного аппарата;

**Студент должен уметь:**

- Составлять тепловой баланс теплообменного аппарата;
- Определить средний температурный напор;
- Выбрать схемы движения теплоносителей в теплообменном аппарате;
- Выбрать конструкцию теплообменного аппарата;

**Основные вопросы темы:**

1. Конструкции теплообменных аппаратов.
2. Тепловой баланс теплообменного аппарата.
3. Уравнение теплопередачи теплообменного аппарата.
4. Графики изменения температур теплоносителей.
5. Рекуперации теплоты.
6. Определение потери теплоты стенками аппарата в окружающую среду.

**Методы обучения и преподавания:**

Студенты должны разобраться с устройством и работой трубчатой теплообменной установки. На виртуальной лабораторной установке:

1. Пройти тестирование по основным характеристикам теплообменного аппарата.
2. Изучить устройство и принцип действия трубчатой теплообменной установки.
3. Определить коэффициент регенерации при разных расходах воды.
4. Экспериментально определить коэффициент теплопередачи при разных расходах воды для секции регенерации.
5. Провести сравнение полученных опытным путем значений коэффициентов теплопередачи с рассчитанными по уравнениям (8-11).
6. Определить потери теплоты стенками аппарата в окружающую среду.

**Теоретические сведения**

Одним из наиболее распространенных процессов на предприятиях фармацевтической промышленности является тепловая обработка продуктов.

Жылу тасымалдағыштарды қыздыруға немесе суытуға арналған құрылғыларды жылуалмастыру аппараттары деп атайды. Жылу тасымалдағыштар ретінде қысымдары мен температуралары кең диапазонда өзгереді әр түрлі тамшылы сұйықтар мен газдар пайдаланылады.

Жұмыс істеу принциптеріне байланысты жылуалмастыру аппараттары регенеративті, рекуперативті және алмастырушы болып үшке бөлінеді. **Рекуперативті** жылуалмастыру аппаратында жылу ыстық жылу тасымалдағыштан суық жылу тасымалдағышқа оларды бөліп тұратын қатты қабырға арқылы алмасады. **Регенеративті** жылуалмастыру аппараттарында ыстық және суық жылу тасымалдағыштар аралық заттың (аккумулятордың) бетінде кезектесіп жанасқанда жылу алмасады. Регенеративті жылуалмастырушы стационарлық емес жылу алмасу процесі өтеді. **Араластырушы**



|                                                                                                       |                                                                                  |                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/>MEDISINA<br/>AKADEMIASY<br/>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p> |  | <p>SOUTH KAZAKHSTAN<br/>MEDICAL<br/>ACADEMY<br/>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                 |                                                                                  | <p>76/11</p>                                                                                     |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                 |                                                                                  | <p>27 беттің 4 беті</p>                                                                          |

жылуалмастыру аппараттарында ыстық және суық жылу тасымалдағыштар бір-бірімен тікелей жанасқанда жылу алмасады.

Өндірісте регенеративті жылуалмастыру аппараттары өте көп қолданылады. Сондықтан біз осы аппараттарды есептеу негіздерін қарастырамыз.

Жылу тасымалдағыштардың агрегаттық күйлеріне байланысты газ-газды, газ-сұйықты, бу-газды, бу-сұйықты және сұйық-сұйықты жылуалмастыру аппараттарын ажыратады. Сонымен қатар конструкциялық ерекшеліктеріне байланысты жылуалмастыру аппараттарын қоршау құбырлы, құбыр ішінде құбыр, пластиналы, қабырғалы, ирек құбырлы және т.б. түрлерге бөледі. Жылуалмастыру аппараттарын пайдалану орындарына байланысты қыздырғыш, суытқыш, экономайзер, конденсатор, буландырғыш және т.б. деп те айтады.

Жылуалмастыру аппаратында ыстық жылу тасымалдағыштан алынған жылу мөлшері суық жылу тасымалдағышқа берілген жылуға тең. Аппараттан қоршаған ортаға шығындалған жылу мөлшері аз болғандықтан оны ескермейміз  $Q_0 = 0$ . Сонда жылу балансының теңдеуі былай жазылады

$$Q = G_1 \cdot c_{p1} (t_1' - t_1'') = G_2 \cdot c_{p2} (t_2' - t_2'')$$

Мұнда  $G_1$ ,  $G_2$  – ыстық және суық жылу тасымалдағыштардың массалық шығыны;  $c_{p1}$ ,  $c_{p2}$  – ыстық және суық жылу тасымалдағыштардың тұрақты қысымдағы жылусыйымдылықтары;  $t_1'$ ,  $t_1''$  – ыстық жылу тасымалдағыштың аппаратқа кірердегі және одан шыққандағы температуралары;  $t_2'$ ,  $t_2''$  – суық жылу тасымалдағыштың аппаратқа кірердегі және одан шыққандағы температуралары;  $Q$  – ыстық жылу тасымалдағыштан суық жылу тасымалдағышқа алмасқан жылу мөлшері.

Жылуалмасу теңдеуі.

$$Q = k \cdot \Delta t_{op} \cdot F$$

Мұнда  $k$  – жылуалмасу коэффициенті;  $\Delta t_{op}$  – орташа температура тегеуріні;  $F$  – жылуалмасу ауданы.

Для увеличения сроков хранения жидких продуктов проводятся процессы их пастеризации или стерилизации. В этом случае их необходимо нагреть до сравнительно высокой температуры и выдержать при этой температуре, затем эти жидкости охлаждают до температуры их хранения или фасовки.

Горячий продукт, поступающий на охлаждение после пастеризации при температуре 63-92<sup>0</sup>, содержит большое количество теплоты, которое может быть утилизировано.

Для использования теплоты горячего продукта его направляют в специальную секцию комбинированного аппарата для предварительного подогрева холодного продукта, поступающего на пастеризацию, а горячий пастеризованный продукт при этом в значительной степени охлаждается.

Такая операция получила название рекуперации теплоты, при этом теплообменники, предназначенные для ее проведения, называют рекуператорами или секциями рекуперации.

Таким образом, процесс обратной передачи от уже нагретой горячей среды к среде, поступающей на подогрев, с целью утилизации теплоты горячей среды, в технике принято называть рекуперацией теплоты.

Рекуперация теплоты при обработке потоков жидких продуктов позволяют получить большую экономию теплоты, расходуемой на пастеризацию.

|                                                                                                              |                                                                                  |                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ONTUSTIK QAZAQSTAN<br/><b>MEDISINA<br/>AKADEMIASY</b><br/>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p> |  | <p>SOUTH KAZAKHSTAN<br/><b>MEDICAL<br/>ACADEMY</b><br/>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                        |                                                                                  | <p>76/11</p>                                                                                            |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                        |                                                                                  | <p>27 беттің 5 беті</p>                                                                                 |

Основной характеристикой любого теплового процесса является количество подаваемой теплоты, которое для установившегося процесса рассчитывается с использованием уравнения теплопередачи.

## 5. Литература:

### Основная:

1. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 1. – Винница: Нова книга, 2014. -696 с.
2. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 2. – Винница: Нова книга, 2014. -664 с.
3. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
4. Промышленная технология лекарств, Том 2. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 557 с.
5. Мантлер С. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер, Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
6. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: В двух томах / Ю.И. Дытнерский. — М.: Альянс, 2015. — 368 с.
7. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для вузов / Ю.И. Дытнерский, Г.С. Борисов, В. Брыков. - М.: Альянс, 2015. - 496 с.
8. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов / А.Г. Касаткин. - М.: Альянс, 2014. - 752 с.
9. Остриков А.Н. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов: Учебное пособие / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко и др. - СПб.: Лань, 2018. - 440 с.
10. Алексеев, Г.В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств»: Уч. Пособие / Г.В. Алексеев, И.И.

### дополнительная:

11. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
12. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.
13. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии - Л.: Химия, 1987
14. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – том 1 – Алматы. – Издательский дом: «Жибек жолы».– 2008.– 592 с.
15. Государственная Фармакопея Республики Казахстан.– том 2. – Алматы.– Издательский дом: «Жибек жолы».– 2009. – 792 с.
16. Сағындыкова Б.А. Дәрілердің өндірістік технологиясы.– Алматы.–2011.– 346 б.
17. Акбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
18. Орымбетов Ә.М. Жылу техникасының негіздері. Шымкент. ОҚМУ, 2005 – 246 б.

