

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ХТИ

д.т.н., профессор Павленко В.И.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы и аппараты химической технологии

Специальность 18.05.02. Химическая технология материалов
современной энергетики

Специализация 18.05.02–06 Ядерная и радиационная безопасность на объектах
использования ядерной энергии

Квалификация
инженер

Форма обучения
очная

Химико-технологический институт

Кафедра технологии цемента и композиционных материалов

Белгород – 2018


Программа составлена в соответствии с требованиями:

- Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 октября 2016 года № 1291;
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2018 году.

Составитель: к.т.н., доц.  (Черкасов А.В.)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Технологии цемента и композиционных материалов

« 10 » мая 2018 г., протокол № 10

/ Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (Борисов И.Н.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Теоретической и прикладной химии»

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (Павленко В.И.)

« 14 » мая 2018 г., протокол № 11

Рабочая программа одобрена методической комиссией химико-технологического института

« 15 » мая 2018 г., протокол № 9

Председатель к.т.н., доцент  (Порожнюк Л.А.)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общепрофессиональные			
1	ОПК-2	Способностью профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p>Знать: классификацию основных процессов: непрерывные, периодические, комбинированные, стационарные, нестационарные, гидромеханические, тепло- и массообменные; методы составления и решения уравнений материального и теплового балансов основных процессов, определения движущей силы, расчета скорости процессов</p> <p>Уметь: обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; пользоваться справочной и научной литературой по всем разделам дисциплины; использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции осуществлять типовые гидродинамические, тепловые, массообменные расчёты.</p> <p>Владеть: способностью использовать информацию о современных энергосберегающих технологиях, типовых энергосберегающих мероприятиях, типах и характеристиках энергоэффективного оборудования; методами технико-экономической оценки процессов с целью обоснованного выбора стандартных аппаратов.</p>
	ОПК - 3	Способностью использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, к проведению теоретического анализа и экспериментальной проверке адекватности модели	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p>Знать: классификацию основных процессов, основы теплопередачи в химической аппаратуре; последовательность технологических процессов, происходящих в аппаратах, их виды и принцип работы; особенности нового оборудования и условия его эксплуатации, а также назначение, принцип устройства и работы, основные характеристики и оптимальные условия работы типовых</p>

		<p>аппаратов и вспомогательного оборудования. Принципы расчета процессов и аппаратов: материальный и тепловой балансы; движущая сила процесса, интенсивность протекания и коэффициент интенсивности; расчет теоретически необходимых объема или поверхности аппарата. Основы теории переноса количества движения, тепловой энергии, количества вещества. Конвекция и молекулярная диффузия, уравнения, их описывающие. Аналогия процессов переноса субстанции. Обобщенные уравнения переноса. Основные характеристики движения жидкости: скорости потока, объемный и массовый расходы: динамическая и кинематическая вязкости, закон Ньютона, виды и области применения вискозиметров: режимы движения жидкости. Гидродинамические критерии подобия. Виды процессов массообмена. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массообмене. Уметь: пользоваться справочной и научной литературой по всем разделам дисциплины; решать задачи оптимизации технологических процессов и систем с позиций энергосбережения. Обосновывать выбор наиболее оптимального для конкретного вида производства оборудования; объяснить схемы производства, потоки сырья, топлива, основные производственные цеха предприятия; осуществлять типовые гидродинамические, тепловые, массообменные расчёты.</p> <p>Владеть: приемами совершенствования технологических процессов по производству материалов современной энергетики и изделий на их основе; методами выбора стандартных аппаратов направленных на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду.</p>
--	--	--

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математика
2	Физика
3	Общая и неорганическая химия
4	Общая химическая технология.

