

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Факультет промышленной технологии лекарств

Кафедра процессов и аппаратов химической технологии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Б1.О.26 МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ  
БИОТЕХНОЛОГИИ**

Направление подготовки: 19.03.01 Биотехнология

Профиль подготовки: Производство биофармацевтических препаратов

Формы обучения: очная

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Год набора: 2022

Срок получения образования: 4 года

Объем: в зачетных единицах: 5 з.е.  
в академических часах: 180 ак.ч.

**Разработчики:**

Кандидат технических наук, доцент, кафедра процессов и аппаратов химической технологии Маркова А. В.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология, утвержденного приказом Минобрнауки России от 10.08.2021 № 736, с учетом трудовых функций профессиональных стандартов: "Специалист по промышленной фармации в области исследований лекарственных средств", утвержден приказом Минтруда России от 22.05.2017 № 432н; "Специалист в области биотехнологии биологически активных веществ", утвержден приказом Минтруда России от 22.07.2020 № 441н.

**Согласование и утверждение**

№	Подразделение или коллегиальный орган	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	Кафедра биотехнологии	Ответственный за образовательную программу	Топкова О. В.	Согласовано	07.06.2022
2	Кафедра процессов и аппаратов химической технологии	Заведующий кафедрой, руководитель подразделения, реализующего ОП	Сорокин В. В.	Рассмотрено	09.06.2022, № 12
3	Методическая комиссия факультета	Председатель методической комиссии/совета	Алексеева Г. М.	Согласовано	01.07.2022, № 7

**Согласование и утверждение образовательной программы**

№	Подразделение или коллегиальный орган	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	факультет промышленной технологии лекарств	Декан, руководитель подразделения	Куваева Е. В.	Согласовано	23.06.2022, № 11

# 1. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.О.26 «Массообменные процессы и аппараты биотехнологии» относится к обязательной части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 6.

Предшествующие дисциплины (практики) по связям компетенций:

Б1.О.11 Аналитическая химия;

Б1.О.09 Инженерная графика;

Б1.О.19 Коллоидная химия;

Б1.О.12 Материаловедение;

Б1.О.17 Микробиология;

Б1.О.07 Общая и неорганическая химия;

Б1.О.14 Органическая химия;

Б1.О.22 Основы автоматизированного проектирования элементов технологического оборудования;

Б1.О.18 Основы биохимии и молекулярной биологии;

Б1.О.16 Прикладная механика;

Б1.О.20 Процессы и аппараты биотехнологии;

Б2.О.02(У) учебная практика, ознакомительная практика (технологическая);

Б1.О.06 Физика с основами биофизики;

Б1.О.15 Физическая химия;

Последующие дисциплины (практики) по связям компетенций:

Б1.О.27 Биоинженерия;

Б1.О.32 Метрологическое обеспечение биотехнологических производств;

Б1.О.28 Оборудование и основы проектирования биотехнологических производств;

Б1.О.30 Основы генетики и селекции микроорганизмов;

Б3.О.01(Д) Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы;

Б2.О.03(П) производственная практика, технологическая практика;

Б1.О.31 Системы управления биотехнологическими процессами;

Б1.О.29 Статистические методы обработки данных с использованием программного обеспечения;

Б1.О.25 Физико-химические методы анализа;

Б1.О.23 Электротехника и промышленная электроника;

В процессе изучения дисциплины студент готовится к видам профессиональной деятельности и решению профессиональных задач, предусмотренных ФГОС ВО и образовательной программой.

## 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Период	доимость сы)	доимость ЭТ)	ая работа всего)	ии в период (часы)	ии в период обучения (часы)	ые занятия сы)	т (часы)	ие занятия сы)	ьная работа а (часы)	ая аттестация сы)
--------	-----------------	-----------------	---------------------	-----------------------	--------------------------------	-------------------	----------	-------------------	-------------------------	----------------------

обучения	Общая гру (ча (ча	Общая гру (ЗІ (ЗІ	Контактн (часы, (часы,	Консультац сессии	Консультац теоретического	Лабораторн (ча (ча	Лекции	Практичест (ча (ча	Самостоятел студент	Промежуточн (ча (ча
Шестой семестр	180	5	102	2	8	34	24	34	38	Курсовой проект (4) Экзамен (36)
Всего	180	5	102	2	8	34	24	34	38	40

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

Наименование раздела, темы	Всего	Консультации в период сессии	Консультации в период теоретического обучения	Лабораторные занятия	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа студента	Планируемые результаты обучения, соответствующие с результатами освоения программы
<b>Раздел 1. Выпаривание</b>	<b>25</b>		<b>2</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	
Тема 1.1. Выпаривание	25		2	6	4	8	5	
<b>Раздел 2. Массообменные процессы</b>	<b>105</b>		<b>6</b>	<b>24</b>	<b>18</b>	<b>26</b>	<b>31</b>	
Тема 2.1. Сушка	37		2	6	4	12	13	
Тема 2.2. Основы массопередачи	10		2		4		4	
Тема 2.3. Массообмен в системах жидкость пар (газ) и жидкость-жидкость	44		2	12	6	14	10	
Тема 2.4. Массообмен в системах с твердой фазой	14			6	4		4	
<b>Раздел 3. Холодильные процессы</b>	<b>10</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	
Тема 3.1. Холодильные процессы	10	2		4	2		2	
<b>Итого</b>	<b>140</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>34</b>	<b>24</b>	<b>34</b>	<b>38</b>	