## Контроль (вопросы, тесты, задачи и пр.)

### Задания в тестовой форме

1. Теплообменные аппараты, в которых нагревание жидких сред происходит за счет их соприкосновения с ранее нагретыми твердыми телами – насадкой, заполняющей аппарат, периодически нагреваемой другими теплоносителями, являются:

- А) выпарные аппарата
- В) поверхностные теплообменники
- С) теплообменники смешения
- Д) регенеративные теплообменники
- Е) сушилки

2. Теплообменные аппараты, в которых перенос тепла между обменивающимися теплом средами происходит через разделяющую их поверхность теплообмена – глухую стенку, являются:

- А) теплообменники смешения
- В) поверхностные теплообменники
- С) регенеративные теплообменники
- Д) выпарные аппарата
- Е) сушилки

3. Поверхность теплообмена в теплообменниках:

- А)  $F = Q/K\Delta t_{CP}$
- В)  $F = Q/K\Delta t_{пол}$



|                                                                                                       |                                                                                  |                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/>MEDISINA<br/>AKADEMIASY<br/>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p> |  | <p>SOUTH KAZAKHSTAN<br/>MEDICAL<br/>ACADEMY<br/>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                 |                                                                                  | <p>76/11</p>                                                                                     |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                 |                                                                                  | <p>27 беттің 6 беті</p>                                                                          |

C)  $F = M/K_Y \Delta Y_{CP}$

D)  $F = G/\rho w$

E)  $F = V_{OCB}/WCT$

4. В процессе теплообмена движение теплоносителей друг относительно друга вдоль разделяющей их стенки в одном и тем же направлении называется:

- A) противоток
- B) прямоток
- C) перекрестный ток
- D) смешанный ток
- E) перемешанный ток

5. В процессе теплообмена движение теплоносителей, при котором теплоносители движутся взаимно перпендикулярно друг другу, называется:

- A) перекрестный ток
- B) прямоток
- C) противоток
- D) смешанный ток
- E) перемешанный ток

6. В процессе теплообмена движение теплоносителей, при котором один из теплоносителей движется в одном направлении, а другой – как прямотоком, так и противотоком к первому, называется:

- A) перемешанный ток
- B) перекрестный ток
- C) прямоток
- D) противоток
- E) смешанный ток

7. Средняя движущая сила при противотоке теплоносителей:

A)  $\Delta P_{cp} = \frac{\Delta P_{\delta} - \Delta P_{\mu}}{\ln \frac{\Delta P_{\delta}}{\Delta P_{\mu}}}$

B)  $\Delta Y_{cp} = \frac{\Delta Y_H - \Delta Y_K}{\ln \frac{\Delta Y_H}{\Delta Y_K}}$

C)  $\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mu}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mu}}}$

D)  $\Delta t_{нол} = T - t_K$

E)  $\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_H - \Delta t_K}{\ln \frac{\Delta t_H}{\Delta t_K}}$

|                                                                                                              |                                                                                   |                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ONTUSTIK QAZAQSTAN<br><b>MEDISINA<br/>         AKADEMIASY</b><br>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ |  | SOUTH KAZAKHSTAN<br><b>MEDICAL<br/>         ACADEMY</b><br>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» |
| Кафедра «Инженерных дисциплин»                                                                               |                                                                                   | 76/11                                                                                                   |
| Методические указания для лабораторных занятий                                                               |                                                                                   | 27 бетің 7 беті                                                                                         |

**Тема 2:** Исследование теплофизических свойств водяного пара.

**Цель:** Ознакомление с теплофизическими свойствами водяного пара.

**Задачи обучения:**

**Студент должен знать:**

- общие сведения о водяном паре;
- общие сведения о процессе стерилизации веществ;
- виды стерилизации;
- физико-химические основы термической стерилизации лекарственных форм;
- стерилизация паром, тиндализация и воздушная стерилизация.

**Студент должен уметь:**

- определять давление водяного пара;
- определять температуру водяного пара;
- определять количество теплоты для получения водяного пара;
- определять параметры пара с помощью  $h_s$  – диаграммы водяного пара.

**Основные вопросы темы:**

1. Изменения агрегатных состояний веществ.
2. Теплофизические свойства водяного пара.
3. Термическая стерилизация лекарственных форм.

**Методы обучения и преподавания:**

Студенты должны разобраться с работой лабораторного автоклава. На виртуальной лабораторной установке:

1. Пройти тестирование по основным характеристикам водяного пара.
2. Изучить процесс стерилизации в автоклаве.
3. Определить давление и температуру водяного пара в автоклаве, и сравнить их с табличными значениями.

**Теоретические сведения**

**Понятия о водяном паре.** Одним из распространенных рабочим телом в паровых турбинах, паровых машинах, в атомных установках, теплоносителем в различных теплообменниках является водяной пар. Пар - газообразное тело в состоянии, близкое к кипящей жидкости.

Парообразование – процесс превращения вещества из жидкого состояния в парообразное.

Испарение – парообразование, происходящее всегда при любой температуре с поверхности жидкости.

При некоторой определенной температуре, зависящей от природы жидкости и давления, под которым она находится, начинается парообразование во всей массе жидкости. Этот процесс называется кипением. Обратный процесс парообразования называется конденсацией. Она также протекает при постоянной температуре.

Процесс перехода твердого вещества непосредственно в пар называется сублимацией. Обратный процесс перехода пара в твердое состояние называется десублимацией.

При испарении жидкости в ограниченном пространстве (в паровых котлах) одновременно происходит обратное явление – конденсация пара. Если скорость конденсации станет равной скорости испарения, то наступает динамическое равновесие. Пар в этом случае имеет максимальную плотность и называется насыщенным паром.

Если температура пара выше температуры насыщенного пара того же давления, то такой пар называется перегретым. Разность между температурой перегретого пара и



|                                                                                                       |                                                                                  |                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/>MEDISINA<br/>AKADEMIASY<br/>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p> |  | <p>SOUTH KAZAKHSTAN<br/>MEDICAL<br/>ACADEMY<br/>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                 |                                                                                  | <p>76/11</p>                                                                                     |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                 |                                                                                  | <p>27 беттің 8 беті</p>                                                                          |

температурой насыщенного пара того же давления называется степенью перегрева.

В момент испарения последней капли жидкости в ограниченном пространстве без изменения температуры и давления образуется сухой насыщенный пар. Состояние такого пара определяется одним параметром - давлением.

Механическая смесь сухого и мельчайших капелек жидкости называется влажным паром.

Массовая доля сухого пара во влажном паре называется степенью сухости –  $x$ .

Стерилизация — это процесс умерщвления в объекте или удаления из него всех видов микроорганизмов.

В технологии лекарственных форм промышленного производства в настоящее время используют 3 группы методов стерилизации: механические, химические и физические.

### **Механические методы стерилизации**

**Стерилизующая фильтрация**. Микробные клетки и споры можно рассматривать как нерастворимые образования с очень малым (1-2 мкм) размером частиц. Подобно другим включениям, они могут быть отделены от жидкости механическим путем – фильтрованием сквозь мелкопористые фильтры. Стерилизующая фильтрация имеет преимущества по сравнению с методами термической стерилизации. Для многих растворов термолабильных веществ (апоморфина гидрохлорид, викасол, барбитал натрия и другие) он является единственно доступным методом стерилизации. Метод весьма перспективный в производстве глазных капель.

### **Химические методы стерилизации**

Эти методы основаны на высокой специфической (избирательной) чувствительности микроорганизмов к различным химическим веществам, что обуславливается физико-химической структурой их клеточной оболочки и протоплазмы. Некоторые вещества вызывают коагуляцию протоплазмы клетки, другие – действуют как окислители, ряд веществ влияет на осмотические свойства клетки, многие химические факторы вызывают гибель микробиологической клетки благодаря разрушению ферментной системы. Основой любого варианта химической стерилизации является взаимодействие бактерицидного вещества с компонентами микробной клетки или споры. Химическая стерилизации подразделяется на стерилизацию растворами (веществами) и стерилизацию газами (газовая стерилизация).

**Стерилизация растворами или веществами**. Используют для обеззараживания различной аппаратуры, трубопроводов и другого оборудования, применяемого в производстве стерильной продукции.

**Газовая стерилизация**. Своеобразной химической стерилизацией является метод стерилизации газами. Преимуществом метода является возможность стерилизации объектов в пластмассовой упаковке, проницаемой для газов. В герметическую камеру вводят стерилизانت – смесь этиленоксида и углерода диоксида в соотношении 9:1. Углекислый газ добавляют в связи со взрывоопасностью окиси этилена. При стерилизации стерилизانت поступает в аппарат под давлением до 2 кгс/см<sup>2</sup> (196133 Н/м<sup>2</sup>) при температуре 43-45°C. Продолжительность стерилизации зависит от проницаемости упаковки, толщины слоя материала и продолжается от 4 до 20 часов. Затем этиленоксид удаляют продуванием стерильным воздухом (азотом) или путем вакуумирования. При химической стерилизации газами погибают все вегетативные формы микроорганизмов и плесневые грибы.

Главный недостаток химических методов стерилизации – необходимость освобождения простерилизованного объекта от остатков стерилизанта и продуктов возможного взаимодействия. Широкому распространению этого метода препятствуют



|                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН<br><b>MEDISINA<br/>         AKADEMIASY</b><br>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ |  |  SOUTH KAZAKHSTAN<br><b>MEDICAL<br/>         ACADEMY</b><br>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» |
| Кафедра «Инженерных дисциплин»                                                                               |  | 76/11                                                                                                                                                                                    |
| Методические указания для лабораторных занятий                                                               |  | 27 бетің 9 беті                                                                                                                                                                          |

длительность стерилизации, высокая стоимость, возможность побочного действия химического агента на обслуживающий персонал и, тем не менее, для ряда лекарственных препаратов – это единственно надежный способ стерилизации в современных условиях.

**Использование консервантов.** Добавление консервантов условно можно отнести к методам химической стерилизации. Введение консервантов в растворы проводится в тех случаях, когда нельзя гарантировать сохранение стерильности. При этом возможно снижение температуры стерилизации или сокращение времени ее проведения.

Механизмы воздействия консервантов на микроорганизмы очень различны и определяются их химическим строением. Основным результатом при этом является нарушение жизненных функций клетки, в частности, инаktivация белковой части клеточных ферментов. В зависимости от степени инаktivации наступает либо гибель клетки, либо замедление ее жизненных функций.

### **Физические методы стерилизации**

**Тепловая (термическая) стерилизация.** Наиболее распространенным является термический метод стерилизации насыщенным водяным паром (при избыточном давлении 1,1 кгс/см<sup>2</sup> и температуре 120°C или давлении 2 кгс/см<sup>2</sup> и температуре 132°C), который осуществляют в паровых стерилизаторах различного типа.

В зависимости от температурного режима тепловая стерилизация подразделяется на: паром под давлением (автоклавирование); текучим паром; тиндализацию; воздушную.

**Стерилизация паром под давлением.** Автоклавирование – это стерилизация растворов, устойчивых к нагреванию, паром под давлением 1,1 атм при температуре 119-121°C. В данных условиях погибают не только вегетативные, но и споровые микроорганизмы за счет коагуляции белка клетки.

