

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»  
Институт сельского хозяйства и природных ресурсов  
Кафедра фундаментальной и прикладной химии



А.М. Козина  
2019 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

учебного модуля

### Процессы и аппараты химических производств

для специальности

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

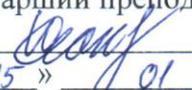
Направленность (профиль)

Химия и технология удобрений

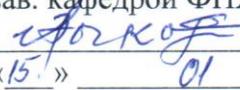
СОГЛАСОВАНО  
Начальник УОД

  
\_\_\_\_\_ А.Н. Макаревич  
«21» 01 \_\_\_\_\_ 2019 г.

Разработал  
старший преподаватель кафедры ФПХ

  
\_\_\_\_\_ В.А. Исаков  
«15» 01 \_\_\_\_\_ 2019 г.

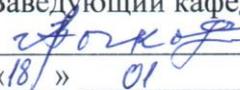
зав. кафедрой ФПХ, д.х.н.

  
\_\_\_\_\_ И.В. Зыкова  
«15» 01 \_\_\_\_\_ 2019 г.

Принято на заседании кафедры  
протокол № 5

от «18» 01 \_\_\_\_\_ 2019 г.

Заведующий кафедрой ФПХ

  
\_\_\_\_\_ И.В. Зыкова  
«18» 01 \_\_\_\_\_ 2019 г.

## 1 Цели и задачи освоения учебного модуля

Цель освоения учебного модуля: формирование компетентности студентов в области базовых знаний конструкций и методов расчета основных процессов и аппаратов химических производств.

Задачи:

1. выявление общих закономерностей процессов переноса и сохранения различных субстанций;
2. освоение методов расчета технологических процессов и аппаратов для их проведения;
3. ознакомление с конструкциями и характеристиками основных аппаратов и машин химических производств.

## 2 Место учебного модуля в структуре ОПОП

Учебный модуль относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана основной профессиональной образовательной программы специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и направленности (профилю) Химия и технология удобрений (далее – ОПОП). В качестве входных требований выступают сформированные ранее компетенции обучающихся, приобретенные ими в рамках следующих дисциплин (модулей, практик): химическая технология, технология неорганических веществ и материалов. Освоение учебного модуля является компетентностным ресурсом для дальнейшего изучения следующих дисциплин (модулей, практик): моделирование химико-технологических процессов, системы управления химико-технологическими процессами.

## 3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Перечень компетенций, которые формируются в процессе освоения учебного модуля:

*Профессиональные компетенции:*

ПК-7 Ведение технологических процессов при производстве основных неорганических веществ, производстве удобрений и азотных соединений;

ПК-8 Управление персоналом, контроль выполнения задач аппаратчиками в рамках ведения технологических процессов при производстве основных неорганических веществ, производстве удобрений и азотных соединений;

ПК-9 Организация работ по анализу рекламаций, изучению причин возникновения дефектов и нарушений технологии производства, снижению качества работ, выпуска брака и продукции пониженных сортов, по разработке предложений по их устранению.

Таблица 1 – Результаты освоения учебного модуля

Код и наименование компетенции	Результаты освоения учебной дисциплины (индикаторы достижения компетенций)		
ПК-7 Ведение технологических процессов при производстве основных неорганических веществ, производстве удобрений и азотных соединений	<b>ПК-7.1 Знать</b> нормы расхода сырья, материалов и энергоресурсов, а также нормы выхода продуктов и полупродуктов производства, контролируемые параметры технологического процесса и их нормы, допустимые параметры сбросов и	<b>ПК-7.2 Уметь</b> осуществлять контроль работы средств контрольно-измерительных приборов и автоматики, противоаварийной защиты, систем сигнализации и противоаварийных блокировок и средств пожаротушения и работоспособности	<b>ПК-7.3 Владеть</b> способами выявления причин возникновения отклонений от технологического процесса и способами их устранения

	выбросов отработанных сред, факторы, влияющие на параметры в технологических процессах производств основных неорганических веществ, удобрений и азотных соединений	охранной пожарной сигнализации	
ПК-8 Управление персоналом, контроль выполнения задач аппаратчиками в рамках ведения технологических процессов при производстве основных неорганических веществ, производстве удобрений и азотных соединений	<b>ПК-8.1 Знать</b> требования, предъявляемые к квалификации персонала для выполнения задач в рамках ведения технологического процесса и основы управления персоналом.	<b>ПК-8.2 Уметь</b> координировать работу персонала при подготовке, пуске и ведении технологических процессов в производствах основных неорганических веществ, удобрений и азотных соединений	<b>ПК-8.3 Владеть</b> методами управления персоналом, контроля выполнения задач аппаратчиками в рамках ведения технологических процессов при производствах основных неорганических веществ, удобрений и азотных соединений
ПК-9 Организация работ по анализу рекламаций, изучению причин возникновения дефектов и нарушений технологии производства, снижению качества работ, выпуска брака и продукции пониженных сортов, по разработке предложений по их устранению	<b>ПК-9.1 Знать</b> национальную и международную нормативную базу в области управления качеством продукции (услуг), методы анализа продукции (услуг) при эксплуатации и управления качеством при эксплуатации продукции (услуг)	<b>ПК-9.2 Уметь</b> осуществлять анализ рекламаций и претензий, поступающих от потребителей, анализ причин возникновения дефектов продукции (процессов) при эксплуатации продукции (услуг).	<b>ПК-9.3 Владеть</b> методами разработки корректировочных мероприятий по устранению дефектов, выявляемых при эксплуатации продукции (услуг), а также причин их возникновения