##### 4.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

###### *Раздел 1. Выпаривание*

###### *Тема 1.1. Выпаривание*

Работа выпарных аппаратов под вакуумом, атмосферным и избыточным давлением. Однокорпусная выпарная установка. Материальный и тепловой баланс однокорпусной выпарной установки. Полная и полезная разность температур. Температурные потери. Многокорпусные выпарные установки: прямоточная, противоточная, с параллельным питанием. Общие принципы расчета многокорпусных выпарных установок. Выпарка с термокомпрессией вторичного пара. Основы расчета выпарного аппарата периодического действия. Аквадистиллятор. Получение воды для инъекций. Конструкции выпарных аппаратов.

#### Текущий контроль

Вид (форма) контроля, оценочные материалы	Минимальный успешный балл	Максимальный балл
Тест	27	45
Посещение учебных занятий (балльно-рейтинговая система)		20
Отчет по практической работе	10	16
Отчет по лабораторной работе	10	16

## **Раздел 2. Массообменные процессы**

### *Тема 2.1. Сушка*

Классификация материалов как объектов сушки. Способы сушки. Статика и кинетика сушки. Основные свойства влажного воздуха. Диаграмма состояния влажного воздуха. Схема конвективной сушильной установки. Материальный и тепловой баланс сушки. Изображение на диаграмме Рамзина. Потенциал сушки. Варианты сушки. Изображение на диаграмме Рамзина. Сушка с замкнутым контуром теплоносителя. Сублимационная сушка. Конструкции сушилок.

#### Текущий контроль

Вид (форма) контроля, оценочные материалы	Минимальный успешный балл	Максимальный балл
Контрольная работа	54	90
Тест	27	45
Посещение учебных занятий (балльно-рейтинговая система)		24
Отчет по практической работе	15	20
Отчет по лабораторной работе	9	16

### *Тема 2.2. Основы массопередачи*

Законы диффузии. Дифференциальное уравнение массообмена в движущейся среде. Равновесие при массопередаче. Методы построения кривых равновесия. Направление перехода масс. Уравнение массоотдачи и массопередачи. Массообменные критерии подобия. Материальный баланс и уравнение рабочей линии массообменного аппарата. Расчет насадочных диффузионных аппаратов. Число единиц и высота единицы переноса. Методы определения числа единиц переноса. Расчет тарельчатых диффузионных аппаратов. Определение диаметра и высоты колонн.

#### Текущий контроль

Вид (форма) контроля, оценочные материалы	Минимальный успешный балл	Максимальный балл
Тест	32	45
Посещение учебных занятий (балльно-рейтинговая система)		6

### Тема 2.3. Массообмен в системах жидкость пар (газ) и жидкость-жидкость

Абсорбция. Равновесие при абсорбции. Материальный и тепловой баланс процесса абсорбции. Определение величины минимального орошения колонны. Кинетика абсорбции. Конструкции абсорберов.

Простая перегонка. Уравнение простой перегонки. Перегонка с водяным паром. Перегонка под вакуумом. Ректификация. Схема установки непрерывного действия. Материальный баланс ректификационной колонны. Уравнение рабочей линии ректификации. Определение величины флегмы. Тепловой баланс ректификационных колонн. Ректификация многокомпонентных смесей. Экстрактивная и азеотропная ректификация. Молекулярная дистилляция. Схемы установок и колонные аппараты.

Жидкостная экстракция. Равновесие в системе жидкость-жидкость. Выбор экстрагента. Материальный баланс. Кинетика жидкостной экстракции. Одноступенчатая и многоступенчатая экстракция. Материальный баланс. Конструкции экстракторов.

#### Текущий контроль

Вид (форма) контроля, оценочные материалы	Минимальный успешный балл	Максимальный балл
Контрольная работа	54	90
Тест	6	10
Посещение учебных занятий (балльно-рейтинговая система)		35
Отчет по практической работе	15	24
Отчет по лабораторной работе	20	32

### Тема 2.4. Массообмен в системах с твердой фазой

Адсорбция. Промышленные адсорбенты. Статика и кинетика адсорбции, материальный баланс. Десорбция. Ионнообменные процессы. Ионнообменные смолы. Обменная емкость. Кинетика ионнообменного процесса. Конструкции адсорберов.

Растворение. Характеристика процесса и области применения. Физические модели процесса. Методы растворения. Конструкции растворителей.