Этот традиционный способ стерилизации обладает сегодня преимуществом перед другими по трем причинам. Во-первых, он дает возможность стерилизации препаратов в конечной герметичной упаковке, что исключает опасность вторичной контаминации. Во-вторых, благодаря длительной практике использования он обеспечен достаточно надежной аппаратурой. И, в-третьих, на сегодняшний день он наиболее экономичен. При этом методе происходит комбинированное воздействие на микроорганизмы высокой температуры и влажности, при этом погибают самые стойкие споры. Коагуляция белковых веществ в этих условиях начинается при температуре 56°C.

Стерилизацию паром под давлением проводят в стерилизаторах различной конструкции цилиндрической или квадратной формы.

**Стерилизация текучим паром.** Растворы веществ, термически малоустойчивые, иногда стерилизуют при 100°C текучим паром (без примеси воздуха и избыточного давления). Насыщенный пар убивает только вегетативные формы микроорганизмов и при наличии в объекте споровых форм этот метод неэффективен.

**Тиндализация (дробная стерилизация).** Для термоллабильных веществ, а также для растворов в шприц-ампулах стерилизацию иногда проводят методом тиндализации. Суть метода заключается в трехкратном нагревании растворов до 40-60°C с перерывами в сутки, в течение которых объекты термостатируют при температуре 37±1°C для прорастания споровых форм в вегетативные.

**Стерилизация сухим жаром (воздушная стерилизация).** Стерилизация сухим жаром, проводимая в аэроsterилах или других аппаратах этого типа, также высокоэффективна. При этом погибают все формы микроорганизмов за счет пирогенетического разложения белковых веществ. Однако, высокая температура нагрева (160-200°C), длительное время воздействия (1-2 часа) и сухой горячий воздух оказывает

|                                                                                                       |                                                                                  |                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/>MEDISINA<br/>AKADEMIASY<br/>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p> |  | <p>SOUTH KAZAKHSTAN<br/>MEDICAL<br/>ACADEMY<br/>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                 |                                                                                  | <p>76/11</p>                                                                                     |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                 |                                                                                  | <p>27 беттің 10 беті</p>                                                                         |

повреждающее действие на стерилизуемые объекты и, следовательно, ограничивают возможности данного способа.

**Радиационная стерилизация.** Лучистая энергия губительно действует на клетки живого организма, в том числе и на различные микроорганизмы. Принцип стерилизующего эффекта этих излучений основан на способности вызывать в живых клетках при определенных дозах поглощенной энергии такие изменения, которые неизбежно приводят их к гибели за счет нарушения метаболических процессов и коагуляции белка.

**Ультразвуковая стерилизация.** Прохождение ультразвука (УЗ) в жидкой среде сопровождается чередующимися сжатиями, разрежениями и большими переменными ускорениями. В жидкости образуются разрывы, называемые кавитационными полостями. В момент сжатия эти полости захлопываются. Избыточное давление, создаваемое УЗ-волной, накладывается на постоянное гидростатическое и суммарно может составлять в пузырьках несколько атмосфер. В качестве «зародышей» кавитационных полостей могут быть пузырьки газа, пара в жидкости, твердые частицы и места неровностей твердой поверхности. Большие импульсные давления кавитаций приводят к разрушению целостности клеточной мембраны микроорганизмов, спорных образований и других частиц. Важно установить оптимальные параметры процесса стерилизации, так как высокие импульсные давления могут приводить к механическому разрушению ампул.

**Стерилизация токами высокой и сверхвысокой частоты.** Принцип действия высокочастотного поля заключается в его активном воздействии на ориентацию молекул вещества. Изменение направленности поля вызывает изменение ориентации молекул и поглощение части энергии поля веществом. В результате происходит быстрый нагрев вещества во всех точках его массы.

#### **Автоклав**

Автоклав — аппарат для нагрева под давлением выше атмосферного. Автоклавы бывают: вращающиеся, качающиеся, горизонтальные, вертикальные и колонные. Автоклав представляет собой сосуд либо замкнутый, либо с открывающейся крышкой. При необходимости снабжаются внутренними, наружными или выносными теплообменниками, механическими, электромагнитными, либо пневматическими перемешивающими устройствами и контрольно-измерительными приборами для измерения и регулирования давления, температуры, уровня жидкости и т. п.

Когда вода кипит в автоклаве, повышается температура кипения. Это происходит так: по мере того, как температура воды приближается к 100 °С, испарение воды усиливается. Водяной пар, являясь, по сути, газом, создаёт в автоклаве избыточное давление, что приводит к уменьшению дальнейшего испарения, и в итоге давление поднимается настолько, что кипение останавливается, и нагретая выше 100 °С вода продолжает оставаться жидкой. Чем выше температура, тем выше давление в системе. Более высокое тепло, да ещё и при повышенном давлении, оказывает более мощный эффект на разрушение микроорганизмов.

На рисунке 1 показан автоклав ГК-10-1 паровой настольный стерилизатор горизонтального типа.

Стерилизация производится методом паровой обработки при температуре +132. °С под давлением 0.2 МПа. Объем рабочей камеры - 10 литров. Время стерилизации 20 минут. За цикл затрачивается пол-литра воды.



|                                                                                                                          |  |                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p> ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/> <b>MEDISINA</b><br/> <b>AKADEMIASY</b><br/> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p> |  | <p> SOUTH KAZAKHSTAN<br/> <b>MEDICAL</b><br/> <b>ACADEMY</b><br/> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                                    |  | <p>76/11<br/>27 беттің 11 беті</p>                                                                                  |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                                    |  |                                                                                                                     |

Рабочая камера и основные элементы выполнены из высококачественной "нержавейки" 12X18H10T (AISI 321). Для удобства загрузки рабочая камера имеет форму цилиндра и расположена горизонтально.

#### Технические характеристики автоклава ГК 10-1:

Объем камеры - 10 л; Расход воды на 1 цикл стерилизации - не более 0,5 л;  
Габариты – 610X280X340 мм; Диаметр камеры – 190 мм; Глубина камеры - 360 мм;  
Напряжение – 220 В; Установочная мощность – 1 кВт; Масса – 21 кг.

#### Порядок выполнения работы

1. Залить в автоклав 0,5 л деминерализованной воды.
2. Включить нагреватель автоклава.
3. Довести температуру воды до температуры кипения и интенсивного выделения пара.
4. Выпустить немного пара из автоклава для вытеснения воздуха из полости стерилизатора.
5. Плотно закрыть крышку автоклава.
6. Довести давление пара в автоклаве до заданного давления.
7. Записать температуру и давления пара в протокол наблюдения.
8. Сравнить полученные данные с табличными значениями водяного пара.



Рисунок 1. Автоклав ГК-10-1

#### Протокол наблюдения

| Параметры пара | Экспериментальные данные |       | Табличные данные |       | Барометр.<br>давление |
|----------------|--------------------------|-------|------------------|-------|-----------------------|
|                | Р <sub>изб</sub> , кПа   | t, °C | P, кПа           | t, °C |                       |
| 1 режим        |                          |       |                  |       |                       |
| 2 режим        |                          |       |                  |       |                       |
| 3 режим        |                          |       |                  |       |                       |

#### 5. Литература:

|                                                                                                       |                                                                                  |                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/>MEDISINA<br/>AKADEMIASY<br/>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p> |  | <p>SOUTH KAZAKHSTAN<br/>MEDICAL<br/>ACADEMY<br/>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                 |                                                                                  | <p>76/11</p>                                                                                     |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                 |                                                                                  | <p>27 беттің 12 беті</p>                                                                         |

## Основная:

1. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 1. – Винница: Нова книга, 2014. -696 с.
2. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 2. –Винница: Нова книга, 2014. -664 с.
3. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
4. Промышленная технология лекарств, Том 2. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 557 с.
5. Мантлер С. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер, Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
6. Дытнерский Ю.И Процессы и аппараты химической технологии: В двух томах / Ю.И Дытнерский. — М.: Альянс, 2015. — 368 с.
7. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для вузов / Ю.И. Дытнерский, Г.С. Борисов, В.Брыков. - М.: Альянс, 2015. - 496 с.
8. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов / А.Г. Касаткин. - М.: Альянс, 2014. - 752 с.
9. Остриков А.Н. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и теплообменных процессов: Учебное пособие / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко и др. - СПб.: Лань, 2018. - 440 с.
10. Алексеев, Г.В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств»: Уч. Пособие / Г.В. Алексеев, И.И.

## дополнительная:

11. Пласкин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
12. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.
13. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии - Л.: Химия, 1987
14. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – том 1 – Алматы. – Издательский дом: «Жибек жолы».– 2008.– 592 с.
15. Государственная Фармакопея Республики Казахстан.– том 2. – Алматы.– Издательский дом: «Жибек жолы».– 2009. – 792 с.
16. Сағындыкова Б.А. Дәрілердің өндірістік технологиясы.– Алматы.–2011.– 346 б.
17. Акбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.
18. Орымбетов Ә.М. Жылу техникасының негіздері. Шымкент. ОҚМУ, 2005 – 246 б.

## Контроль (вопросы, тесты, задачи и пр.)

### Задания в тестовой форме

- 1** Дайте определения процессам 1) Испарение, 2) Кипение, 3) Конденсация, 4) Плавление, 5) Затвердевание.

#### Ответы:

1. Переход из газообразного состояния в жидкое состояние.
2. Переход вещества из твердого состояния в жидкое состояние.
3. Переход вещества из жидкого состояния в твердое состояние.
4. Парообразование происходит во всем объеме жидкости.
5. Парообразование происходит через свободную поверхность жидкости.

- 2** Определите количество теплоты, затрачиваемое на нагрев водяного пара, в 1) Изохорном, 2) Изобарном, 3) Изотермическом, 4) Адиабатном, 5) Политропном процессах.