## 4 Структура и содержание учебного модуля

### 4.1 Трудоемкость учебного модуля

#### 4.1.1 Трудоемкость учебного модуля для очной формы обучения:

Таблица 2 – Трудоемкость учебного модуля для очной формы обучения

Части учебного модуля	Всего	Распределение по семестрам	
		7	8
1. Трудоемкость учебной дисциплины (модуля) в зачетных единицах (ЗЕТ)	9	6	3
2. Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)	216	144	72
3. Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) <i>(при наличии)</i>	0	0	0
4. Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)	72	36	36
5. Промежуточная аттестация (экзамен, диф. зачет) (АЧ)		36	

## 4.2 Содержание учебного модуля

### УЭМ 1. Гидромеханические процессы

#### Раздел № 1.1 Введение

Предмет и задачи курса «Процессы и аппараты химических производств». Возникновение и развитие науки о процессах и аппаратах. Классификация основных процессов. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов.

#### Раздел № 1.2 Химические реакторы

Общие сведения о химических реакторах. Классификация химических реакторов. Основные типы технологических схем химических реакторов. Основные конструкции химических реакторов.

#### Раздел № 1.3 Транспортирование и хранение жидкостей и газов

Трубопроводы. Материал трубопроводов. Способы соединения труб. Запорная и регулирующая арматура. Выбор оптимального диаметра трубопровода. Законы сопротивления для каналов с гладкой и шероховатой стенкой. Местные сопротивления. Особенности течения неньютоновских жидкостей и определение потерь напора для них. Емкости для хранения жидкостей и газов.

#### Раздел № 1.4 Перемещение жидких сред

Классификация насосов. Основные параметры насосов. Центробежные насосы. Принцип действия и устройство. Основное уравнение Эйлера. Формулы пропорциональности. Характеристики центробежных насосов. Работа насосов на сеть и рабочая точка. Предельная высота всасывания. Явление кавитации. Параллельная и последовательная работа насоса. Достоинства и недостатки центробежных насосов. Другие типы динамических насосов. Принцип действия, устройство, достоинства и недостатки. Поршневые насосы. Принцип действия и устройство. Объемный КПД. Характеристики поршневых насосов. Высота всасывания, нагнетания и полный напор поршневого насоса. Другие типы объемных насосов. Принцип действия, устройство, достоинства и недостатки.

#### Раздел № 1.5 Сжатие, разряжение и транспортирование газов

Термодинамика компрессорного процесса. Принцип действия поршневых компрессоров. Работа сжатия газа в поршневых компрессорах. Производительность и расход энергии на сжатие в поршневых компрессорах. Устройство и принцип действия центробежных компрессоров. Степень сжатия газа и основные характеристики центробежных компрессоров. Осевые компрессоры. Вентиляторы. Ротационные и струйные компрессоры. Сравнение и области применения компрессоров различных типов. Вакуум-насосы.

#### Раздел № 1.6 Гидродинамика зернистых слоев

Движение жидкостей через неподвижные зернистые слои. Характеристики зернистого слоя: порозность, удельная поверхность слоя, удельная поверхность частицы, эквивалентный диаметр каналов. Расчет гидравлического сопротивления слоя. Расчет скоростей псевдооживления, витания и уноса. Однородное и неоднородное псевдооживление. Пневмо- и гидротранспорт зернистых твердых материалов.

#### Раздел № 1.7 Гидромеханическое разделение неоднородных систем

##### 1.7.1 Разделение неоднородных систем в поле сил тяжести

Основы теории осаждения. Расчет скорости свободного и стесненного осаждения частиц в гравитационном поле. Конструкции отстойников.

##### 1.7.2 Разделение неоднородных систем под действием разности давлений

Фильтрация суспензий и очистка газов от пыли на фильтрах. Фильтрующие перегородки. Сжимаемые и несжимаемые осадки. Уравнение фильтрования и экспериментальное определение его констант. Классификация и основные типы фильтровальной аппаратуры. Фильтры периодического и непрерывного действия для разделения суспензий. Оптимизация продолжительности цикла фильтрования, фильтры для очистки газов от пыли.

### 1.7.3 Разделение неоднородных систем под действием центробежной силы

Центробежное отстаивание и центробежное фильтрование. Очистка газов от пыли в циклонах. Разделение суспензий и эмульсий в гидроциклонах. Фактор разделения. Центрифуги фильтрующие и отстойные периодического и непрерывного действия. Сепараторы.

#### Раздел № 1.8 Перемешивание в жидких средах

Интенсивность и эффективность перемешивания. Расчет мощности на механическое перемешивание. Конструкции мешалок. Гидродинамические структуры потоков в аппаратах с механическим перемешиванием. Пневматическое, циркуляционное и другие виды перемешивания. Использование пульсационной техники.

## **УЭМ 2. Тепловые процессы**

### Раздел № 2.1 Нагревание

Нагревающие агенты и способы нагревания. Нагревание водяным паром. Нагревание горячей водой. Нагревание топочными газами. Нагревание высокотемпературными теплоносителями. Нагревание газообразными высокотемпературными теплоносителями в слое неподвижной и движущейся насадкой. Нагревание электрическим током.

### Раздел № 2.2 Охлаждение и конденсация

Охлаждение до обыкновенных температур. Охлаждение до низких температур. Конденсация паров.

### Раздел № 2.3 Конструкции теплообменных аппаратов

Трубчатые теплообменники. Змеевиковые теплообменники. Пластинчатые теплообменники. Оребренные теплообменники. Спиральные теплообменники. Теплообменные устройства реакционных аппаратов. Теплообменники других типов. Сравнительная характеристика теплообменных аппаратов. Конденсаторы смешения.