Кристаллизация. Статика и кинетика кристаллизации. Изотермическая и изогидрическая кристаллизация. Основы расчета кристаллизаторов: материальный и тепловой баланс. Конструкции кристаллизаторов.

Экстрагирование из твердой фазы и аппараты для его осуществления. Характеристика процесса и области применения. Физические модели процесса. Внешняя и внутренняя диффузия. Методы экстрагирования.

#### Текущий контроль

Вид (форма) контроля, оценочные материалы	Минимальный успешный балл	Максимальный балл
Тест	9	15
Посещение учебных занятий (балльно-рейтинговая система)		12
Отчет по лабораторной работе	15	24

## Раздел 3. Холодильные процессы

### Тема 3.1. Холодильные процессы

Термодинамические основы получения холода. Циклы. Парокомпрессионная холодильная машина.

#### Текущий контроль

Вид (форма) контроля, оценочные материалы	Минимальный успешный балл	Максимальный балл
Посещение учебных занятий (балльно-рейтинговая система)		7
Отчет по лабораторной работе	6	8

#### 4.3. Содержание занятий семинарского типа.

##### **Очная форма обучения. Консультации в период сессии (2 ч.)**

##### **Раздел 1. Выпаривание**

Тема 1.1. Выпаривание

##### **Раздел 2. Массообменные процессы**

Тема 2.1. Сушка

Тема 2.2. Основы массопередачи

Тема 2.3. Массообмен в системах жидкость пар (газ) и жидкость-жидкость

Тема 2.4. Массообмен в системах с твердой фазой

##### **Раздел 3. Холодильные процессы (2 ч.)**

Тема 3.1. Холодильные процессы (2 ч.)

Консультация по подготовке к промежуточной аттестации в форме экзамена

#### 4.4. Содержание занятий семинарского типа.

##### **Очная форма обучения. Консультации в период теоретического обучения (8 ч.)**

##### **Раздел 1. Выпаривание (2 ч.)**

Тема 1.1. Выпаривание (2 ч.)

Консультации по подготовке к практическим занятиям и текущему контролю знаний (подготовка отчетов к практическим работам, тестирование по материалам курса, контрольная работа, подготовка портфолио).

##### **Раздел 2. Массообменные процессы (6 ч.)**

Тема 2.1. Сушка (2 ч.)

Консультации по подготовке к практическим занятиям и текущему контролю знаний (подготовка отчетов к практическим работам, тестирование по материалам курса, контрольная работа, подготовка портфолио).

Тема 2.2. Основы массопередачи (2 ч.)

Консультации по подготовке к практическим занятиям и текущему контролю знаний (подготовка отчетов к практическим работам, тестирование по материалу курса, контрольная работа, подготовка портфолио).

Тема 2.3. Массообмен в системах жидкость пар (газ) и жидкость-жидкость (2 ч.)

Консультации по подготовке к практическим занятиям и текущему контролю знаний (подготовка отчетов к практическим работам, тестирование по материалу курса, контрольная работа, подготовка портфолио).

Тема 2.4. Массообмен в системах с твердой фазой

##### **Раздел 3. Холодильные процессы**

#### 4.5. Содержание занятий семинарского типа.

##### **Очная форма обучения. Лабораторные занятия (34 ч.)**

##### **Раздел 1. Выпаривание (6 ч.)**

###### Тема 1.1. Выпаривание (6 ч.)

1. Изучение процесса концентрирования растворов в вакуум-выпарной установке
2. Защита и обсуждение лабораторной работы
3. Изучение аппаратного оформления процесса выпаривания

##### **Раздел 2. Массообменные процессы (24 ч.)**

###### Тема 2.1. Сушка (6 ч.)

1. Исследование процесса конвективной сушки.
2. Защита и обсуждение лабораторной работы.
3. Изучение аппаратного оформления процесса сушки.

###### Тема 2.2. Основы массопередачи

###### Тема 2.3. Массообмен в системах жидкость пар (газ) и жидкость-жидкость (12 ч.)

1. Исследование процесса простой перегонки.
2. Защита и обсуждение лабораторной работы.
3. Изучение работы ректификационной колонны.
4. Защита и обсуждение лабораторной работы.
5. Изучение аппаратного оформления процесса абсорбции.
6. Изучение аппаратного оформления процессов дистилляции. Схемы установок.

###### Тема 2.4. Массообмен в системах с твердой фазой (6 ч.)

1. Изучение аппаратного оформления процессов адсорбции, ионного обмена.
2. Изучение аппаратного оформления процесса кристаллизации
3. Изучение аппаратного оформления процесса экстрагирования.