#### Ответы:

- 1)  $q = \Delta u + l_{1-2}$ . 2)  $q = 0$ . 3)  $q = u_2 - u_1$ . 4)  $q = h_2 - h_1$ . 5)  $q = T(s_2 - s_1)$ .

- 3** Дайте определения понятиям 1) Насыщенный пар, 2) Сухой насыщенный пар, 3) Влажный насыщенный пар, 4) Перегретый пар, 5) Теплота парообразования.

#### Ответы:

1. Пар, полученный при нагреве сухого насыщенного пар.
2. Насыщенный пар, который содержит капельки жидкости.
3. Количество теплоты, необходимое для преобразования 1 кг кипящей жидкости в сухой насыщенный пар, при постоянном давлении.
4. Пар, который находится в термодинамическом равновесии с жидкостью.
5. Насыщенный пар, который не содержит капельки жидкости.

- 4** Определите 1) Степень сухости влажного пара, 2) Степень сухости кипящей жидкости, 3) Степень сухости сухого насыщенного пара, 4) Теплоемкость воды [кДж/(кг·К)], 5) Критическую температуру



|                                                                                                                   |  |                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p> ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/> <b>MEDISINA<br/> AKADEMIASY</b><br/> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p> |  | <p>  SOUTH KAZAKHSTAN<br/> <b>MEDICAL<br/> ACADEMY</b><br/> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                             |  | <p>76/11<br/>27 беттің 13 беті</p>                                                                                                                                                            |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                             |  |                                                                                                                                                                                               |

воды [К].

**Ответы:**

1) 1. 2) 647, 27. 3) 4,19. 4) 0,6. 5) 0.

### **Тема 3: Исследование работы двухкорпусной выпарной установки.**

**Цель:** Ознакомление с устройством и работой двухкорпусной выпарной установки.

**Задачи обучения:**

**Студент должен знать:**

- общие сведения о процессе выпаривания;
- виды выпаривания;
- физико-химические основы выпаривания;
- однократное выпаривание;
- многократное выпаривание.

**Студент должен уметь:**

- составлять материальный баланс процесса выпаривания;
- определять количество выпаренной воды;
- определять массовый расход греющего пара;
- определять полезную разность температур;
- определять площадь поверхности теплопередачи.

**Основные вопросы темы:**

4. Многокорпусный выпарной аппарат.
5. Температурная депрессия раствора.
6. Гидростатическая потеря разности температур.
7. Гидродинамическая потеря разности температур.
8. Полезная разность температур;
9. Расход энергии на выпаривание.
10. Площадь поверхности теплопередачи.

**Методы обучения и преподавания:**

Студенты должны разобраться с работой двухкорпусной выпарной установки. На виртуальной лабораторной установке:

4. Пройти тестирование по основным характеристикам выпарных установок.
5. Изучить процесс выпаривания жидкости в условиях естественной циркуляции (визуальное наблюдение).
6. Определить коэффициент теплоотдачи в первом корпусе и коэффициент теплопередачи во втором корпусе по данным опытов.
7. Определить потери тепла в окружающую среду.

**Теоретические сведения.**

Выпаривание – это процесс удаления при кипении жидкого летучего компонента из растворов или неоднородных жидких систем с целью увеличения концентрации нелетучих компонентов.

Выпариванию подвергаются однородные растворы нелетучих веществ в летучем растворителе (например, сахара или соли в воде) и неоднородные системы – такие специфические для мясной и молочной промышленности, как кровь, бульоны, экстракты, молочные продукты.

|                                                                                                       |                                                                                  |                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ONTUSTIK QAZAQSTAN<br/>MEDISINA<br/>AKADEMIASY<br/>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p> |  | <p>SOUTH KAZAKHSTAN<br/>MEDICAL<br/>ACADEMY<br/>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                 |                                                                                  | <p>76/11</p>                                                                                     |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                 |                                                                                  | <p>27 беттің 14 беті</p>                                                                         |

Выпаривание отличается от процесса испарения. Испарение происходит с поверхности жидкой системы при любой температуре, в то время как выпаривание происходит по всему объему жидкой системы при температуре, соответствующей температуре кипения при данном давлении, и является более интенсивным процессом.

В процессе выпаривания летучая составная часть системы кипит и удаляется из нее в виде паров. Количество остающейся части системы уменьшается, а содержание нелетучих компонентов остается неизменным. Таким образом, концентрация сухих веществ в ходе процесса непрерывно возрастает.

Основным фактором, определяющим интенсивность выпаривания и производительность выпарного аппарата, является температурный перепад  $\Delta t$  - разность между температурами теплоносителя (например, греющего пара  $t_{г.п.}$ ) и температурой кипения жидкой системы  $t$ .

Температура кипения растворов всегда выше температуры растворителей, она зависит от химической природы растворенных веществ и растворителей и растет с увеличением концентрации растворов и внешнего давления.

Разность между температурой кипения раствора  $t$  и чистого растворителя  $t$  при одинаковом внешнем давлении называется температурной депрессией  $\Delta$ , которую иногда называют физико- химической депрессией. Повышение температуры кипения раствора определяется наряду с температурной депрессией, также гидростатической и гидравлической депрессиями.

Если жидкость кипит внутри трубки, то температура кипения на поверхности будет ниже, чем внизу кипяtilьной трубки, так как к давлению вторичного пара в паровом пространстве прибавляется еще гидростатическое давление столба жидкости.

Если давление вторичного пара над раствором  $P_{в.п.}$  известно, то из таблиц свойств водяного пара можно найти температуру вторичного пара  $t_{в.п.}$ . Прибавляя к давлению пара  $P_{г.п.}$  величину дополнительного давления  $\Delta P$ , получают общее давление. Дополнительное давление принимают как среднее по высоте  $H$  слоя раствора.

Повышение температуры кипения раствора из- за повышения давления в аппарате вследствие гидравлических потерь при прохождении вторичного пара через ловушку, сепараторы, выходной паропровод и т.д. называется гидравлической депрессией  $\Delta_d$ .

Принцип работы многокорпусных выпарных установок состоит в том, что вторичный пар, полученный в первом аппарате (корпусе), поступает на обогрев второго корпуса, в котором давление в зоне кипения должно быть ниже давления вторичного пара в первом корпусе. Таким образом, выпаривание во втором корпусе происходит за счет использования теплоты вторичного пара из первого корпуса.

## Литература:

### Основная:

1. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 1. – Винница: Нова книга, 2014. -696 с.
2. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 2. –Винница: Нова книга, 2014. -664 с.
3. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
4. Промышленная технология лекарств, Том 2. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 557 с.
5. Мантлер С. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер, Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
6. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: В двух томах / Ю.И. Дытнерский. — М.: Альянс, 2015. — 368 с.
7. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для вузов / Ю.И. Дытнерский, Г.С. Борисов, В. Брыков. - М.: Альянс, 2015. - 496 с.
8. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов / А.Г. Касаткин. - М.: Альянс, 2014. - 752 с.
9. Остриков А.Н. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов: Учебное пособие / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко и др. - СПб.: Лань, 2018. - 440 с.



|                                                                                                                          |  |                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p> ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/> <b>MEDISINA</b><br/> <b>AKADEMIASY</b><br/> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p> |  | <p> <br/> SOUTH KAZAKHSTAN<br/> <b>MEDICAL</b><br/> <b>ACADEMY</b><br/> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                                    |  | <p>76/11</p>                                                                                                                                                                                              |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                                    |  | <p>27 беттің 15 беті</p>                                                                                                                                                                                  |

10. Алексеев, Г.В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств»: Уч. Пособие / Г.В. Алексеев, И.И.

**дополнительная:**

11. Пласкин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.  
12. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. – М.: Колос, 2000.  
13. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии - Л.: Химия, 1987  
14. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – том 1 – Алматы. – Издательский дом: «Жибек жолы».– 2008. – 592 с.  
15. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – том 2. – Алматы. – Издательский дом: «Жибек жолы».– 2009. – 792 с.  
16. Сағындыкова Б.А. Дәрілердің өндірістік технологиясы. – Алматы. – 2011. – 346 б.  
17. Акбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.

**Контроль (вопросы, тесты, задачи и пр.)**

**Задания в тестовой форме**

1. Выпариванием называется:

- A) концентрированием растворов практически нелетучих или мало летучих веществ в жидких летучих растворителях  
B) частичное удаление растворителя из всего объема раствора при его температуре кипения  
C) получение высококонцентрированных растворов  
D) частичное удаление растворителя с поверхности раствора при любых температурах ниже температуры кипения  
E) выделение растворителя в чистом виде

2. Какими теплоносителями подводится тепло для выпаривания?

- A) водяной пар  
B) вода  
C) с помощью твердых теплоносителей  
D) с помощью токов высокой частоты  
E) тепловым излучением

3. В качестве греющего агента в процессе выпаривания используют водяной пар, который называется:

- A) греющий  
B) вторичный  
C) сухой  
D) экстра-пар  
E) насыщенный

4. Пар, образующийся при выпаривании кипящего раствора, называется:

- A) вторичный  
B) греющий  
C) сухой  
D) экстра-пар  
E) насыщенный

5. Пар, отбираемый на сторону в процессе выпаривания, называется:

- A) экстра-пар  
B) греющий  
C) вторичный  
D) сухой  
E) насыщенный

6. Движущей силой процессов выпаривания является:

- A) разность температур  
B) сила тяжести

|                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН<br><b>MEDISINA<br/>         AKADEMIASY</b><br>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ |  |  SOUTH KAZAKHSTAN<br><b>MEDICAL<br/>         ACADEMY</b><br>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» |
| Кафедра «Инженерных дисциплин»                                                                               |  | 76/11                                                                                                                                                                                    |
| Методические указания для лабораторных занятий                                                               |  | 27 беттің 16 беті                                                                                                                                                                        |

- C) разность давлений
- D) центробежная сила
- E) разность концентраций

#### Тема 4: Исследование процесса распылительной сушки

**Цель:** Ознакомление с устройством и работой распылительной сушилки.

**Задачи обучения:**

**Студент должен знать:**

- методы сушки;
- формы связи влаги с материалом;
- кинетику сушки;

**Студент должен уметь:**

- составлять материальный баланс сушилки;
- составлять тепловой баланс сушилки;
- использовать для расчетов  $H_d$  - диаграмму влажного воздуха.