### Раздел № 2.4 Выпаривание

Назначение и технические методы выпаривания. Выпаривание под вакуумом, при избыточном давлении, при атмосферном давлении. Схема однокорпусной вакуум-выпарной установки. Циркуляция раствора в выпарном аппарате. Материальный и тепловой балансы. Расход греющего пара. Общая и полезная разность температур. Температурные потери. Основные конструкции выпарных аппаратов.

Многокорпусные выпарные установки. Основные схемы многокорпусных установок. Оптимальное число корпусов. Полная и полезная разность температур. Распределение полезной разности температур по корпусам.

## **УЭМ 3. Массообменные процессы**

### Раздел № 3.1 Абсорбция

Характеристика процесса абсорбции и области его применения. Выбор абсорбента. Физическая абсорбция и абсорбция, сопровождаемая химической реакцией. Равновесие между фазами. Влияние температуры и давления на равновесие. Материальный баланс и уравнение рабочей линии. Удельный расход абсорбента, его минимальное и экономически оптимальное значение. Схемы проведения процесса абсорбции. Пути интенсификации массообменных процессов.

### Раздел № 3.2 Перегонка и ректификация

Равновесие в системе жидкость-пар. Простая перегонка. Перегонка с водяным паром. Молекулярная дистилляция. Ректификация. Уравнение материального баланса непрерывной экстракции. Влияние флегмового числа на количество необходимых теоретических тарелок. Тепловой баланс непрерывной ректификации. Ректификация многокомпонентных смесей. Экстрактивная и азеотропная ректификация. Периодическая ректификация.

### Раздел № 3.3 Экстрагирование

Общая характеристика процесса экстрагирования. Равновесие в процессах экстрагирования. Кинетические закономерности экстракции. Принципиальные схемы экстракции. Типовые конструкции экстракторов.

### Раздел № 3.4 Адсорбция. Ионный обмен

Общая характеристика процесса адсорбции. Промышленные адсорбенты и их основные свойства. Изотермы адсорбции. Тепловой эффект адсорбции. Динамическая активность адсорбента. Формирование и перенос концентрационного фронта, зона массопередачи, время защитного действия слоя. Уравнение Шилова. Математическая модель процесса адсорбции в неподвижном зернистом слое адсорбента. Классификация адсорберов и общие принципы устройства.

Характеристика ионного обмена и области его применения. Ионообменные материалы, классификация, основные свойства и области применения. Основы теории ионного обмена. Равновесие. Кинетика процесса. Математическая модель процесса ионного обмена в неподвижном слое. Особенности конструктивного оформления аппаратов для проведения ионного обмена. Принципиальные схемы ионообменных установок.

### Раздел № 3.5 Термическая сушка

Общая характеристика процесса сушки. Общая схема конвективной сушилки. Свойства влажного воздуха. Диаграмма Н-Х Рамзина. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Удельные расходы воздуха и тепла. Испарение влаги с поверхности и перемещение влаги внутри материала. Кинетика процесса сушки. Формы связи влаги с материалом. Движущая сила процесса. Критическая и равновесная влажности материала. Кривая сушки и кривая изменения температуры высушиваемого образца. Кривые скорости сушки. Приведенная критическая влажность высушиваемого материала. Продолжительность первого и второго периода сушки. Классификация и конструкции конвективных сушилок. Распылительные сушилки. Контактная сушка. Специальные методы сушки. Сублимационная сушка. Сушка инфракрасными лучами. Сушка токами высокой частоты.

## УЭМ 4. Механические процессы

### Раздел № 4.1 Измельчение твердых материалов

Общие сведения. Физико-химические основы измельчения. Расход энергии. Классификация методов измельчения и их применение в химической промышленности. Краткая характеристика устройств для крупного, среднего и мелкого измельчения.

### Раздел № 4.2 Классификация и сортировка материалов

Основные теории ситового анализа. Общая характеристика методов сортировки и области их применения. Грохочение. Гидравлическая классификация и воздушная сепарация.

## 4.3 Трудоемкость разделов учебного модуля и контактной работы

Таблица 3 – Трудоемкость разделов учебного модуля

№	Наименование разделов (тем) учебного модуля, УЭМ, наличие КП/КР	Контактная работа (в АЧ)			В т.ч. СРС	Внеауд. СРС (в АЧ)	Формы текущего контроля
		Аудиторная					
		ЛЕК	ПЗ	ЛР			
1.	УЭМ 1. Гидромеханические процессы	48	48	0	12	24	ПЗ1, ПЗ2, ПЗ3, РГР1, РГР2, Т1
2.	УЭМ 2. Тепловые процессы	24	24	0	6	12	ПЗ4, ПЗ5, РГР3, Т2
	Промежуточная аттестация (7 семестр)	экзамен					
3.	УЭМ 3. Массообменные процессы	30	30	0	7	27	ПЗ6, ПЗ7, ПЗ8, ПЗ9, ПЗ10, РГР4, РГР5, Т3
4	УЭМ 4. Механические процессы	6	6	0	2	9	ПЗ11, Т4
	Промежуточная аттестация (8 семестр)	диф. зачет					
	<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>0</b>	<b>27</b>	<b>72</b>	