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Моделирование химико-технологических процессов.
2	Химические реакторы.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зач. единиц, 288 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 5	Семестр 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	288	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	102	51	51
лекции	34	17	17
лабораторные	34	34	
практические	34		34
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	186	72	114
Курсовой проект	54		54
Курсовая работа			
Расчетно-графическое задания			
Индивидуальное домашнее задание			
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	132	72	60
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	36	3	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 3 Семестр № 5

№ п/п	Наименование раздела	Кол-во лекционных часов	Объем на тематический раздел, час	
			Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	5	6
1.	<p><u>Модуль 1: Основы гидравлики.</u></p> <p>Классификация основных процессов. Основные определения.</p> <p>Процессы и аппараты химической технологии как наука: история её развития. Классификация основных процессов: непрерывные, периодические, комбинированные, стационарные, нестационарные, гидромеханические, тепло– и массообменные. Физические свойства жидкости.</p> <p>Принципы расчета процессов и аппаратов: материальный и тепловой балансы; движущая сила процесса, интенсивность протекания и коэффициент интенсивности: расчет теоретически необходимых, объема или поверхности аппарата: технико-экономический расчет.</p> <p>Основы теории переноса количества движения, тепловой энергии, количества вещества. Конвекция и молекулярная диффузия, уравнения, их описывающие. Аналогия процессов переноса субстанции. Обобщенные уравнения переноса.</p> <p>Основы физического и математического моделирования. Понятие констант и инвариантов подобия: симплексы и комплексы подобия: определяющие и определяемые критерии подобия. Метод анализа размерностей.</p>	3	6	12
2.	<p><u>Модуль 2: Гидростатика.</u></p> <p>Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики, закон Паскаля. Практическое применение основного уравнения гидростатики: пьезометр, манометр, принцип сообщающихся сосудов, тяга дымовой трубы.</p>	3	6	12

3.	<p><u>Модуль 3: Гидродинамика.</u></p> <p>Гидродинамика. Основные характеристики движения жидкости: скорости потока, объемный и массовый расходы: динамическая и кинематическая вязкости, закон Ньютона, виды и области применения вискозиметров: режимы движения жидкости. Гидродинамические критерии подобия: основные и производственные. Уравнение расхода и неразрывности потока.</p> <p>Дифференциальное уравнение движения идеальных жидкостей Эйлера.</p> <p>Уравнения для идеальных и реальных жидкостей, их физический и энергетический смыслы. Практическое применение уравнения Бернулли; измерение скорости и расхода жидкости: истечение жидкости через отверстия.</p> <p>Гидродинамическая структура потока. Строение пограничного слоя по Прандтлю. Гидравлические сопротивления трубопроводов - местные и трения. Влияние режима движения на сопротивление трения. Выбор оптимального диаметра трубопроводов.</p> <p>Влияние режимов течения на скорость движения двухфазных потоков. Гидродинамика "кипящего" слоя. Сопротивление взвешенного слоя. Пневмо – и гидротранспорт.</p>	3	6	12
4.	<p><u>Модуль 4: Перемещение жидкостей.</u></p> <p>Насосы центробежные, поршневые, специальные виды. Параметры работы насосов. Работа насосов на сеть. Принципы их подбора. Классификация машин для перемещения жидкостей и сжатия газов. Вентиляторы и дымососы. Характеристики их работы. Расчет и выбор центробежных вентиляторов.</p>	3	6	12
5.	<p><u>Модуль 5: Разделение неоднородных систем.</u></p> <p>Классификация гетерогенных систем. Виды гидромеханических процессов разделения жидких неоднородных систем. Разделение под действием гравитационных сил. Процесс осаждения, его движущая сила. Закон Стокса. Пути интенсификации процесса осаждения. Отстойники.</p> <p>Центрифугирование. Центрифуги: отстойные и фильтрующие. Фактор разделения, его физический смысл. Интенсификация процессов центрифугирования. Гидроциклоны, области их применения.</p> <p>Процесс фильтрования, общие сведения. Движущая сила процесса фильтрования, пути ее создания. Классификация и области применения фильтровальных перегородок. Уравнение Дарси. Определение констант процесса Фильтрования. Пути интенсификации процесса.</p> <p>Разделение газовых неоднородных систем. Степень разделения. Разделение запыленных газов методом осаждения. Пылеосадительные камеры.</p> <p>Разделение запыленных газов под действием центро-</p>	3	6	12