**Основные вопросы темы:**

1. Влагосодержание
2. Степень насыщения воздуха парами воды
3. Энтальпия (теплосодержание) влажного воздуха
4. Материальный баланс конвективной сушилки.
5. Процесс сушки на  $H_d$  - диаграмме влажного воздуха.
6. Тепловой баланс конвективной сушилки.
7. Способы распыления продукта в сушилках.
8. Типы распылительных сушилок.

**Методы обучения и преподавания:**

Студенты должны разобраться с работой распылительной сушилки. На виртуальной лабораторной установке:

1. Пройти тестирование по основным характеристикам распылительной сушилки.
2. Ознакомиться с работой виртуальной распылительной сушильной установки.
3. Определить основные величины, характеризующие ее эффективность.
4. Построить изображения процесса сушки на диаграмме Рамзина.

**Теоретические сведения.**

Сушкой называют процесс удаления влаги из влажных материалов путем ее испарения и отвода образующихся паров. Наиболее распространенным способом проведения этого процесса в фармацевтической промышленности является конвективная сушка, которая ведется при непосредственном контакте сушильного агента (нагретого воздуха) с влажным материалом. Таким образом, сушильный агент является теплоносителем и средой, в которую переходит влага из материала в виде паров. Свойство влажного воздуха как сушильного агента определяется содержанием в нем паров воды и его температурой. Содержание водяного пара в сушильном агенте выражают через влагосодержание.

Влагосодержание – это масса водяного пара, приходящего на 1 кг абсолютно сухого воздуха.

Степень насыщения воздуха парами воды можно определить по относительной влажности воздуха.



|                                                                                                                          |  |                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p> ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/> <b>MEDISINA</b><br/> <b>AKADEMIASY</b><br/> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p> |  | <p> <br/> SOUTH KAZAKHSTAN<br/> <b>MEDICAL</b><br/> <b>ACADEMY</b><br/> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                                    |  | <p>76/11<br/>27 беттің 17 беті</p>                                                                                                                                                                        |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                                    |  |                                                                                                                                                                                                           |

При температуре воздуха выше  $100^{\circ}\text{C}$  давление насыщенного пара равно барометрическому давлению.

Если  $\varphi = 0$ , то воздух абсолютно сухой. Если  $\varphi=1$  то воздух полностью насыщен парами воды и не может использоваться как сушильный агент.

Энтальпия (теплосодержание) влажного воздуха определяется количеством теплоты приходящейся на 1 кг абсолютно сухого воздуха и выражается в виде суммы энтальпий абсолютно сухого воздуха и водяного пара.

С целью упрощения технических расчетов процесса сушки профессор Л.К. Рамзин в 1918г. предложил диаграмму состояния влажного воздуха.

Распылительные сушилки являются конвективными сушилками и применяются в фармацевтической промышленности для сушки высоковлажных продуктов. Благодаря развитой поверхности испарения и высокой скорости удаления влаги время сушки мало. В этих условиях продукт не перегревается, что обеспечивает его высокое качество.

По способу распыления продукта сушилки бывают форсуночными и дисковыми (центробежными).

Распылительные сушилки в зависимости от движения воздуха и частиц молока можно подразделить на три основных типа:

1. Прямоточные – направления движения сушильного агента и частиц материала совпадают.
2. Протовочные – направления движения сушильного агента и частиц противоположны.
3. Со смешанным потоком.

В зависимости от свойств высушиваемого материала выбирают температуру сушильного агента, а также схему направления движения сушильного агента и высушиваемого материала.

## Литература:

### Основная:

1. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 1. – Винница: Нова книга, 2014. -696 с.
2. В.И. Чуешов, Е.В. Гладух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 2. –Винница: Нова книга, 2014. -664 с.
3. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
4. Промышленная технология лекарств, Том 2. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 557 с.
5. Мانتлер С. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мانتлер, Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
6. Дытнерский Ю.И Процессы и аппараты химической технологии: В двух томах / Ю.И Дытнерский. — М.: Альянс, 2015. — 368 с.
7. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для вузов / Ю.И. Дытнерский, Г.С. Борисов, В.Брыков. - М.: Альянс, 2015. - 496 с.
8. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов / А.Г. Касаткин. - М.: Альянс, 2014. - 752 с.
9. Остриков А.Н. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов: Учебное пособие / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко и др. - СПб.: Лань, 2018. - 440 с.
10. Алексеев, Г.В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств»: Уч. Пособие / Г.В. Алексеев, И.И.

### дополнительная:

11. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
12. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.
13. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии - Л.: Химия, 1987
14. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – том 1 – Алматы. – Издательский дом: «Жибек жолы».– 2008.– 592 с.
15. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – том 2. – Алматы. – Издательский дом: «Жибек жолы».– 2009. – 792 с.
16. Сағындыкова Б.А. Дәрілердің өндірістік технологиясы. – Алматы.–2011. – 346 б.
17. Акбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.

## Контроль (вопросы, тесты, задачи и пр.)

|                                                                                                       |                                                                                  |                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/>MEDISINA<br/>AKADEMIASY<br/>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p> |  | <p>SOUTH KAZAKHSTAN<br/>MEDICAL<br/>ACADEMY<br/>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                 |                                                                                  | <p>76/11</p>                                                                                     |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                 |                                                                                  | <p>27 беттің 18 беті</p>                                                                         |

### Задания в тестовой форме

- Процесс сушки материала путем непосредственного соприкосновения высушиваемого материала с сушильным агентом называется:
  - конвективная сушка
  - контактная сушка
  - радиационная сушка
  - диэлектрическая сушка
  - сублимационная сушка
- Процесс сушки материала путем передачи тепла от теплоносителя к материалу через разделяющую их стенку называется:
  - контактная сушка
  - конвективная сушка
  - радиационная сушка
  - диэлектрическая сушка
  - сублимационная сушка
- Процесс сушки материала путем передачи тепла инфракрасными лучами называется:
  - радиационная сушка
  - конвективная сушка
  - контактная сушка
  - диэлектрическая сушка
  - сублимационная сушка
- Процесс сушки материала путем нагревания в поле токов высокой частоты называется:
  - диэлектрическая сушка
  - конвективная сушка
  - контактная сушка
  - радиационная сушка
  - сублимационная сушка
- Процесс сушки материала в замороженном состоянии при глубоком вакууме называется:
  - сублимационная сушка
  - конвективная сушка
  - контактная сушка
  - радиационная сушка
  - диэлектрическая сушка

**Тема 5:** Изучение процесса простой перегонки

**Цель:** Ознакомление с устройством и работой установки простой перегонки бинарной смеси.

**Задачи обучения:**

**Студент должен знать:**

- общие сведения о простой перегонке;



|                                                                                                                   |  |                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p> ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/> <b>MEDISINA<br/> AKADEMIASY</b><br/> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p> |  | <p>  SOUTH KAZAKHSTAN<br/> <b>MEDICAL<br/> ACADEMY</b><br/> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                             |  | <p>76/11</p>                                                                                                                                                                                  |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                             |  | <p>27 беттің 19 беті</p>                                                                                                                                                                      |

- виды простой перегонки;
- закон Рауля;
- закон Дальтона;
- материальный баланс простой перегонки;
- уравнение простой перегонки.

#### **Студент должен уметь:**

- составлять материальный баланс простой перегонки;
- описать принципиальную схему установки для простой перегонки;

#### **Основные вопросы темы:**

1. Периодическая и непрерывная перегонка.
2. Закон Рауля.
3. Зависимость температуры кипения жидкости и конденсации паров от составов жидкой и паровой фаз.
4. Равновесные составы фаз
5. Уравнение материального баланса по низкокипящему компоненту.

#### **Методы обучения и преподавания:**

Студенты должны ознакомиться с устройством и работой установки простой перегонки бинарной смеси. На лабораторной установке:

1. Замерить объем исходной смеси.
2. Определить состав смеси по легколетучему (низкокипящему) компоненту с помощью рефрактометра.
3. Замерить количество дистиллята и его средний состав.
4. Замерить объем кубового остатка и его средний состав.
5. Составить материальный баланс процесса простой перегонки.

#### **Теоретические сведения.**

Во многих фармацевтических, пищевых и химических производствах и других отраслях промышленности необходимо производить выделение чистых веществ из смеси жидкостей. Разделение жидких гомогенных смесей является важной технологической операцией, как на стадии подготовки сырья так и при получении продуктов. Одной из широко распространенных методов разделения таких смесей на компоненты является перегонка жидкостей (простая перегонка или дистилляция и ректификация).

Перегонку широко используют для промышленного разделения как бинарных, так и многокомпонентных смесей.