#### 4.4 Лабораторные работы и курсовые работы/курсовые проекты

##### 4.4.1 Перечень тем лабораторных работ:

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

##### 4.4.2 Примерные темы курсовых работ/курсовых проектов:

Курсовые работы/курсовые проекты не предусмотрены учебным планом

#### 5 Методические рекомендации по организации освоения учебного модуля

Таблица 4 – Методические рекомендации по организации лекций

№	Темы лекционных занятий (форма проведения)	Трудоемкость в АЧ
7 семестр		72
1.	Раздел № 1.1 Введение (лекция-презентация)	6
2.	Раздел № 1.2 Химические реакторы (лекция-презентация)	6
3.	Раздел № 1.3 Транспортирование и хранение жидкостей и газов (лекция-презентация)	6
4.	Раздел № 1.4 Перемещение жидких сред (лекция-презентация)	6
5.	Раздел № 1.5 Сжатие, разряжение и транспортирование газов (лекция-презентация)	6
6.	Раздел № 1.6 Гидродинамика зернистых слоев (лекция-презентация)	6
7.	Раздел № 1.7 Гидромеханическое разделение неоднородных систем (лекция-презентация)	6
8.	Раздел № 1.8 Перемешивание в жидких средах (лекция-презентация)	6
9.	Раздел № 2.1 Нагревание (лекция-презентация)	6
10.	Раздел № 2.2 Охлаждение и конденсация (лекция-презентация)	6
11.	Раздел № 2.3 Конструкции теплообменных аппаратов (лекция-презентация)	6
12.	Раздел № 2.4 Выпаривание (лекция-презентация)	6
8 семестр		36
13.	Раздел № 3.1 Абсорбция (лекция-презентация)	6
14.	Раздел № 3.2 Перегонка и ректификация (лекция-презентация)	6
15.	Раздел № 3.3 Экстрагирование (лекция-презентация)	6
16.	Раздел № 3.4 Адсорбция. Ионный обмен (лекция-презентация)	6
17.	Раздел № 3.5 Термическая сушка (лекция-презентация)	6
18.	Раздел № 4.1 Измельчение твердых материалов (лекция-презентация)	3
19.	Раздел № 4.2 Классификация и сортировка материалов (лекция-презентация)	3
<b>ИТОГО</b>		<b>108</b>

Таблица 5 – Методические рекомендации по организации практических занятий

№	Темы практических занятий (форма проведения)	Трудоемкость в АЧ
7 семестр		72
1.	Расчет и выбор химических реакторов (решение задач)	4
2.	Гидравлический расчет трубопровода (решение задач)	5
3.	Расчет основных характеристик и выбор центробежного насоса (решение задач)	5
4.	Расчет основных характеристик и выбор поршневого насоса (решение задач)	5
5.	Расчет основных характеристик и выбор осевого вентилятора (решение задач)	5
6.	Расчет гидравлического сопротивления слоя, расчет скоростей псевдоожижения, витания и уноса (решение задач)	5
7.	Расчет основных характеристик и выбор осевого вентилятора (решение задач)	5
8.	Определение основных параметров отстойников. Основы расчета фильтров периодического и непрерывного действия (решение задач)	5
9.	Расчет осадительных и фильтрующих центрифуг (решение задач)	5
10.	Расчет нормализованной и не нормализованной мешалки (решение задач)	4
11.	Расчет основных параметров теплообменников (решение задач)	8
12.	Расчет однокорпусной выпарной установки (решение задач)	8
13.	Расчет многокорпусной выпарной установки (решение задач)	8

8 семестр		36
14.	Расчет основных параметров абсорберов (решение задач)	6
15.	Расчет тарельчатой ректификационной колонны (решение задач)	6
16.	Расчет основных размеров экстракторов (решение задач)	6
17.	Расчет ионообменного аппарата с неподвижным слоем ионита (решение задач)	6
18.	Расчет сушилки кипящего слоя (решение задач)	6
19.	Расчет и подбор механического оборудования (решение задач)	6
<b>ИТОГО</b>		<b>108</b>

## 6 Фонд оценочных средств учебного модуля

Фонд оценочных средств представлен в Приложении А.

## 7 Условия освоения учебного модуля

### 7.1 Учебно-методическое обеспечение

Учебно-методического обеспечение учебной дисциплины (модуля) представлено в Приложении Б.

### 7.2 Материально-техническое обеспечение

Таблица 6 – Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

№	Требование к материально-техническому обеспечению	Наличие материально-технического оборудования и программного обеспечения	
1.	Наличие специальной аудитории	аудитория для проведения лекционных и/или практических занятий: учебная мебель (столы, стулья, доска)	
2.	Мультимедийное оборудование	Проектор, компьютер, экран	
3.	Программное обеспечение		
Наименование программного продукта		Обоснование для использования (лицензия, договор, счёт, акт или иное)	Дата выдачи
Microsoft Windows 7 Professional		Dreamspark (Imagine) № 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212	30.04.2015
Microsoft Windows 10 for Educational Use		Dreamspark (Imagine) № 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212	30.04.2015
Microsoft Office 2013 Standard		Open License № 62018256	31.07.2016
Подписка Microsoft Office 365		свободно распространяемое для вузов	-
Adobe Acrobat		свободно распространяемое	-
Zoom		свободно распространяемое	-
Skype		свободно распространяемое	-

Приложение А  
**Фонд оценочных средств учебного модуля**  
**Процессы и аппараты химических производств**

### 1 Структура фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств состоит из двух частей:

а) открытая часть - общая информация об оценочных средствах (название оценочных средств, проверяемые компетенции, баллы, количество вариантов заданий, методические рекомендации для применения оценочных средств и пр.), которая представлена в данном документе, а также те вопросы и задания, которые могут быть доступны для обучающегося;

б) закрытая часть - фонд вопросов и заданий, которая не может быть заранее доступна для обучающихся (экзаменационные билеты, вопросы к контрольной работе и пр.) и которая хранится на кафедре.