	бежных сил. Жалюзийный пылесадитель. Циклоны, устройство и принцип действия. Расчет и подбор циклонов. Очистка газов фильтрованием. Рукавные фильтры. Расчет и подбор; рукавных фильтров. Мокрая очистка запыленных газов. Электрофильтры, устройство и принцип действия. Влияние проводимости пыли на процесс разделения запыленных газов.			
6.	<u>Модуль 6: Перемешивание в жидких средах.</u> Общие сведения. Механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Критерии подобия. Критерий мощности. Виды и области применения мешалок. Расчет и подбор мешалок.	2	4	12
	ВСЕГО	17	34	72

Курс 3 Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела	Кол-во лекционных часов	Объем на тематический раздел, час		
			Лабораторные занятия	Практ. занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6
1.	<u>Модуль 7: Основы теплопередачи в химической аппаратуре.</u> Общие сведения. Температурное поле, температурный градиент. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей. Тепловые балансы. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок: одно- и многослойных. Расчет тепловой изоляции. Тепловое излучение. Закон Стефана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твёрдых тел. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен). Закон теплоотдачи Ньютона. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена. Теплоотдача, её виды. Тепловой пограничный слой. Тепловые критерии подобия. Расчёт коэффициентов теплоотдачи. Значения коэффициентов теплоотдачи в промышленных теплообменных процессах. Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением. Теплопередача. Аддитивность термических сопротивлений. Основное уравнение теп-	8		17	21

	<p>лопередачи. Движущая сила процесса. Нагревание, охлаждение, конденсация. Общие сведения.</p> <p>Конструкции теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов. Нестационарный теплообмен. Выпаривание, общие сведения.</p>				
2.	<p><u>Модуль 8: Основы массопередачи.</u></p> <p>Виды процессов массопередачи. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массопередаче. Материальный баланс. Рабочая и равновесная концентрации. Рабочая и равновесная линии. Определение направленности массопереноса. Скорость массопередачи.</p> <p>Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный массоперенос. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Механизм процесса массопереноса. Модели процессов массопереноса.</p> <p>Массоотдача. Основное уравнение массоотдачи. Подобие процессов переноса массы.</p> <p>Массопередача. Уравнение массопередачи. Движущая сила процессов массопередачи. Аддитивность диффузионных сопротивлений. Объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Пути интенсификации массообменных процессов. Расчёт основных размеров массообменных аппаратов. Абсорбция, основные понятия. Перегонка жидкостей, основные понятия. Ректификация, основные понятия.</p> <p>Экстракция, основные понятия.</p> <p>Сушка. Классификация сушильных процессов. Виды связи влаги с материалом. Основные параметры влажного воздуха. I-x диаграмма Рамзина. Увлажнение и сушка воздуха. Материальный и тепловой балансы сушки. Параметры влажного материала. Кинетика сушки. Кинетические кривые. Изотерма сушки. Термодиффузия. Пути интенсификации процесса сушки. Удельная производительность по влаге и ее регулирование.</p> <p>Варианты процессов сушки. Устройство сушильных установок (туннельные, барабанные, сушилки «кипящего слоя», распылительные, высокочастотные).</p> <p>Мембранные процессы. Основные мембранные методы разделения. Основное уравнение мембранных процессов, движущая сила процесса. Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации. Диализ, электродиализ.</p>	9		17	21
	<u>ВСЕГО:</u>	17		34	42