Этот метод основан на различии летучести (давлении насыщенных паров) отдельных компонентов смеси при какой-то определенной температуре (на различии их температур кипения при каком-то определенном давлении). При перегонке жидкость нагревают до температуры кипения, и часть ее испаряют (переводят в паровую фазу) с последующей конденсацией паров. Применительно к перегонке бинарной смеси, полученный конденсат (дистиллят) при этом оказывается более обогащенным летучим компонентом (низкокипящим – НК), а не испарившийся остаток (кубовый остаток) – менее летучим компонентом (высококипящим – ВК). В промышленности перегонку проводят как при обычном, так и при пониженном или повышенном давлении. Использование пониженного давления (разряжения или вакуума) снижает температуру кипения жидких смесей. Это часто оказывается необходимым, так как позволяет работать с термолабильными веществами, не выдерживающими высоких температур. Кроме того, снижение температуры перегонки нередко улучшает эффективность разделения, увеличивая разность летучести компонентов, а также позволяет использовать для подвода тепловой

|                                                                                                                                                      |  |                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;"> ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/> <b>MEDISINA</b><br/> <b>AKADEMIASY</b><br/> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p> |  | <p style="text-align: center;"> <br/> SOUTH KAZAKHSTAN<br/> <b>MEDICAL</b><br/> <b>ACADEMY</b><br/> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p> |
| <p style="text-align: center;">Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                                    |  | 76/11<br>27 беттің 20 беті                                                                                                                                                                                                            |
| <p style="text-align: center;">Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                                    |  |                                                                                                                                                                                                                                       |

энергии кипящей жидкости источники теплоты с не очень высокой температурой. К повышению давления прибегают при необходимости перегонять смеси веществ, находящихся при обычном давлении в газообразном состоянии. В зависимости от степени обогащения паровой фазы легколетучим компонентом перегонка делится на два принципиально различных вида: простая перегонка (дистилляция) и сложная перегонка (ректификация).

Простая перегонка представляет собой процесс однократного частичного испарения жидкой смеси, отвода и конденсации образующихся паров. Она не позволяет добиться полного разделения жидкой смеси на компоненты и дает лишь дистиллят, обогащенный НК и кубовый остаток, обогащенный ВК. Поэтому ее обычно используют для предварительного разделения сложных смесей, очистки от смол, предварительной очистки в процессе получения сверхчистой воды.

Для полного разделения жидких смесей на компоненты в промышленной практике чаще применяют ректификацию. Она представляет собой процесс многократного частичного испарения жидкости и конденсации паров. Процесс осуществляется путем непрерывного контакта противоточных потоков пара и жидкости, имеющих различную температуру, и проводится обычно в колонных аппаратах.

## 5. Литература:

### Основная:

1. В.И. Чуешов, Е.В. Глаух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 1. – Винница: Нова книга, 2014. – 696 с.
2. В.И. Чуешов, Е.В. Глаух, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 2. – Винница: Нова книга, 2014. – 664 с.
3. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 560 с.
4. Промышленная технология лекарств, Том 2. Под ред. Чуешова В.И. – Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 – 557 с.
5. Мантлер С. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер, Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
6. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: В двух томах / Ю.И. Дытнерский. — М.: Альянс, 2015. — 368 с.
7. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для вузов / Ю.И. Дытнерский, Г.С. Борисов, В. Брыков. - М.: Альянс, 2015. - 496 с.
8. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов / А.Г. Касаткин. - М.: Альянс, 2014. - 752 с.
9. Остриков А.Н. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов: Учебное пособие / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко и др. - СПб.: Лань, 2018. - 440 с.
10. Алексеев, Г.В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств»: Уч. Пособие / Г.В. Алексеев, И.И.

### дополнительная:

11. Пласкин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.
12. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.
13. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии - Л.: Химия, 1987
14. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – том 1 – Алматы. – Издательский дом: «Жибек жолы». – 2008. – 592 с.
15. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – том 2. – Алматы. – Издательский дом: «Жибек жолы». – 2009. – 792 с.
16. Сағындыкова Б.А. Дәрілердің өндірістік технологиясы. – Алматы. – 2011. – 346 б.
17. Акбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.

## Контроль (вопросы, тесты, задачи и пр.)

### Контрольные вопросы

1. Какой процесс называется перегонкой?
2. Что является кубовым остатком, дистиллятом, флегмой?
3. Материальный баланс процесса перегонки по потокам.
4. Что является низкокипящим компонентом и высококипящим компонентом?
5. Материальный баланс процесса перегонки по низкокипящему компоненту.



|                                                                                                       |                                                                                  |                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/>MEDISINA<br/>AKADEMIASY<br/>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p> |  | <p>SOUTH KAZAKHSTAN<br/>MEDICAL<br/>ACADEMY<br/>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                 |                                                                                  | <p>76/11</p>                                                                                     |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                 |                                                                                  | <p>27 беттің 21 беті</p>                                                                         |

6. На чем основан процесс перегонки?

7. Какой процесс называется ректификацией?

**Задания в тестовой форме**

1. Движущей силой процесса ректификации является:

- A) разность концентраций
- B) сила тяжести
- C) разность давлений
- D) центробежная сила
- E) разность температур

2. Процесс однократного частичного испарения жидкой смеси и конденсации образующихся паров называется:

- A) простая перегонка,
- B) абсорбция,
- C) ректификация,
- D) экстракция,
- E) кристаллизация.

3. Материальный баланс процесса ректификации:

- A)  $F + \Phi = G + W$
- B)  $G_{\text{вл}} = G_{\text{сух}} + W$
- C)  $G_{\text{нач}} = G_{\text{кон}} + W$
- D)  $G_{\text{н}} + L_{\text{н}} = G_{\text{к}} + L_{\text{к}}$
- E)  $G(Y_{\text{н}} - Y_{\text{к}}) = L(X_{\text{к}} - X_{\text{н}})$

4. Закон Дальтона:

- A)  $p_{\text{см}} = \sum p_i$
- B)  $p_A^* = E_{\text{хА}}$
- C)  $p_A = P_{\text{АХА}}$
- D)  $\Phi + C = K + 2$
- E)  $m = y^*/x$

5. Закон Рауля:

- A)  $p_A = P_{\text{АХА}}$
- B)  $p_A^* = E_{\text{хА}}$
- C)  $p_{\text{см}} = \sum p_i$
- D)  $\Phi + C = K + 2$
- E)  $m = y^*/x$

6. Правило фаз в процессах массопередачи:

- A)  $\Phi + C = K + 2$
- B)  $p_A^* = E_{\text{хА}}$
- C)  $p_{\text{см}} = \sum p_i$
- D)  $p_A = P_{\text{АХА}}$
- E)  $m = y^*/x$

7. Паровая фаза, получаемая при перегонке бинарной смеси, обогащается:

- A) низкокипящим компонентом
- B) высококипящим компонентом
- C) флегмой
- D) дистиллятом
- E) кубовым остатком

|                                                                                                              |  |                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН<br><b>MEDISINA<br/>         AKADEMIASY</b><br>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ |  |  SOUTH KAZAKHSTAN<br><b>MEDICAL<br/>         ACADEMY</b><br>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» |
| Кафедра «Инженерных дисциплин»                                                                               |  | 76/11                                                                                                                                                                                    |
| Методические указания для лабораторных занятий                                                               |  | 27 беттің 22 беті                                                                                                                                                                        |

## Тема 6: Изучение процесса кристаллизации.

**Цель:** Ознакомление с процессом кристаллизации и конструкцией кристаллизаторов.

**Задачи обучения:**

**Студент должен знать:**

- методы сушки;
- формы связи влаги с материалом;
- кинетику сушки;

**Студент должен уметь:**

- составлять материальный баланс сушилки;
- составлять тепловой баланс сушилки;
- использовать для расчетов  $H_d$  - диаграмму влажного воздуха.

**Основные вопросы темы:**

1. Влагосодержание
2. Степень насыщения воздуха парами воды
3. Энтальпия (теплосодержание) влажного воздуха
4. Материальный баланс конвективной сушилки.
5. Процесс сушки на  $H_d$  - диаграмме влажного воздуха.
6. Тепловой баланс конвективной сушилки.
7. Способы распыления продукта в сушилку.
8. Типы распылительных сушилок.

**Методы обучения и преподавания:**

Студенты должны разобраться с процессом кристаллизации. Растворимость любых веществ зависит от температуры. Обычно с повышением температуры растворимость увеличивается, а с понижением температуры уменьшается.

Налейте 100 г дистиллированной (или дважды прокипяченной) воды в стакан и нагрейте её до  $30^{\circ}\text{C}$ - $40^{\circ}\text{C}$ . Используя кривую растворимости, приведенную на рисунке 1, определите массу соли, необходимую для приготовления насыщенного раствора при  $30^{\circ}\text{C}$ . Приготовьте насыщенный раствор и слейте его через ватный фильтр в чистый стакан. Закройте стакан крышкой или листком бумаги. Подождите, пока раствор остынет до комнатной температуры. Откройте стакан. Через некоторое время начнут выпадать первые кристаллы.

**Теоретические сведения.**

Кристаллизацией называют процесс выделения твердой фазы в виде кристаллов из растворов и расплавов. Кристаллы представляют собой твердые тела различной геометрической формы, ограниченные плоскими гранями. Кристаллы, содержащие молекулы воды, называют кристаллогидратами. Кристаллизацию, как правило, проводят из водных растворов. При понижении температуры или удалении части растворителя уменьшается растворимость твердого вещества. Раствор становится перенасыщенным, и твердое вещество выпадает из раствора в осадок.

Производственный технологический процесс кристаллизации состоит из нескольких стадий: кристаллизация, отделение кристаллов от маточных растворов, перекристаллизация (если требуется), промывка и сушка кристаллов.

**Кристаллизаторы** по принципу действия делятся на аппараты периодического и непрерывного действия с отгонкой части растворителя и с охлаждением раствора.



Кристаллизация с частичной отгонкой воды осуществляется в вакуум-аппаратах. Интересной разновидностью являются кристаллизаторы с псевдоожиженным слоем.