### 2 Перечень оценочных средств текущего контроля и форм промежуточной аттестации

Таблица А.1 – Перечень оценочных средств текущего контроля и форм промежуточной аттестации

№	Оценочные средства для текущего контроля	Разделы (темы) учебной дисциплины	Баллы	Проверяемые компетенции
<b>7 семестр</b>				
1.	Практическое задание 1	Раздел № 1.1 Введение	20	ПК-7, ПК-8, ПК-9
2.	Практическое задание 2	Раздел № 1.2 Химические реакторы	20	
3.	Практическое задание 3	Раздел № 1.3 Транспортирование и хранение жидкостей и газов	20	
4.	Расчетно-графическая работа 1	Раздел № 1.4 Перемещение жидких сред	30	
5.	Расчетно-графическая работа 2	Раздел № 1.5 Сжатие, разряжение и транспортирование газов	30	
6.	Тест 1	Раздел № 1.6 Гидродинамика зернистых слоев	30	
7.	Практическое задание 4	Раздел № 1.7 Гидромеханическое разделение неоднородных систем	20	ПК-7, ПК-8, ПК-9
8.	Практическое задание 5	Раздел № 1.8 Перемешивание в жидких средах	20	
9.	Расчетно-графическая работа 3	Раздел № 2.1 Нагревание	30	
10.	Тест 2	Раздел № 2.2 Охлаждение и конденсация	30	
<b>Промежуточная аттестация</b>				
	Экзамен	Раздел № 2.3 Конструкции теплообменных аппаратов	50	
	<b>ИТОГО</b>	Раздел № 2.4 Выпаривание	<b>300</b>	

8 семестр				
11.	Практическое задание 6	Раздел № 3.1 Абсорбция	10	ПК-7, ПК-8, ПК-9
12.	Практическое задание 7	Раздел № 3.2 Перегонка и ректификация	10	
13.	Практическое задание 8	Раздел № 3.3 Экстрагирование	10	
14.	Практическое задание 9	Раздел № 3.4 Адсорбция. Ионный обмен	10	
15.	Практическое задание 10	Раздел № 3.5 Термическая сушка	10	
16.	Расчетно-графическая работа 4		30	
17.	Тест 3		30	ПК-7, ПК-8, ПК-9
18.	Практическое задание 11		10	
19.	Тест 4		30	
<i>Промежуточная аттестация</i>				
	Дифференцированный зачет		-	
	<b>ИТОГО</b>		<b>150</b>	

### 3 Рекомендации к использованию оценочных средств

Таблица А.2 – Практическое задание

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>	<i>Количество вопросов</i>
Полнота и правильность решения задач	15	1-3

Пример практического задания 1 по теме Основы прикладной гидравлики:

1. Определить потерю давления на трение при протекании воды по латунной трубе диаметром 19x2 мм, длиной 10 м. Скорость воды 2 м/с. Температура воды 55°C. Принять шероховатость трубы  $\epsilon = 0,005$  мм.
2. Какое абсолютное давление (в кг/см<sup>2</sup>) должен иметь воздух, подаваемый в монтажу для подъема серной кислоты относительной плотности 1,78 на высоту 21 м? Гидравлическими потерями пренебречь.

Таблица А.3 – Расчетно-графическая работа

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>	<i>Количество вопросов</i>
Полнота и правильность выполнения расчетно-графической работы	15	1

Пример расчетно-графической работы 1:

Рассчитать трубопровод и подобрать центробежный насос для подачи жидкости с начальной температурой  $t$  при расходе  $Q$  из емкости в колонну. Коэффициент сопротивления теплообменника  $\zeta_m$ . Разность уровней в сосудах  $h$ , давление в колонне  $P_k$ , в емкости  $P_0$ , высота всасывания  $h_{вс}$ . Трубопровод состоит из трех участков, длина которых  $l_B, l_{H1}, l_{H2}$ . Коэффициент сопротивления обратного клапана с сеткой принять равным  $7,0$ .

Таблица А.4 – Тест

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>	<i>Количество вопросов</i>
Количество правильных ответов на вопросы	Случайным образом из банка вопросов	T1 – 15 T2 – 10 T3 – 10 T4 – 10

Пример теста 1 (фрагмент):

1. Для какой цели применяется параллельная работа центробежных насосов на общий трубопровод?
  - a. Для увеличения напора перекачиваемой жидкости.
  - b. Для снижения расхода энергии на перекачивание.
  - c. Для увеличения производительности, если характеристика сети является пологой.
  - d. Для увеличения производительности, если характеристика сети является крутой.
2. Самыми простыми по конструкции мешалками являются
  - a. лопастные
  - b. вибрационные
  - c. якорные
  - d. турбинные
3. Как изменятся производительность, напор и потребляемая мощность насоса, если число оборотов рабочего колеса увеличивается вдвое?
  - a. Производительность увеличится вдвое, напор – в четыре раза, потребляемая мощность – в восемь раз.
  - b. Производительность увеличится вдвое, напор – втрое, а потребляемая мощность – в четыре раза.
  - c. Производительность, напор и потребляемая мощность возрастут пропорционально числу оборотов.
  - d. Производительность, напор и потребляемая мощность не изменятся.
4. Что такое процесс отстаивания?
  - a. Разделение неоднородных систем под действием центробежных сил
  - b. Разделение неоднородных систем под действием разности давлений перед и после фильтровальной перегородки
  - c. Разделение неоднородных систем под действием гравитационных сил
5. Равномерна ли подача поршневого насоса?
  - a. Подача равномерна, поскольку число оборотов электродвигателя постоянно.
  - b. Подача равномерна, поскольку производительность поршневого насоса не зависит от скорости движения поршня.
  - c. Подача неравномерна. Она меньше при пуске насоса, т.к. в момент пуска насосу приходится преодолевать инерционные усилия.
  - d. Подача поршневого насоса изменяется от нуля (в левом и правом крайних положениях поршня) до некоторого максимального значения (положении поршня), т.к. скорость поршня изменяется по синусоиде.