**4.2. Перечень практических (семинарских) занятий.
Их содержание и объем в часах (аудиторных).**

№ п/п	Тема практического занятия	Кол-во часов
1.	Уравнение расхода и неразрывности потока. Расчёт расходов, скоростей.	4
2.	Режимы движения жидкостей. Эквивалентный диаметр и гидравлический радиус.	4
3.	Уравнение Бернулли. Гидравлические сопротивления.	4
4.	Насосы и вентиляторы. Расчёт полных гидравлических сопротивлений сети, подбор вентиляторов и дымоходов.	4
5.	Разделение гетерогенных систем. Расчёт и подбор циклонов. Контрольная работа.	4
6.	Тепловой баланс теплообменников. Теплопроводность.	4
7.	Теплоотдача. Теплопередача, контрольная работа. Контрольная работа.	4
8.	I-x диаграмма Рамзина.	4
9.	Сушка. Сушка, тепловой баланс. Контрольная работа.	2
	ИТОГО:	34

**4.3. Перечень лабораторных занятий и объем в часах
Курс 3 Семестр № 5**

№ п/п	№ раздела дисциплины (в соответствии с п.5.1)	Наименование лабораторной работы	Кол-во часов
1.	Модуль 1: Основы гидравлики.	Вводное занятие.	2
		Инструктаж по технике безопасности. Основные уравнения гидростатики.	2
2.	Модуль 2: Гидродинамика.	Режимы движения жидкости. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Гидравлика «кипящего слоя».	6
3.	Модуль 3: Перемещение жидкостей.	Определение характеристик центробежного вентилятора.	6
4.	Модуль 4: Разделение неоднородных систем.	Разделение суспензий в отстойной центрифуге. Разделение суспензий в процессе фильтрования.	6
5.	Модуль 5: Основы теплопередачи в химической аппаратуре.	Изучение процесса теплопроводности. Исследование процесса теплопередачи.	6

№ п/п	№ раздела дисциплины (в соответствии с п.5.1)	Наименование лабораторной работы	Кол-во часов
6.	Модуль 6: Основы массопередачи.	Изучение процесса массопередачи. Основные параметры влажного воздуха. Исследование кинетики сушки. Изучение процесса конвективной сушки.	6
	ИТОГО		34

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основы гидравлики	1. Основы гидравлики. Основные определения и некоторые физические свойства жидкости. 2. Основы теории переноса количества движения, тепловой энергии, количества вещества. Конвекция и молекулярная диффузия, уравнения, их описывающие. 3. Основы физического и математического моделирования. 4. Понятие констант и инвариантов подобия: симплексы и комплексы подобия: определяющие и определяемые критерии подобия.
2	Гидростатика	1. Основное уравнение гидростатики. 2. Практическое применение основного уравнения гидростатики.
3	Гидродинамика	1. Основные характеристики движения жидкости. Закон внутреннего трения Ньютона. 2. Режимы движения жидкостей. Механизмы ламинарного и турбулентного движения. Гидродинамический пограничный слой. 3. Уравнение расхода и неразрывности потока. Способы расчета и определения расхода жидкостей.
4.	Перемещение жидкостей.	1. Выбор оптимального диаметра трубопроводов. 2. Дифференциальное уравнение движения реальной жидкости. 3. Уравнение Бернулли для идеальных и реальных жидкостей. 4. Практическое применение уравнения Бернулли. Истечение жидкости через отверстия.