##### **Раздел 3. Холодильные процессы (4 ч.)**

###### Тема 3.1. Холодильные процессы (4 ч.)

1. Изучение работы пароконденсационной холодильной установки.
2. Защита и обсуждение результатов лабораторной работы

#### 4.6. Содержание занятий лекционного типа.

##### **Очная форма обучения. Лекции (24 ч.)**

##### **Раздел 1. Выпаривание (4 ч.)**

###### Тема 1.1. Выпаривание (4 ч.)

1. Работа выпарных аппаратов под вакуумом, атмосферным и избыточным давлением. Однокорпусная выпарная установка. Материальный и тепловой баланс однокорпусной выпарной установки. Полная и полезная разность температур. Температурные потери.
2. Утилизация теплоты выпарных установок. Аквадистиллятор. Получение воды для инъекций. Выпарка с термокомпрессией вторичного пара. Общие принципы расчета многокорпусных выпарных установок. Основы расчета выпарного аппарата периодического действия.

##### **Раздел 2. Массообменные процессы (18 ч.)**

###### Тема 2.1. Сушка (4 ч.)

1. Классификация материалов, как объектов сушки. Способы сушки. Статика и кинетика сушки. Основные свойства влажного воздуха. Диаграмма состояния влажного воздуха. Схема конвективной сушильной установки.
2. Материальный и тепловой баланс сушки. Изображение на диаграмме Рамзина. Потенциал



сушки. Варианты сушки. Изображение на диаграмме Рамзина. Сушка с замкнутым контуром теплоносителя. Сублимационная сушка.

#### Тема 2.2. Основы массопередачи (4 ч.)

1. Законы диффузии. Дифференциальное уравнение массообмена в движущейся среде. Равновесие при массопередаче. Методы построения кривых равновесия. Направление перехода масс. Уравнение массоотдачи и массопередачи.

2. Массообменные критерии подобия. Материальный баланс и уравнение рабочей линии массообменного аппарата.

Расчет насадочных диффузионных аппаратов. Число единиц и высота единицы переноса. Методы определения числа единиц переноса. Расчет тарельчатых диффузионных аппаратов. Определение диаметра и высоты колонн.

#### Тема 2.3. Массообмен в системах жидкость пар (газ) и жидкость-жидкость (6 ч.)

1. Абсорбция. Равновесие при абсорбции. Материальный и тепловой баланс процесса абсорбции. Определение величины минимального орошения колонны. Кинетика абсорбции. Конструкции абсорберов. Простая перегонка. Уравнение простой перегонки. Перегонка с водяным паром. Перегонка под вакуумом. Ректификация. Схема установки непрерывного действия.

2. Материальный баланс ректификационной колонны. Уравнение рабочей линии ректификации. Определение величины флегмы. Тепловой баланс ректификационных колонн.

3. Жидкостная экстракция. Равновесие в системе жидкость-жидкость. Выбор экстрагента. Материальный баланс. Кинетика жидкостной экстракции. Одноступенчатая и многоступенчатая экстракция. Материальный баланс..

#### Тема 2.4. Массообмен в системах с твердой фазой (4 ч.)

1. Адсорбция. Промышленные адсорбенты. Статика и кинетика адсорбции, материальный баланс. Десорбция. Ионнообменные процессы. Ионнообменные смолы. Обменная емкость. Кинетика ионнообменного процесса. Растворение. Характеристика процесса и области применения. Физические модели процесса. 2. Кристаллизация. Статика и кинетика кристаллизации. Изотермическая и изогидрическая кристаллизация. Основы расчета кристаллизаторов: материальный и тепловой баланс. Экстрагирование из твердой фазы. Характеристика процесса и области применения. Физические модели процесса. Внешняя и внутренняя диффузия. Методы экстрагирования.

### **Раздел 3. Холодильные процессы (2 ч.)**

#### Тема 3.1. Холодильные процессы (2 ч.)

Термодинамические основы получения холода. Циклы. Парокомпрессионная холодильная машина.

## **4.7. Содержание занятий семинарского типа.**

### **Очная форма обучения. Практические занятия (34 ч.)**

#### **Раздел 1. Выпаривание (8 ч.)**

##### Тема 1.1. Выпаривание (8 ч.)

1. Распределение температур и давлений в однокорпусной выпарной установке, работающей под вакуумом.

2. Тепловой расчет выпарного аппарата непрерывного действия.

3. Многокорпусное выпаривание.

4. Энергосбережение выпарных установок. Подогрев исходного раствора вторичным паром. Выпаривание с тепловым насосом.

#### **Раздел 2. Массообменные процессы (26 ч.)**

##### Тема 2.1. Сушка (12 ч.)

1. Физические свойства парогазовых смесей. Диаграмма I-x для влажного воздуха.

2. Расчет теоретической сушилки.

3. Расчет действительной сушилки.

4. Варианты процесса сушки.

5. Расчет конвективной сушильной установки.
6. Контрольная работа по темам «Выпаривание» и «Сушка».