Таблица А.5 – Экзамен

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>	<i>Количество вопросов</i>
5 тестовых вопросов по 4 балла за каждый правильный ответ	10	7
1 теоретический вопрос – 15 баллов		
1 практическая задача – 15 баллов		

**Пример экзаменационного билета:**

**Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого**  
**Кафедра фундаментальной и прикладной химии**  
**Экзаменационный билет №0**

**Учебный модуль:** Процессы и аппараты химических производств  
**Для специальности** 04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия  
**Направленность (профиль) –** Химия и технология удобрений

1. Для какой цели применяется параллельная работа центробежных насосов на общий трубопровод?
  - a. Для увеличения напора перекачиваемой жидкости.
  - b. Для снижения расхода энергии на перекачивание.
  - c. Для увеличения производительности, если характеристика сети является пологой.
  - d. Для увеличения производительности, если характеристика сети является крутой.
2. Самыми простыми по конструкции мешалками являются
  - a. лопастные
  - b. вибрационные
  - c. якорные
  - d. турбинные
3. Как изменятся производительность, напор и потребляемая мощность насоса, если число оборотов рабочего колеса увеличивается вдвое?
  - a. Производительность увеличится вдвое, напор – в четыре раза, потребляемая мощность – в восемь раз.
  - b. Производительность увеличится вдвое, напор – втрое, а потребляемая мощность – в четыре раза.
  - c. Производительность, напор и потребляемая мощность возрастут пропорционально числу оборотов.
  - d. Производительность, напор и потребляемая мощность не изменятся.
4. Что такое процесс отстаивания?
  - a. Разделение неоднородных систем под действием центробежных сил
  - b. Разделение неоднородных систем под действием разности давлений перед и после фильтровальной перегородки
  - c. Разделение неоднородных систем под действием гравитационных сил
5. Равномерна ли подача поршневого насоса?
  - a. подача равномерна, поскольку число оборотов электродвигателя постоянно.
  - b. подача равномерна, поскольку производительность поршневого насоса не зависит от скорости движения поршня.
  - c. подача неравномерна. Она меньше при пуске насоса, т.к. в момент пуска насосу приходится преодолевать инерционные усилия.
  - d. подача поршневого насоса изменяется от нуля (в левом и правом крайних положениях поршня) до некоторого максимального значения (положении поршня), т.к. скорость поршня изменяется по синусоиде.
6. Общая характеристика процесса адсорбции. Промышленные адсорбенты и их основные свойства. Формирование и перенос концентрационного фронта, зона массопередачи, время защитного действия адсорбента. Классификация адсорберов и общие принципы устройства.
7. Какое абсолютное давление (в кг/см<sup>2</sup>) должен иметь воздух, подаваемый в монтажу для подъема серной кислоты относительной плотности 1,78 на высоту 21 м? Гидравлическими потерями пренебречь.

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Зыкова И.В.

Принято на заседании кафедры « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ протокол № \_\_\_\_

Приложение Б  
Карта учебно-методического обеспечения учебного модуля  
Процессы и аппараты химических производств

Таблица Б.1 – Основная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Печатные источники		
1 Сулак А. В. Процессы и аппараты химической технологии : учеб. пособие. - Москва : Академия, 2005. - 223,[1]с. : ил. - (Федеральный комплект учебников, Профессиональное образование. Нефтегазовая промышленность). - Библиогр.: с. 220-221. - ISBN 5-7695-2033-7 : (в пер.)	5	
2 Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов : учеб. для вузов / И. М. Кузнецова [и др.] ; под ред. Х. Э. Харлампиди. - 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 447, [1] с. : ил. - (Учебники для вузов, Специальная литература). - Библиогр. в конце гл. - Указ.: с. 440-446. - Доступ к электрон. версии этой кн. на <a href="http://www.e.lanbook.com">www.e.lanbook.com</a> . - ISBN 978-5-8114-1478-9	10	
Электронные ресурсы		
1 Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс : учебник : в 2 книгах / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.] ; под редакцией В. Г. Айнштейна. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Книга 1 : Книга 1 — 2019. — 916 с. — ISBN 978-5-8114-2975-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/111193">https://e.lanbook.com/book/111193</a> (дата обращения: 15.01.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.		ЭБС Лань
2 Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс : учебник : в 2 книгах / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.] ; под редакцией В. Г. Айнштейна. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Книга 2 : Книга 2 — 2019. — 876 с. — ISBN 978-5-8114-2975-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/111194">https://e.lanbook.com/book/111194</a> (дата обращения: 15.01.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.		ЭБС Лань
3 Захаров, М. К. Сборник задач по процессам и аппаратам : учебное пособие / М. К. Захаров, Н. А. Кузнецова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2019 — Часть 1 — 2019. — 67 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/171477">https://e.lanbook.com/book/171477</a> (дата обращения: 15.01.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.		ЭБС Лань