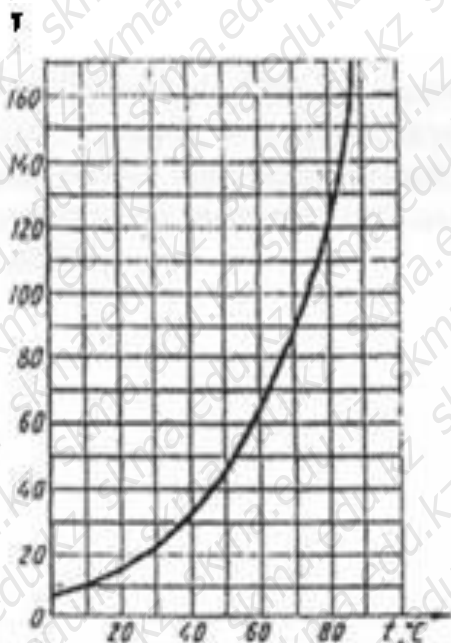


Рисунок 1. Кривая растворимости поваренной соли в воде

**Вакуум-аппарат с естественной циркуляцией периодического действия с подвесной греющей камерой** показан на рис. 2. Греющая камера состоит из двух конических трубчатых решеток, в которых развальцованы греющие трубы. По оси греющей камеры расположена циркуляционная труба. Между корпусом греющей камеры и стенками

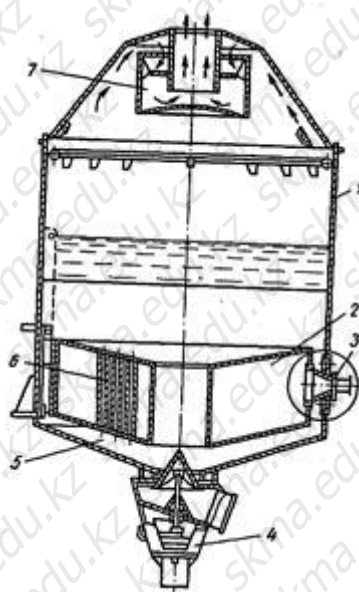


Рис. 2 Вакуум-аппарат с подвесной греющей камерой:

1 — корпус; 2 — греющая камера; 3 — устройство для ввода пара; 4 — циркуляционная труба; 5 — днище; 6 — греющая труба; 7 — сепаратор инерционного типа

аппарата имеется кольцевое пространство, в котором циркулирует утфель.

Распространение получили вакуум-аппараты с подвесными греющими камерами, верхние и нижние решетки которых выполняются коническими, сферическими, двускатными и др. Пар поступает в межтрубчатое пространство греющих камер, а увариваемый продукт перемещается внутри труб.

Диаметр греющей камеры в большинстве конструкций вакуум-аппаратов меньше диаметра корпуса аппарата. Между стенками греющей камеры и корпусом вакуум-аппарата

образуется кольцевое пространство, по которому циркулирует утфель.

На рис. 3 показаны конструкции греющих камер вакуум-аппаратов.

Сепарирующие устройства в вакуум-аппаратах, как и в выпарных аппаратах, предназначены для отделения от вторичноу пара капель продукта. В вакуум-аппаратах

|                                                                                                       |                                                                                  |                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ONTUSTIK QAZAQSTAN<br/>MEDISINA<br/>AKADEMIASY<br/>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p> |  | <p>SOUTH KAZAKHSTAN<br/>MEDICAL<br/>ACADEMY<br/>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                 |                                                                                  | <p>76/11</p>                                                                                     |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                 |                                                                                  | <p>27 бетін 24 беті</p>                                                                          |

продукт имеет большую вязкость, поэтому используются сепараторы инерционного типа, которые устанавливают над utfельным пространством в верхней части корпуса аппарата. К нижней части корпуса аппарата приваривают днище со спускным устройством для utfеля с гидравлическим и механическим управлением. Лучшими являются устройства клапанного типа.

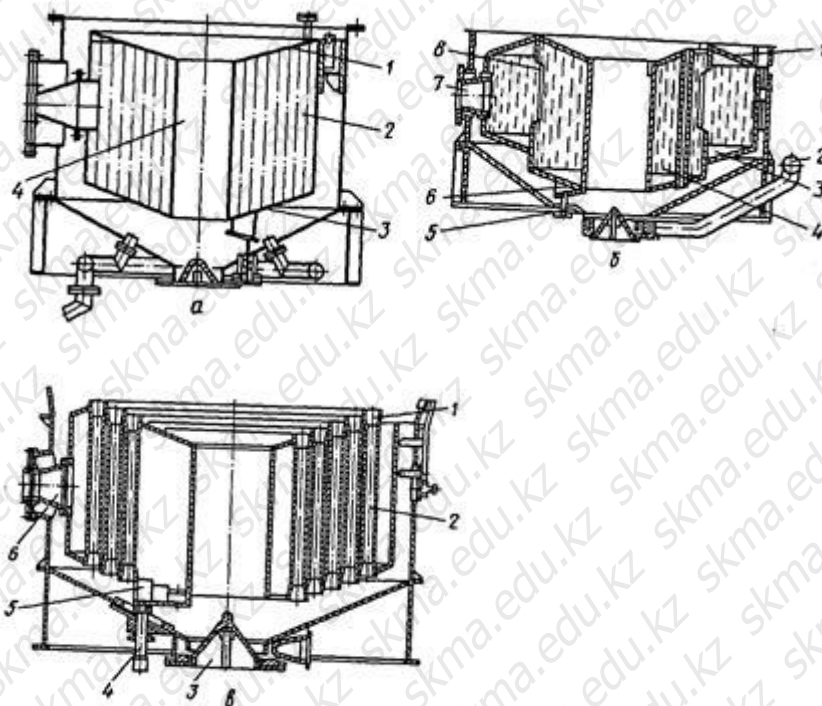


Рис. 3 Схемы греющих камер вакуум-аппаратов:

а- с коническими трубными решетками (1 - верхняя трубная решетка; 2 — греющая труба; 3 — нижняя трубная решетка; 4 -циркуляционная труба); б конической двускатной формы (1-трубная решетка; 2 — труба для ввода продукта; 3 - наружная часть греющей камеры; 4—внутренняя часть греющей камеры; 5 — труба для отвода конденсата; б — карман для конденсата; 7-штуцер для подвода пара; 8—окно); в— без трубных решеток (7 надставка; 2 средняя часть греющей камеры; 3 — устройство для спуска utfеля; 4 труба для отвода конденсата; 5— карман; б— штуцер для подвода пара)

## 5. Литература:

### Основная:

1. В.И. Чуешов, Е.В. Гладох, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 1. — Винница: Нова книга, 2014. -696 с.
2. В.И. Чуешов, Е.В. Гладох, И.В. Сайко. Технология лекарств промышленного производства. Ч. 2. —Винница: Нова книга, 2014. -664 с.
3. Промышленная технология лекарств, Том 1. Под ред. Чуешова В.И. — Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 — 560 с.
4. Промышленная технология лекарств, Том 2. Под ред. Чуешова В.И. — Х.: МТК-Книга, Издательства НФАУ, 2002 — 557 с.
5. Мانتлер С. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мانتлер, Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
6. Дытнерский Ю.И Процессы и аппараты химической технологии: В двух томах / Ю.И Дытнерский. — М.: Альянс, 2015. — 368 с.
7. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие для вузов / Ю.И. Дытнерский, Г.С. Борисов, В. Брыков. - М.: Альянс, 2015. - 496 с.
8. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов / А.Г. Касаткин. - М.: Альянс, 2014. - 752 с.
9. Остриков А.Н. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и теплообменных процессов: Учебное пособие / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко и др. - СПб.: Лань, 2018. - 440 с.



|                                                                                                                          |  |                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p> ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/> <b>MEDISINA</b><br/> <b>AKADEMIASY</b><br/> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p> |  | <p> <br/> SOUTH KAZAKHSTAN<br/> <b>MEDICAL</b><br/> <b>ACADEMY</b><br/> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                                    |  | <p>76/11</p>                                                                                                                                                                                              |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                                    |  | <p>27 беттің 25 беті</p>                                                                                                                                                                                  |

10. Алексеев, Г.В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств»: Уч. Пособие / Г.В. Алексеев, И.И.

**дополнительная:**

11. Пласкин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.  
12. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.  
13. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии - Л.: Химия, 1987  
14. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – том 1 – Алматы. – Издательский дом: «Жибек жолы».– 2008. – 592 с.  
15. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – том 2. – Алматы. – Издательский дом: «Жибек жолы».– 2009. – 792 с.  
16. Сағындыкова Б.А. Дәрілердің өндірістік технологиясы. – Алматы. – 2011. – 346 б.  
17. Акбердиев Ә.С. Тамақ өндірісінің процестері және аппараттары, Алматы; 1998 ж.

**Контроль (вопросы, тесты, задачи и пр.)**

**Контрольные вопросы**

1. В чем заключается сущность процесса кристаллизации?
2. Каково назначение процесса?
3. Какими способами можно достигнуть пресыщения раствора?
4. Из каких стадий состоит кристаллизация?