#### Тема 2.2. Основы массопередачи

#### Тема 2.3. Массообмен в системах жидкость пар (газ) и жидкость-жидкость (14 ч.)

1. Определение характеристик двухфазных систем. Перегонка с водяным паром.
2. Определения диаметра и высоты тарельчатой ректификационной колонны.
3. Тепловой расчет ректификационной колонны непрерывного действия.
4. Контрольная работа по теме «Ректификация».
5. Расчет процесса абсорбции.
6. Расчет процесса одноступенчатой жидкостной экстракции.
7. Расчет процесса многоступенчатой жидкостной экстракции.

#### Тема 2.4. Массообмен в системах с твердой фазой

### **Раздел 3. Холодильные процессы**

#### Тема 3.1. Холодильные процессы

## **4.8. Содержание самостоятельной работы обучающихся**

### **Очная форма обучения. Самостоятельная работа студента (38 ч.)**

#### **Раздел 1. Выпаривание (5 ч.)**

##### Тема 1.1. Выпаривание (5 ч.)

1. Подготовка к практическим занятиям.
2. Подготовка к лабораторным занятиям.
3. Подготовка к тестированию по материалу курса. Решение задач.
4. Подготовка к контрольным работам.
5. Подготовка портфолио.

#### **Раздел 2. Массообменные процессы (31 ч.)**

##### Тема 2.1. Сушка (13 ч.)

1. Подготовка к практическим занятиям и текущему контролю знаний.
2. Подготовка к лабораторным занятиям.
3. Подготовка к тестированию по материалу курса.
4. Подготовка к контрольной работе.
5. Подготовка портфолио.
6. Выполнение курсового проекта.

Темы курсовых проектов, которые могут быть предложены студентам:

1. Проектирование однокорпусной выпарной установки непрерывного действия для выпаривания раствора ХХХ.
2. Проектирование сушилки с псевдоожиженным слоем для сушки лекарственной субстанции УУУ.
3. Проектирование ректификационной установки для непрерывного разделения смеси Х-У.

##### Тема 2.2. Основы массопередачи (4 ч.)

1. Подготовка к тестированию по материалу курса.
2. Подготовка портфолио.
3. Выполнение курсового проекта.

##### Тема 2.3. Массообмен в системах жидкость пар (газ) и жидкость-жидкость (10 ч.)

1. Подготовка к практическим занятиям и текущему контролю знаний.
2. Подготовка к лабораторным занятиям.
3. Подготовка к тестированию по материалу курса.
4. Подготовка к контрольной работе.
5. Подготовка портфолио.
6. Выполнение курсового проекта

## Тема 2.4. Массообмен в системах с твердой фазой (4 ч.)

1. Подготовка к лабораторным занятиям.
2. Подготовка к тестированию по материалу курса.
3. Подготовка портфолио.

### Раздел 3. Холодильные процессы (2 ч.)

#### Тема 3.1. Холодильные процессы (2 ч.)

1. Подготовка к лабораторным занятиям.
2. Подготовка портфолио.

## 5. Порядок проведения промежуточной аттестации

*Промежуточная аттестация: Курсовой проект, Шестой семестр.*

Промежуточная аттестация проводится в виде защиты курсового проекта.

В рамках выставления оценки за курсовой проект преподаватель последовательно оценивает следующие элементы:

1. Текста курсового проекта с чертежами на тему индивидуального задания в категориях «зачтено», «не зачтено».
2. Защиту курсового проекта в форме оценки доклада с презентацией студента по теме курсового проекта на тему индивидуального задания.

После оценивания текста курсового проекта с чертежами и в случае получения положительной оценки, студент допускается к защите.

Порядок проведения защиты курсового проекта:

1. Защита курсовой работы проводится в период теоретического обучения. Не допускается проведение защиты курсовой работы на последних аудиторных занятиях.
  2. Преподаватель принимает защиту только при наличии ведомости и надлежащим образом оформленной зачетной книжки.
  3. Результат защиты объявляется студенту непосредственно после его сдачи, затем выставляется в ведомость и зачетную книжку студента. Положительная оценка заносится в ведомость и зачетную книжку, неудовлетворительная оценка проставляется только в ведомости. В случае неявки студента для защиты курсового проекта, в случае наличия проверенного курсового проекта, в ведомости вместо оценки делается запись «не явился», если студент не явился на защиту курсового проекта и не предоставил полный текст курсового проекта на проверку, в ведомости проставляется оценка «не удовлетворительно»
- Курсовой проект студента оценивается в категориях "отлично", "хорошо", "удовлетворительно" - "не удовлетворительно".

Оценивание осуществляется следующим образом:

"Отлично" - курсовой проект выполнен в срок в соответствии с требованиями к содержанию и оформлению. Проект не содержит ошибок в расчетах и чертежах. На защиту представлена презентация, выполненная в соответствии с требованиями. В процессе защиты курсового проекта студент в своем докладе отразил все разделы курсового проекта, аргументированно ответил на все вопросы преподавателя.

"Хорошо" - курсовой проект выполнен в срок в соответствии с требованиями к содержанию и оформлению. Проект содержит незначительные ошибки в расчетах и чертежах. На защиту представлена презентация, выполненная в соответствии с требованиями. В процессе защиты курсового проекта студент в своем докладе отразил все разделы курсового проекта, ответил на все вопросы преподавателя с незначительными ошибками или дал недостаточно полный ответ.