Новгородский государственный  
университет им. Ярослава Мудрого  
Научная библиотека  
Сектор учета *[подпись]*

Таблица Б.2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
База данных электронной библиотечной системы вуза «Электронный читальный зал-БиблиоТех» <a href="https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/">https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/</a>	Договор № БТ-46/11 от 17.12.2014	бессрочный
Электронный каталог научной библиотеки <a href="http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/">http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/</a>	База собственной генерации	бессрочный
База данных «Аналитика» (картотека статей) <a href="http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/">http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/</a>	База собственной генерации	бессрочный
Национальная электронная библиотека (НЭБ) <a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>	Договор № 101/НЭБ/2338 от 01.09.2017	31.08.2022
ЭБС «Лань» с ООО «ЭБС ЛАНЬ» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>	Договор № 52/ЕП(У)18 от 11.01.2019	10.01.2020
Президентская библиотека им. Б. Н. Ельцина <a href="https://www.prlib.ru/">https://www.prlib.ru/</a>	в открытом доступе	-
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>	в открытом доступе	-
База данных электронно-библиотечной системы «Национальная электронная библиотека» <a href="https://нэб.рф">https://нэб.рф</a>	в открытом доступе	-
База данных спектров органических соединений <a href="https://sdbs.db.aist.go.jp/">https://sdbs.db.aist.go.jp/</a>	в открытом доступе	

Таблица Б.3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Печатные источники		
1 Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учеб. для вузов. - 14-е изд., стер. - Москва : Альянс, 2008. - 750,[2]с. : ил. - Библиогр.: с. 715-718. - Указ.: с. 719-750. - Перепечатка с 9 изд.1973 г. - ISBN 978-5-903034-33-8 : (в пер.)	1	
2 Игнатенков В.И. Примеры и задачи по общей химической технологии : учеб. пособие для вузов. - Москва : Академкнига, 2006. - 198с. : ил. - Библиогр.:с.195. - В тексте: Является дополнением к учеб."Общая химическая технология"; На обл.: Учебное пособие для вузов. - ISBN 5-94628-148-8. - ISBN 978-5-946-28148-5.	6	

Проверено НБ НовГУ. Калинина Н. А.



Приложение В  
Лист актуализации рабочей программы учебного модуля  
Процессы и аппараты химических производств

Рабочая программа актуализирована на 2019/2020 учебный год.  
 Протокол № 11 заседания кафедры от «28» июня 2019 г.  
 Разработчик: Владимир В. А. Малахов  
 Зав. кафедрой: И. В. Зыкова

Рабочая программа актуализирована на 2020/2021 учебный год.  
 Протокол № 11 заседания кафедры от «30» июня 2020 г.  
 Разработчик: Владимир В. А. Малахов  
 Зав. кафедрой: И. В. Зыкова

Рабочая программа актуализирована на 2021/2022 учебный год.  
 Протокол № 11 заседания кафедры от «30» июня 2021 г.  
 Разработчик: Владимир В. А. Малахов  
 Зав. кафедрой: Е. А. Пчелина

Рабочая программа актуализирована на 2022/2023 учебный год.  
 Протокол №      заседания кафедры от «    »      20     г.  
 Разработчик:       
 Зав. кафедрой:     

**Перечень изменений, внесенных в рабочую программу:**

Номер изменения	№ и дата протокола заседания кафедры	Содержание изменений	Зав. кафедрой	Подпись
1	Протокол №11 от 30.06.2020	Актуализация таблицы Б.2, Приложение Б	Зыкова И.В.	
2	Протокол №11 от 30.06.2021	Актуализация таблицы Б.2, Приложение Б	Пчелина Е.А.	

## Содержание изменений:

1 Содержание изменений при актуализации рабочей программы на 2020-2021 учебный год (протокол № 11 заседания кафедры от 30.06.2020):

таблицу Б.2 Приложения Б изложить в следующей редакции:

Таблица Б.2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
База данных электронной библиотечной системы вуза «Электронный читальный зал-БиблиоТех» <a href="https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/">https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/</a>	Договор № БТ-46/11 от 17.12.2014	бессрочный
Электронный каталог научной библиотеки <a href="http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/">http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/</a>	База собственной генерации	бессрочный
База данных «Аналитика» (картотека статей) <a href="http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/">http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/</a>	База собственной генерации	бессрочный
Национальная электронная библиотека (НЭБ) <a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>	Договор № 101/НЭБ/2338 от 01.09.2017	31.08.2022
ЭБС «Лань» с ООО «ЭБС ЛАНЬ» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>	Договор № 72/ЕП(У)19 от 25.12.2019	10.01.2021
Президентская библиотека им. Б. Н. Ельцина <a href="https://www.prlib.ru/">https://www.prlib.ru/</a>	в открытом доступе	-
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>	в открытом доступе	-
База данных электронно-библиотечной системы «Национальная электронная библиотека» <a href="https://нэб.рф">https://нэб.рф</a>	в открытом доступе	-
База данных спектров органических соединений <a href="https://sdfs.db.aist.go.jp/">https://sdfs.db.aist.go.jp/</a>	в открытом доступе	

2 Содержание изменений при актуализации рабочей программы на 2021-2022 учебный год (протокол № 11 заседания кафедры от 30.06.2021):  
таблицу Б.2 Приложения Б изложить в следующей редакции:

