

Министерство образования и науки 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

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИСХИР


А.М. Козина
«27» декабря 2016 г.

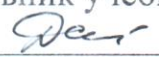
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Учебный модуль по специальности
04.05.01 – фундаментальная и прикладная химия

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО

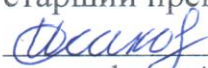
Начальник учебного отдела

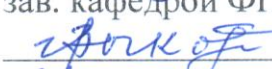
 Л.Б. Даниленко

«22» декабря 2016 г.

Разработали

старший преподаватель кафедры ФПХ

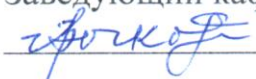
 В.А. Исаков
зав. кафедрой ФПХ

 И.В. Зыкова
«21» декабря 2016 г.

Принято на заседании кафедры

Протокол № 4 от 23.12.2016 г.

Заведующий кафедрой

 И.В. Зыкова

«23» декабря 2016 г.

1 Цели и задачи учебного модуля

Цель учебного модуля (УМ) состоит в том, чтобы сформировать у студентов базовые знания конструкций и методов расчета основных процессов и аппаратов химических производств.

Задачи УМ:

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 ОП специальности 04.05.01 фундаментальная и прикладная химия

Учебный модуль «Процессы и аппараты химических производств» изучается в 7 семестре, входит в вариативную часть ОП специальности 04.05.01 фундаментальная и прикладная химия.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении физической химии, химической технологии, теоретических основ технологии неорганических веществ и материалов, инженерной графики и машиностроительного черчения.

В процессе освоения курса «Процессы и аппараты химических производств» студенты готовятся к изучению следующих дисциплин: химическая технология, технология минеральных удобрений и солей, моделирование химико-технологических процессов, системы управления химико-технологическими процессами

3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения УМ направлен на формирование компетенции: владеет базовыми знаниями конструкций основных процессов и аппаратов химических производств, умеет проводить основные расчеты параметров аппаратов, составлять материальные и тепловые балансы отдельных аппаратов и стадий химических производств (ДПК-14).

В результате освоения УМ студент должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ДПК-14	повышенный	теоретические основы гидромеханических, тепловых и диффузионных процессов; критерии гидромеханического, теплового и диффузионного подобию; методы расчета технологических процессов и основных размеров аппаратов; способы осуществления основных технологических процессов – конструкции и работу типовых процессов и аппаратов.	выявлять основные факторы, определяющие эффективность технологического процесса; проводить сравнительный анализ конструктивных решений технологических процессов; определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для процесса.	методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; навыками расчета и проектирования основных процессов и аппаратов; методами регулирования химико-технологических процессов.

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

В структуре УМ выделены учебные элементы модуля (УЭМ) в качестве самостоятельных разделов.

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		7	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕТ)	8	8	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):			
1) УЭМ 1 Гидромеханические процессы			
- лекции	18	18	ДПК-14
- практические занятия	38	38	
- лабораторные работы			
- аудиторная СРС	12	12	
- внеаудиторная СРС	56	56	
2) УЭМ 2 Тепловые процессы			
- лекции	7	7	ДПК-14
- практические занятия	14	14	
- лабораторные работы			
- аудиторная СРС	5	5	
- внеаудиторная СРС	21	21	
3) УЭМ 3 Массообменные процессы			
- лекции	12	12	ДПК-14
- практические занятия	23	23	
- лабораторные работы			
- аудиторная СРС	8	8	
- внеаудиторная СРС	35	35	
4) УЭМ 4 Механические процессы			
- лекции	5	5	ДПК-14
- практические занятия	9	9	
- лабораторные работы			
- аудиторная СРС	2	2	
- внеаудиторная СРС	14	14	
Аттестация:			
- экзамен	36	36	

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

УЭМ 1 Гидромеханические процессы

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.

1.2 Химические реакторы

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

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.

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.

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.

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 псевдоожижения, витания и уноса. Однородное и неоднородное псевдоожижение. Пневмо- и гидротранспорт зернистых твердых материалов.

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.

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

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.

2.2 Охлаждение и конденсация

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

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.

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

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.

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.

3.3 Экстрагирование

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

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.

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

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.

4.2 Классификация и сортировка материалов

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

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

4.3 Содержание практических занятий

№ раздела УМ	Наименование практических работ	Трудоемкость, ак.час
1	1. Расчет и выбор химических реакторов	3
	2. Гидравлический расчет трубопровода	5
	3. Расчет основных характеристик и выбор центробежного насоса	5
	4. Расчет основных характеристик и выбор поршневого насоса	5
	5. Расчет основных характеристик и выбор осевого вентилятора	3
	6. Расчет гидравлического сопротивления слоя, расчет скоростей псевдоожижения, витания и уноса	3
	7. Расчет основных характеристик и выбор осевого вентилятора	3
	8. Определение основных параметров отстойников. Основы расчета фильтров периодического и непрерывного действия	5
	9. Расчет осадительных и фильтрующих центрифуг	3
	10. Расчет нормализованной и не нормализованной мешалки	3
2	1. Расчет основных параметров теплообменников	3
	2. Расчет однокорпусной выпарной установки	5
	3. Расчет многокорпусной выпарной установки	6

3	1. Расчет основных параметров абсорберов	4
	2. Расчет тарельчатой ректификационной колонны	6
	3. Расчет основных размеров экстракторов	4
	4. Расчет ионообменного аппарата с неподвижным слоем ионита	3
	5. Расчет сушилки кипящего слоя	6
4	1. Расчет и подбор механического оборудования	9

4.4 Курсовые проекты (работы)

Курсовая работа проводится в рамках НИРС по процессам и аппаратам химических производств

4.5 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра; рубежный – на девятой неделе семестра; семестровый – по окончании изучения УМ.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением от 25.03.2014 Протокол УС № 18 «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования».