"Удовлетворительно" - курсовой проект выполнен в срок в соответствии с требованиями к содержанию и оформлению. Проект содержит ошибки в расчетах и чертежах. На защиту представлена презентация, выполненная с нарушениями требований. В процессе защиты курсового проекта студент в своем докладе отразил не все разделы курсового проекта, ответил не на все вопросы преподавателя, делал грубые ошибки или дал недостаточно полный ответ.

"Не удовлетворительно" - курсовой проект не выполнен в срок в соответствии с требованиями к содержанию и оформлению. На защиту не представлена презентация, выполненная в

соответствии с требованиями. В процессе защиты курсового проекта студент в своем докладе не отразил все разделы курсового проекта и не ответил на вопросы преподавателя. Оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» выставляется при соблюдении студентом требований к содержанию курсового проекта и его объему, и требований к его защите. Оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означает успешное прохождение промежуточной аттестации. Если по итогам проведенной промежуточной аттестации, результаты обучающегося не соответствуют критерию сформированности компетенций, обучающемуся выставляется оценка «не удовлетворительно».

#### *Промежуточная аттестация: Экзамен, Шестой семестр.*

Промежуточная аттестация в пятом семестре проводится в виде экзамена. Промежуточная аттестация проводится в форме оценки портфолио студента и устного собеседования по билетам (3 вопроса в билете). В рамках проведения экзамена преподаватель поэтапно оценивает портфолио студента и результат ответа студента на билет. Портфолио должно быть представлено в форме отчета по итогам освоения дисциплины в электронной информационно-образовательной среде. Преподаватель имеет право задавать обучающемуся дополнительные вопросы, но в пределах соответствующего раздела программы подготовки к экзамену. При этом для получения положительной оценки студенту необходимо ответить не менее чем на 1 дополнительный вопрос.

Порядок проведения экзамена:

1. Экзамен проводится в период экзаменационной сессии, предусмотренной календарным учебным графиком. Не допускается проведение экзамена на последних аудиторных занятиях.
2. Экзамен должен начинаться в указанное в расписании время и проводиться в отведенной для этого аудитории. Самостоятельный перенос экзаменатором времени и места проведения экзамена не допускается.
3. Преподаватель принимает экзамен только при наличии ведомости и надлежащим образом оформленной зачетной книжки.
4. Критерии оценки ответа студента на экзамене, а также форма его проведения доводятся преподавателем до сведения студентов до начала экзамена на экзаменационной консультации.
5. Результат экзамена объявляется студенту непосредственно после его сдачи, затем выставляется в экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента. Положительные оценки заносятся в экзаменационную ведомость и зачетную книжку, неудовлетворительная оценка проставляется только в экзаменационной ведомости. В случае неявки студента для сдачи экзамена в ведомости вместо оценки делается запись «не явился».

Уровень качества ответа студента на экзамене определяется с использованием шкалы оценок «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

Уровень качества ответа студента на экзамене определяется по следующим критериям.

1. Оценка «отлично» предполагает полное и точное выполнение комплексной задачи в экзаменационном билете. Ответы характеризуются:
  - свободным владением основными терминами и понятиями дисциплины;
  - последовательным и логичным изложением материала дисциплины;
  - логически завершенными выводами и обобщениями по теме вопросов;
  - исчерпывающими ответами на дополнительные вопросы преподавателя.
2. Оценка «хорошо» предполагает полное и точное выполнение комплексной задачи в экзаменационном билете, но не всегда точное и аргументированное изложение материала. Ответы характеризуются:
  - знанием основных терминов и понятий дисциплины;
  - последовательным изложением материала дисциплины;
  - умением формулировать некоторые обобщения и выводы по теме вопросов;
  - правильными ответами на дополнительные вопросы преподавателя, но с некоторыми неточностями.
3. Оценка «удовлетворительно» предполагает допущение погрешностей, неточностей и ошибок в ответах на комплексную задачу, но при этом студент обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. При ответе студент:
  - допускает ошибки в основных терминах и понятиях дисциплины,

- применяет знания и владеет методами и средствами решения задач, но не делает обобщения и выводы по теме вопроса,

- недостаточно последовательно и полно излагает материал дисциплины.

4. Оценка «неудовлетворительно» предполагает следующие характеристики ответа студента:

- имеет существенные пробелы в знании основного материала по программе дисциплины;

- допускает существенные ошибки при изложении материала, которые не может исправить даже при помощи преподавателя.

Оценка «удовлетворительно», «хорошо» или «отлично» означает успешное прохождение итоговой промежуточной аттестации.

Если по итогам проведенной итоговой аттестации по дисциплине, результаты обучающегося не соответствуют критерию сформированности компетенции, обучающемуся выставляется оценка «не удовлетворительно».