**Задания в тестовой форме**

~ Процесс выделения твердой фазы в виде кристаллов из растворов и расплавов называется:

- @ кристаллизация
- @ абсорбция
- @ ректификация
- @ простая перегонка
- @ экстракция

~ Движущей силой процесса кристаллизации является:

- @ разность концентраций
- @ сила тяжести
- @ разность давлений
- @ центробежная сила
- @ разность температур

~ Кристаллизацию из растворов осуществляют путем:

- @ охлаждения
- @ нагревания
- @ растворения
- @ экстракции
- @ конденсации

~ Явление образования нескольких кристаллических форм у данного химического соединения, называют:

- @ полиморфизм
- @ мономорфизм
- @ сублимация
- @ диффузия
- @ конвекция

~ Кристаллы, включающие молекулы воды, называются:

- @ кристаллогидраты
- @ изогидраты
- @ моногидраты
- @ полигидраты
- @ гидраты

~ Раствор, оставшийся после выпадения из него кристаллов, называется:

- @ маточный раствор
- @ насыщенный раствор
- @ ненасыщенный раствор
- @ пересыщенный раствор
- @ перегретый раствор

~ Кристаллы, включающие молекулы воды, называются:

- @ кристаллогидраты
- @ изогидраты
- @ моногидраты
- @ полигидраты
- @ гидраты

~ Раствор, оставшийся после выпадения из него кристаллов, называется:

- @ маточный раствор
- @ насыщенный раствор
- @ ненасыщенный раствор
- @ пересыщенный раствор
- @ перегретый раствор

|                                                                                                                   |  |                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p> ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/> <b>MEDISINA<br/> AKADEMIASY</b><br/> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p> |  | <p> <br/> SOUTH KAZAKHSTAN<br/> <b>MEDICAL<br/> ACADEMY</b><br/> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p> |
| <p>Кафедра «Инженерных дисциплин»</p>                                                                             |  | <p>76/11<br/>27 беттің 26 беті</p>                                                                                                                                                                 |
| <p>Методические указания для лабораторных занятий</p>                                                             |  |                                                                                                                                                                                                    |

@ Выделение растворенного вещества в виде кристаллов из раствора при охлаждении раствора это ...

| кристаллизация  
| растворение  
| фильтрование  
| центрифугирование  
| осаждение

@ Выделение растворенного вещества в виде кристаллов из раствора при испарении растворителя это ...

| кристаллизация  
| растворение  
| фильтрование  
| центрифугирование  
| осаждение

@ Определите массу образовавшихся кристаллов при вакуумной кристаллизации.

$$G_{cr} = \frac{G_0(x_0 - x_n) \cdot W_{cr}}{x_p - a}$$

$$M = M_0 e^{K \cdot t}$$

$$\frac{dM}{dt} = [DF(y_n - y_s)]/d$$

$$G_c = G_{cr} + G_p + W$$

$$G_{x_c} = G_{cr} \cdot a + G_p \cdot x_p$$

#### Критерии и правила оценки знаний:

| №  | Форма контроля                                                                                                                                          | Оценка                                                                                                                 | Критерии оценки                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Устный ответ (Опрос)                                                                                                                                    | Отлично<br>Соответствует оценкам:<br>А (4,0; 95-100%);<br>А- (3,67; 90-94%)                                            | Ставится в том случае, если студент во время ответа не допустил каких-либо ошибок, неточностей. Ориентируется в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и дает им критическую оценку, использует научные достижения других дисциплин.       |
|    |                                                                                                                                                         | Хорошо<br>Соответствует оценкам:<br>В+ (3,33; 85-89%);<br>В (3,0; 80-84%);<br>В- (2,67; 75-79%);<br>С+ (2,33; 70-74%); | Ставится в том случае, если студент во время ответа не допустил грубых ошибок при ответе, допускал не принципиальные неточности или принципиальные ошибки, исправленные самим студентом, сумел систематизировать программный материал с помощью преподавателя. |
|    |                                                                                                                                                         | Удовлетворит.<br>Соответствует оценкам:<br>С (2,0; 65-69%);<br>С- (1,67; 60-64%);<br>D+ (1,0; 50-54%)                  | Ставится в том случае, если студент во время ответа допускал неточности и не принципиальные ошибки, ограничивался только учебной литературой, указанной преподавателем, испытывал большие затруднения в систематизации материала.                              |
|    |                                                                                                                                                         | Неудовлетворительно<br>Соответствует оценке<br>F (0; 0-49%)                                                            | Ставится в том случае, если студент во время ответа допускал принципиальные ошибки, не проработал основную литературу по теме занятия, не умеет использовать научную терминологию дисциплины, отвечает с грубыми стилистическими и логическими ошибками.       |
| 2. | Выполнение лабораторных работ, работа с аппаратурой, таблицами, обсуждение результатов исследований, оформление протоколов (Защита лабораторной работы) | Отлично<br>Соответствует оценкам:<br>А (4,0; 95-100%);<br>А- (3,67; 90-94%)                                            | Своевременно и без каких-либо ошибок выполнил лабораторные работы и сдал отчеты по ним, принимал активное участие в обсуждении результатов работы, делал обоснованные заключения, проявил при этом оригинальное мышление                                       |
|    |                                                                                                                                                         | Хорошо<br>Соответствует оценкам:<br>В+ (3,33; 85-89%);<br>В (3,0; 80-84%);<br>В- (2,67; 75-79%);<br>С+ (2,33; 70-74%); | Своевременно выполнил лабораторные работы и сдал отчеты по ним без принципиальных замечаний, принимал активное участие в обсуждении результатов работы                                                                                                         |
|    |                                                                                                                                                         | Удовлетворит.                                                                                                          | Своевременно выполнил лабораторные работы и сдал                                                                                                                                                                                                               |



|                                                                                                                          |  |                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p> ONTÜSTIK QAZAQSTAN<br/> <b>MEDISINA</b><br/> <b>AKADEMIASY</b><br/> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p> |  | <p> <br/> SOUTH KAZAKHSTAN<br/> <b>MEDICAL</b><br/> <b>ACADEMY</b><br/> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p> |
| Кафедра «Инженерных дисциплин»                                                                                           |  | 76/11                                                                                                                                                                                                     |
| Методические указания для лабораторных занятий                                                                           |  | 27 беттің 27 беті                                                                                                                                                                                         |

|    |                          |                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                          | Соответствует оценкам:<br>C (2,0; 65-69%);<br>C- (1,67; 60-64%);<br>D+ (1,0; 50-54%)                                   | отчеты по ним. Во время работы не проявлял активности, нуждался в помощи преподавателя                                                                                                                                                                                |
|    |                          | Неудовлетворительно<br>Соответствует оценке<br>F (0; 0-49%)                                                            | Несвоевременно сдал отчеты по лабораторным работам, допустил принципиальные ошибки при их выполнении. Выполнил не все лабораторные работы, предусмотренные программой. Не принимал участия в обсуждении результатов работы.                                           |
|    |                          | Хорошо<br>Соответствует оценкам:<br>B+ (3,33; 85-89%);<br>B (3,0; 80-84%);<br>B- (2,67; 75-79%);<br>C+ (2,33; 70-74%); | Активно участвовал в работе, показал знание материала, допускал не принципиальные неточности или принципиальные ошибки, исправленные самим студентом                                                                                                                  |
|    |                          | Удовлетворит.<br>Соответствует оценкам:<br>C (2,0; 65-69%);<br>C- (1,67; 60-64%);<br>D+ (1,0; 50-54%)                  | При работе в группе был пассивен, допускал неточности и не принципиальные ошибки, испытывал большие затруднения в систематизации материала.                                                                                                                           |
|    |                          | Неудовлетворительно<br>Соответствует оценке<br>F (0; 0-49%)                                                            | Не принимал участие в работе группы, отвечая на вопросы преподавателя допускал принципиальные ошибки и неточности, не использовал при ответах научную терминологию.                                                                                                   |
|    |                          | Неудовлетворительно<br>Соответствует оценке<br>F (0; 0-49%)                                                            | Не принимал участие в работе группы, отвечая на вопросы преподавателя допускал принципиальные ошибки и неточности, не использовал при ответах научную терминологию.                                                                                                   |
| 3. | Решение тестовых заданий | Отлично<br>Соответствует оценкам:<br>A (4,0; 95-100%);<br>A- (3,67; 90-94%)                                            | 90-100% правильных ответов                                                                                                                                                                                                                                            |
|    |                          | Хорошо<br>Соответствует оценкам:<br>B+ (3,33; 85-89%);<br>B (3,0; 80-84%);<br>B- (2,67; 75-79%);<br>C+ (2,33; 70-74%); | 70-89% правильных ответов                                                                                                                                                                                                                                             |
|    |                          | Удовлетворит.<br>Соответствует оценкам:<br>C (2,0; 65-69%);<br>C- (1,67; 60-64%);<br>D+ (1,0; 50-54%)                  | 50-69% правильных ответов                                                                                                                                                                                                                                             |
|    |                          | Неудовлетворительно<br>Соответствует оценке<br>F (0; 0-49%)                                                            | Менее 50% правильных ответов                                                                                                                                                                                                                                          |
|    |                          | Хорошо<br>Соответствует оценкам:<br>B+ (3,33; 85-89%);<br>B (3,0; 80-84%);<br>B- (2,67; 75-79%);<br>C+ (2,33; 70-74%); | Ставится в том случае, если студент во время выполнения и защиты не допустил грубых ошибок, допускал не принципиальные неточности или принципиальные ошибки, исправленные самим студентом, сумел систематизировать программный материал с помощью преподавателя.      |
|    |                          | Удовлетворит.<br>Соответствует оценкам:<br>C (2,0; 65-69%);<br>C- (1,67; 60-64%);<br>D+ (1,0; 50-54%)                  | Ставится в том случае, если студент во время выполнения и защиты допускал неточности и не принципиальные ошибки, ограничивался только учебной литературой, указанной преподавателем, испытывал большие затруднения в систематизации материала.                        |
|    |                          | Неудовлетворительно<br>Соответствует оценке<br>F (0; 0-49%)                                                            | Ставится в том случае, если студент во время выполнения и защиты допускал принципиальные ошибки, не проработал основную литературу по теме занятия. не умеет использовать научную терминологию дисциплины, отвечает с грубыми стилистическими и логическими ошибками. |
|    |                          | Неудовлетворительно<br>Соответствует оценке<br>F (0; 0-49%)                                                            | Ставится в том случае, если студент во время выполнения и защиты допускал принципиальные ошибки, не проработал основную литературу по теме занятия. не умеет использовать научную терминологию дисциплины, отвечает с грубыми стилистическими и логическими ошибками. |