		<p>5. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Расчет потерь давления на местные сопротивления.</p> <p>6. Сопротивления трения. Расчет коэффициентов гидравлического трения. Влияние режимов течения и шероховатости на гидравлическое трение.</p>
5.	Разделение неоднородных систем.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перемещение жидкостей. Классификация машин для перемещения жидкостей. Основные параметры работы насосов. 2. Центробежный насос, характеристики его работы. Работа насосов на сеть. 3. Принципы подбора центробежных машин. Законы пропорциональности. 4. Поршневые насосы. Неравномерность подачи и способы ее ликвидации. Напор поршневых насосов. 5. Движение тел в сплошных средах. Влияние режима движения на гидродинамику двухфазных потоков. 6. Классификация гетерогенных систем. Гидромеханические методы их разделения. 7. Осаждение частиц под действием сил тяжести. Факторы, влияющие на скорость процесса. Интенсификация процессов осаждения. 8. Разделение в поле действия центробежных сил. Гидроциклоны. 9. Циклоны, устройство и принцип действия. Расчет и подбор циклонов. 10. Процесс центрифугирования и способы его интенсификации. 11. Фильтрация гетерогенных систем. Классификация фильтровальных перегородок. 12. Скорость процесса фильтрации, способы её ускорения. Константы процесса фильтрации, метод их определения.
6.	Перемешивание в жидких средах.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гидродинамика взвешенного слоя. Области применения и физическая сущность гидротранспорта. 2. Перемешивание в жидких средах. Общие сведения. 3. Механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Критерии подобия. Критерий мощности. Виды и области применения мешалок. Расчет и подбор мешалок.
7.	Основы теплопередачи в химической аппаратуре.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основы теплопередачи в химической аппаратуре. Общие сведения. Температурное поле, температурный градиент. 2. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей. 3. Тепловые балансы теплообменников. 4. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. 5. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок: одно- и многослойных. Расчет тепловой изоляции. 6. Тепловое излучение. Закон Стефана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твердых тел.

		<p>7. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен). Закон теплоотдачи Ньютона.</p> <p>8. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.</p> <p>9. Теплоотдача, её виды. Тепловой пограничный слой.</p> <p>10. Тепловые критерии подобия.</p> <p>11. Расчёт коэффициентов теплоотдачи. Значения коэффициентов теплоотдачи в промышленных теплообменных процессах.</p> <p>12. Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением.</p> <p>13. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Движущая сила процесса.</p> <p>14. Аддитивность термических сопротивлений. Расчет теплообменных аппаратов.</p> <p>15. Нестационарный теплообмен.</p>
8.	<p>Основы массопередачи.</p>	<p>1. Основы массопередачи. Общие сведения. Виды процессов массопередачи.</p> <p>2. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массопередаче. Материальный баланс.</p> <p>5. Рабочая и равновесная концентрации. Рабочая и равновесная линии. Определение направленности массопереноса. Скорость массопередачи. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный массоперенос.</p> <p>6. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.</p> <p>7. Механизм процесса массопереноса. Модели процессов массопереноса.</p> <p>8. Массоотдача. Основное уравнение массоотдачи.</p> <p>9. Подобие процессов переноса массы.</p> <p>10. Массопередача. Уравнение массопередачи. Движущая сила процессов массопередачи. Аддитивность диффузионных сопротивлений.</p> <p>11. Расчёт основных размеров массообменных аппаратов. Объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Пути интенсификации массообменных процессов.</p> <p>12. Абсорбция, основные понятия.</p> <p>13. Перегонка жидкостей, основные понятия.</p> <p>14. Ректификация, основные понятия.</p> <p>15. Экстракция, основные понятия.</p> <p>16. Сушка. Классификация сушильных процессов. Виды связи влаги с материалом.</p> <p>17. Основные параметры влажного воздуха. I-x диаграмма Рамзина.</p> <p>18. Увлажнение и сушка воздуха.</p> <p>19. Материальный и тепловой балансы сушки.</p> <p>20. Параметры влажного материала. Кинетика сушки. Кинетические кривые.</p> <p>21. Изотерма сушки. Термодиффузия.</p> <p>22. Пути интенсификации процесса сушки. Удельная</p>

		<p>производительность по влаге и ее регулирование.</p> <p>23. Варианты процессов сушки.</p> <p>24. Устройство сушильных установок (туннельные, барабанные, сушилки «кипящего слоя», распылительные, высокочастотные).</p> <p>25. Основные мембранные методы разделения. Основное уравнение мембранных процессов, движущая сила процесса.</p> <p>26. Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации.</p> <p>27. Диализ, электродиализ.</p>
--	--	---

5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.