Согласно балльно-рейтинговой системе итоговая оценка по дисциплине выставляется с учетом суммы набранных баллов за семестр:

– «отлично» - 900-1000 баллов

– «хорошо» - 750-899 баллов

– «удовлетворительно» - 600-749 баллов

– «неудовлетворительно» - менее 600 баллов.

## **6. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **6.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

#### *Основная литература*

1. Фролов В. Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» [Электронный ресурс]: - Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2020. - 608 - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/97816.html>

2. Романков П. Г., Фролов В. Ф., Флисюк О. М. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) [Электронный ресурс]: - Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2020. - 544 - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/97815.html>

3. Разинов, А. И. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие / А. И. Разинов, А. В. Клинов, Г. С. Дьяконов. - Процессы и аппараты химической технологии - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. - 860 с. - 978-5-7882-2154-0. - Текст: электронный. // IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/75637.html> (дата обращения: 21.06.2022). - Режим доступа: по подписке

#### *Дополнительная литература*

1. Процессы и аппараты биотехнологии: ферментационные аппараты: учебное пособие для вузов / А. Ю. Винаров, Л. С. Гордеев, А. А. Кухаренко, В. И. Панфилов, В. А. Быков. - 2-е изд. - Москва: Юрайт, 2022. - 274 с - 978-5-534-10765-4. - Текст: электронный. // ИКО Юрайт: [сайт]. - URL: <https://urait.ru/book/cover/5C043E43-4E1C-43B9-8F9C-46E6909D9E1B> (дата обращения: 17.06.2022). - Режим доступа: по подписке

2. Жуков, В. И. Процессы и аппараты пищевых производств: учебное пособие / В. И. Жуков. - Процессы и аппараты пищевых производств - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. - 188 с. - 978-5-7782-2403-2. - Текст: электронный. // IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/45150.html> (дата обращения: 21.06.2022). - Режим доступа: по подписке

3. Витковская, Р. Ф. Процессы и аппараты химических технологий. Теория и практика насадочных аппаратов: учебное пособие / Р. Ф. Витковская,, А. С. Пушнов,. - Процессы и аппараты химических технологий. Теория и практика насадочных аппаратов - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2020. - 287 с. - 978-5-7937-1805-9. - Текст: электронный. // IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/118413.html> (дата обращения: 21.06.2022). - Режим доступа: по подписке

## **6.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся**

### *Профессиональные базы данных*

1. <https://www.gost.ru/> - Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации
2. eLibrary.ru - Портал научных публикаций

### *Ресурсы «Интернет»*

1. <http://www.elsevierscience.ru> - Elsevier : [ издатель научно-технической, медицинской литературы] / Elsevier Science and Technology (S&T)
2. <http://www.studentlibrary.ru> - ЭБС «Консультант студента» : / ООО «Политехресурс». – Москва
3. <http://www.iprbookshop.ru> - ЭБС IPR BOOKS : электронная библиотечная система / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа»., гл.ред. Е. А. Богатырева. — [Саратов]
4. <http://www.studentlibrary.ru> - ЭБС «Консультант студента» : / ООО «Политехресурс». – Москва

## **6.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое свободно распространяемое и лицензионное ПО, в т.ч. MS Office.

Программное обеспечение для адаптации образовательных ресурсов для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья:

Программа экранного доступа Nvda - программа экранного доступа к системным и офисным приложениям, включая web-браузеры, почтовые клиенты, Интернет-мессенджеры и офисные пакеты. Встроенная поддержка речевого вывода на более чем 80 языках. Поддержка большого числа брайлевских дисплеев, включая возможность автоматического обнаружения многих из них, а также поддержка брайлевского ввода для дисплеев с брайлевской клавиатурой. Чтение элементов управления и текста при использовании жестов сенсорного экрана.

### *Перечень программного обеспечения*

*(обновление производится по мере появления новых версий программы)*

1. Autocad 2019
2. Mathcad Prime

### *Перечень информационно-справочных систем*

*(обновление выполняется еженедельно)*

Не используется.

#### 6.4. Специальные помещения, лаборатории и лабораторное оборудование

Для обеспечения реализации дисциплины используется оборудование общего назначения, специализированное оборудование, оборудование, обеспечивающее адаптацию электронных и печатных образовательных ресурсов для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий по списку.

Оборудование общего назначения:

Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления) - для проведения лекционных и семинарских занятий.

Компьютерный класс (с выходом в Internet) - для организации самостоятельной работы обучающихся.

Оборудование, обеспечивающее адаптацию электронных и печатных образовательных ресурсов для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (место размещения - учебно-методический отдел, устанавливается по месту проведения занятий (при необходимости)):

Устройство портативное для увеличения DION OPTIC VISION - предназначено для обучающихся с нарушением зрения с целью увеличения текста и подбора контрастных схем изображения;

Электронный ручной видеоувеличитель Bigger D2.5-43 TV - предназначено для обучающихся с нарушением зрения для увеличения и чтения плоскочечатного текста;

Радиокласс (радиомикрофон) «Сонет-PCM» РМ-6-1 (заушный индиктор) - портативная звуковая FM-система для обучающихся с нарушением слуха, улучшающая восприятие голосовой информации.