Таблица Б.2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
База данных электронной библиотечной системы вуза «Электронный читальный зал-БиблиоТех» <a href="https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/">https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/</a>	Договор № БТ-46/11 от 17.12.2014	бессрочный
Электронный каталог научной библиотеки <a href="http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/">http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/</a>	База собственной генерации	бессрочный
База данных «Аналитика» (картотека статей) <a href="http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/">http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/</a>	База собственной генерации	бессрочный
Национальная электронная библиотека (НЭБ) <a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>	Договор № 101/НЭБ/2338 от 01.09.2017	31.08.2022
ЭБС «Лань» с ООО «ЭБС ЛАНЬ» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>	Договор № 04/ЕП(У)21 от 17.03.2021	11.01.2022
Президентская библиотека им. Б. Н. Ельцина <a href="https://www.prlib.ru/">https://www.prlib.ru/</a>	в открытом доступе	-
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>	в открытом доступе	-
База данных электронно-библиотечной системы «Национальная электронная библиотека» <a href="https://нэб.рф">https://нэб.рф</a>	в открытом доступе	-
База данных спектров органических соединений <a href="https://sdbs.db.aist.go.jp/">https://sdbs.db.aist.go.jp/</a>	в открытом доступе	

**Приложение В**  
Лист актуализации рабочей программы  
учебной дисциплины (модуля) «Процессы и аппараты химических производств»

Рабочая программа актуализирована на 2022/2023 учебный год.  
Протокол № 9/1 заседания кафедры от «06» июня 2022 г.

Разработчик: Исаков В.А. / В.А. Исаков  
Зав. кафедрой: Исаков В.А. / В.А. Исаков

**Перечень изменений, внесенных в рабочую программу:**

Номер изменения	№ и дата протокола заседания кафедры	Содержание изменений	Зав. кафедрой	Подпись
1	Протокол 9/1 заседания кафедры фундаментальной и прикладной химии от 06.06.2022	Актуализация п. 7.2 Материально-техническое обеспечение; Актуализация таблицы Б.3, Приложение Б.	Исаков В.А.	

**Содержание изменений:**

1 Содержание изменений при актуализации рабочей программы на 2022-2023 учебный год (протокол заседания кафедры № 9/1 от 06.06.2022):  
- Пункт 7.2 Материально-техническое обеспечение учебного модуля изложить в следующей редакции:

7.2 Материально-техническое обеспечение учебного модуля (в части программного обеспечения)

Наименование программного продукта	Обоснование для использования (лицензия, договор, счёт, акт или иное)	Дата выдачи
Microsoft Windows 7 Professional Dreamspark (Imagine)	№370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212	30.04.2015
Microsoft Windows 10 for Educational Use Dreamspark (Imagine)	№ 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212	30.04.2015
Microsoft Office 2013 Standard Open	№ 62018256	31.07.2016
Подписка Microsoft Office 365	свободно распространяемое для вузов	-
ABBYY FineReader PDF 15 Business. Версия для скачивания	№236/ЕП(Б)21-ВБ	26.10.2021
Acronis Защита Данных для рабочей станции, Acronis Защита Данных. Расширенная для физического сервера	№210/ЕП (У)20-ВБ, Ах000369127	03.11.2020
Антиплагиат. Вуз.	№3341/12/ЕП(У)21-ВБ	29.01.2021
Adobe Acrobat	свободно распространяемое	-
Teams	свободно распространяемое	-
Skype	свободно распространяемое	-
Zoom	свободно распространяемое	-

- Таблицу Б.3 Приложения Б изложить в следующей редакции:

<b>Наименование ресурса</b>	<b>Договор</b>	<b>Срок договора</b>
<b>Профессиональные базы данных</b>		
База данных электронной библиотечной системы вуза «Электронный читальный зал-БиблиоТех» <a href="https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/">https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/</a>	Договор № БТ-46/11 от 17.12.2014	бессрочный
Электронный каталог научной библиотеки <a href="http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/">http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/</a>	База собственной генерации	бессрочный
База данных «Аналитика» (картотека статей) <a href="http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/">http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/</a>	База собственной генерации	бессрочный
База данных «Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» <a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>	Договор № 56/ЕП(У)21 от 17.12.2021	31.12.2022
Электронная библиотечная система «IPRsmart» <a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>	Договор № 8658/21П от 24.03.2022	31.12.2022
Электронная база данных электронной библиотечной системы «Лань» <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>	Договор № 59/ ЕП (У)21 от 17.12.2021	31.12.2023
Национальная электронная библиотека (НЭБ) <a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>	Договор № 101/НЭБ/2338 от 04.07.2017	31.08.2022
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>	в открытом доступе	-
Национальная подписка в рамках проекта Министерства образования и науки РФ (Госзадание № 4/2017 г.) к наукометрическим БД Scopus и Web of Science <a href="https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search">https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search</a> <a href="https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic">https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic</a>	регистрация (территория вуза)	2022
База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <a href="http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/">http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/</a>	в открытом доступе	-
База данных электронно-библиотечной системы «Национальная электронная библиотека» <a href="https://нэб.рф">https://нэб.рф</a>	в открытом доступе	-
<b>Информационные справочные системы</b>		
Университетская информационная система «РОССИЯ» <a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>	в открытом доступе	-
Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <a href="https://openedu.ru">https://openedu.ru</a>	в открытом доступе	-
Портал открытых данных Российской Федерации <a href="https://data.gov.ru">https://data.gov.ru</a>	в открытом доступе	-
Справочно-правовая система КонсультантПлюс (КонсультантПлюс студенту и преподавателю) <a href="http://www.consultant.ru/edu/">www.consultant.ru/edu/</a>	в открытом доступе	-