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено **Картой учебно-методического обеспечения** (Приложение В)

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для проведения лекционных и практических занятий необходима аудитория, оборудованная мультимедийной техникой для демонстрации презентаций и видеоматериалов.

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В – Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А

Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля «Процессы и аппараты химических производств»

Методические рекомендации устанавливают порядок и методику изучения теоретического и практического материала учебного модуля. Методические рекомендации составляются по каждому виду учебной работы, включенные в модуль. Методические рекомендации должны нацеливать студента на творческую самостоятельную работу, не должны подменять учебную литературу и справочники, давать готовых решений поставленных перед студентом задач.

Для достижения планируемых результатов обучения, в курсе «Процессы и аппараты химических производств» используются различные образовательные технологии:

1. *Информационно-развивающие технологии*, направленные на овладение большим запасом знаний, запоминание и свободное оперирование ими. Используется самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

2. *Деятельностные практико-ориентированные технологии*, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при выполнении практических работ, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность.

3. *Развивающие проблемно-ориентированные технологии*, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения. Используются виды проблемного обучения: коллективная мыслительная деятельность в группах при выполнении практических работ и расчетно-графических заданий, решение задач повышенной сложности.

4. *Личностно-ориентированные технологии обучения*, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента при выполнении индивидуальных практических работ.

Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Теоретическая часть модуля направлена на формирование системы знаний основных конструкций, характеристик, принципов работы и технологических схем аппаратов и машин химических производств. Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекционных занятиях, а также усваивается студентом при самостоятельном изучении литературы по отдельным темам курса.

Методические рекомендации по практическим занятиям

Практические занятия по учебному модулю ставят перед собой цель развивать практические навыки расчета и выбора гидромеханических, тепловых, массообменных и механических аппаратов.

Форма проведения практических занятий – фронтальная, дистанционная.

Приложение Б

Технологическая карта

**учебного модуля «Процессы и аппараты химических производств»
семестр 7, ЗЕТ 8, вид аттестации *экзамен*, акад.часов 126, баллов рейтинга 400**

[illegible]

В соответствии с Положением «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования» перевод баллов рейтинга в традиционную систему оценок осуществляется по шкале:

отлично – 360-400;

хорошо – 280-359;

удовлетворительно – 200-279;

неудовлетворительно – менее 200

Приложение В

Карта учебно-методического обеспечения

Учебного модуля «Процессы и аппараты химических производств»

Специальность 04.05.01 – фундаментальная и прикладная химия

Формы обучения очная

Курс 4 Семестр 7

Часов: всего 288, лекций 42, практических занятий 84, СРС 162

Обеспечивающая кафедра фундаментальной и прикладной химии

Таблица 1 – Обеспечение учебного модуля учебными изданиями

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1 Касаткин А.Г., Основные процессы и аппараты химической технологии: учеб. для вузов. – 14-е изд., стер. – М.: Альянс, 2008. – 752 с.	1	
2 Сугак А.В., Процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие. - М.: Академия, 2005. – 224 с.	5	
3 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. - СПб.: Лань, 2013. - 448 с.	10	
4 Брюханов О. Н., Тепломассообмен: учеб. для вузов / О. Н. Брюханов, С. Н. Шевченко. – М.: Инфра-М, 2015. – 464 с.	3	
5 Примеры и задачи по тепломассообмену: учебное пособие для вузов / кол. авт.: В. С. Логинов [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2011. - 256 с.	2	
Учебно-методические издания		
1 Исаков В.А., Рабочая программа учебного модуля «Процессы и аппараты химических производств» для специальности 04.05.01 фундаментальная и прикладная химия. – Великий Новгород: НовГУ, 2016. – 12 с.	http://www.novsu.ru/study/umk/university/r.1180151.k.sort.spec_shifr/i.1180151/?spec=&showfolder=1200148	

Таблица 2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
1 Фролов В.Ф., Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии" : учеб. пособие / Федер.целевая прогр."Культура России"(Подпрогр."Поддержка полиграфии и книгоизд.России (2002-2005 гг.)). - СПб. : Химиздат, 2003. - 607с.	2	
2 Процессы и аппараты химической технологии : явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование : учеб. пособие для вузов : в 5 т. Т. 2 : Механические и гидромеханические процессы / Под ред.А.М.Кутепова. - М. : Логос, 2002. - 599с.	5	
3 Цирельман Н.М., Прямые и обратные задачи тепломассопереноса. - М.: Энергоатомиздат, 2005. - 392с.	2	

Действительно для 2017/2018 учебного года. Зав. кафедрой ФПХ И.В. Зыкова
протокол № 11 от 29.06.2017

Действительно для 2018/2019 учебного года. Зав. кафедрой ФПХ И.В. Зыкова
протокол № 13 от 28.06.2018

Действительно для 2019/2020 учебного года. Зав. кафедрой ФПХ И.В. Зыкова
протокол № 11 от 22.06.2019

Действительно для 2020/2021 учебного года
протокол № 11 от 03.07.2020
Зав. каф. ФПХ И.В. Зыкова