Специализированное оборудование:

учебные помещения

"Телевизор LG 32CS460.HD.USB. ЖК32"" - 1 шт.

Вакуум-выпарная установка - 1 шт.

Лабораторная установка по изучению работы сушильного шкафа с инфракрасным и конвекционным эффектом - 1 шт.

Насос вакуумный 2VP-2, Stegler - 1 шт.

Ноутбук Lenovo Idea Pad L 340 - 1 шт.

Проектор Acer X122 - 1 шт.

Сушильный шкаф - 1 шт.

Учебная установка для изучения для изучения ректификационной колонны - 1 шт.

Учебная установка для исследования процесса простой перегонки - 1 шт.

"Компьютер ""Некс Оптима 2013"" - 1 шт.

Системный блок НЕКС тип 3 - 1 шт.

"Телевизор LG 32CS460.HD.USB. ЖК32"" - 1 шт.

Вакуум-выпарная установка - 1 шт.

Лабораторная установка по изучению работы сушильного шкафа с инфракрасным и конвекционным эффектом - 1 шт.

Насос вакуумный 2VP-2, Stegler - 1 шт.

Ноутбук Lenovo Idea Pad L 340 - 1 шт.

Проектор Acer X122 - 1 шт.

Сушильный шкаф - 1 шт.

Учебная установка для изучения для изучения ректификационной колонны - 1 шт.

Учебная установка для исследования процесса простой перегонки - 1 шт.

"Компьютер ""Некс Оптима 2013"" - 1 шт.

Системный блок НЕКС тип 3 - 1 шт.

## 7. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

В ходе реализации учебного процесса по дисциплине проводятся учебные занятия и выполняется самостоятельная работа. По вопросам, возникающим в процессе выполнения самостоятельной работы, проводятся консультации.

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии:

Информирование: <http://edu.spcpu.ru/course/view.php?id=1032>

Консультирование: <http://edu.spcpu.ru/course/view.php?id=1032>

Контроль: <http://edu.spcpu.ru/course/view.php?id=1032>

Размещение учебных материалов: <http://edu.spcpu.ru/course/view.php?id=1032>

Учебно-методическое обеспечение:

Маркова А.В. Массообменные процессы и аппараты химической технологии : электронный учебно-методический комплекс / А.В. Маркова ; ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России. – Санкт-Петербург, 2019. – Текст электронный. – URL: <https://edu-spcpu.ru/course/view.php?id=1032>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

### ***Методические указания по формам работы***

#### *Консультации в период теоретического обучения*

Консультации в период теоретического обучения предназначены для разъяснения порядка выполнения самостоятельной работы и ответа на сложные вопросы в изучении дисциплины.

#### *Лекции*

Лекции предназначены для сообщения обучающимся необходимого для изучения дисциплины объема теоретического материала. В рамках лекций преподавателем могут реализовываться следующие интерактивные образовательные технологии: вебинар.

#### *Лабораторные занятия*

Текущий контроль знаний осуществляется на лабораторных занятиях и проводится в форме:

Отчет по лабораторной работе

Краткая характеристика оценочного средства: средство, позволяющее оценить способность обучающегося самостоятельно выполнять учебные задачи и задания с использованием специализированного оборудования и (или) программного обеспечения, обеспеченную совокупностью теоретических знаний.

Представление оценочного средства в фонде: требования к структуре и содержанию отчета.

Тест

Краткая характеристика оценочного средства: представляет собой систему стандартизированных заданий, позволяющую автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Представление оценочного средства в оценочных материалах: спецификация банка тестовых заданий

#### *Практические занятия*

Практические занятия предусматривают применение преподавателем различных интерактивных образовательных технологий и активных форм обучения: Текущий контроль знаний осуществляется на практических занятиях и проводится в форме:

Контрольной работы

Краткая характеристика оценочного средства: представляет собой средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Представление оценочного средства в оценочных материалах: комплект контрольных заданий по вариантам.



#### Отчет по практической работе

Краткая характеристика оценочного средства: средство, позволяющее оценить способность обучающегося самостоятельно выполнять учебные задачи и задания с использованием специализированного оборудования и (или) программного обеспечения, обеспеченную совокупностью теоретических знаний.

Представление оценочного средства в фонде: требования к структуре и содержанию отчета.

#### Проекта

Краткая характеристика оценочного средства: представляет собой конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

Представление оценочного средства в оценочных материалах: темы групповых и/или индивидуальных проектов.

#### Тест

Краткая характеристика оценочного средства: представляет собой систему стандартизированных заданий, позволяющую автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Представление оценочного средства в оценочных материалах: спецификация банка тестовых заданий