Расчетная часть включает в себя: введение, где необходимо указать достоинства и недостатки данного сушильного аппарата, объяснить выбранную схему подачи высушиваемого материала и сушильного агента, описать технологическую схему сушильной установки; материальный и тепловой балансы сушилки; построение процесса сушки на I-X диаграмме для летних и зимних условий; расчет и подбор вспомогательного оборудования; список используемой литературы.

Построенная I-X диаграмма обязательно подшивается в расчетно-пояснительную записку. Схема сушилки выполняется на листе Формата А-О или А-3.

Тема: Рассчитать и спроектировать барабанную сушилку

Варианты 00-09

Рассчитать и спроектировать барабанную сушилку для сушки кускового мела производительностью G_1 (по влажному материалу). Мел высушивается от U_1 до U_2 (считая на общую массу). В сушилке осуществляется нормальный сушильный вариант. Температура воздуха на входе в сушилку t_1 , на выходе – t_2 . Давление пара в калорифере P . Исходные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Место строительства	G_1 , т/ч	U_1 , %	U_2 , %	t_1 , °C	t_2 , °C	P , кгс/см ₂
00.	Архангельск	0,5	8	0,8	105	40	1,5
01.	Брянск	0,6	9	0,9	110	40	1,7
02.	Вологда	0,7	10	1,0	115	40	1,9
03.	Воронеж	0,8	11	1,1	120	45	2,5
04.	Иваново	0,9	12	1,2	125	50	3,0
05.	Вятка (Киров)	1,0	13	1,3	130	55	3,5
06.	Курск	1,1	14	1,4	135	60	4,0
07.	Орел	1,2	15	1,5	140	65	4,5
08.	Тамбов	1,3	16	1,6	145	70	5,0
09.	Харьков	1,4	17	1,7	150	75	5,5

Тема: Рассчитать и спроектировать сушилку "кипящего слоя"

Варианты 10-19

Рассчитать и спроектировать сушилку "кипящего слоя" для сушки каменной соли производительностью G_1 (по высушенному материалу). Соль высушивается от U_1 до U_2 (считая на общую массу). Температура разбавленного воздухом топочных газов (продукт сгорания топлива - выбор по месту строительства) – t_1 , температура отходящих газов – t_2 . Исходные данные приведены в табл.2.

Таблица 2

№ п/п	Место строительства	G_1 , т/ч	U_1 , %	U_2 , %	t_1 , °C	t_2 , °C
10.	Астрахань	15	7	0,4	700	115
11.	Баку	16	8	0,5	725	120
12.	Владивосток	17	9	0,6	750	125
13.	Казань	18	10	0,7	775	130
14.	Красноводск	19	11	0,8	800	130
15.	Николаев	20	12	0,9	825	135
16.	Одесса	21	13	0,8	800	125
17.	Пермь	22	14	0,7	775	120
18.	Ростов-на-Дону	23	15	0,6	750	115
19.	Томск	24	16	0,5	725	110

Тема: Рассчитать и спроектировать башенную распылительную сушилку

Варианты 20-29

Рассчитать и спроектировать башенную распылительную сушилку производительностью G_2 (по высушенному материалу) для сушки глиняного шликера от U_1 до U_2 (нормальный сушильный вариант). Воздух на входе в сушилку имеет температуру t_1 , на выходе – t_2 . Давление пара в калорифере P . Исходные данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

№ п/п	Место строительства	G_2 , т/ч	U_1 , %	U_2 , %	t_1 , °C	t_2 , °C	P , кгс/см ²
20.	Алма-Ата	0,8	45	3,0	120	60	3,0
21.	Ашхабад	0,9	46	3,5	130	65	3,5
22.	Баку	1,0	47	4,0	140	70	4,5
23.	Киев	1,1	48	4,5	150	75	5,5
24.	Минск	1,2	49	5,0	160	80	7,0
25.	Ташкент	1,1	50	4,5	170	85	9,5
26.	Тбилиси	1,0	51	4,0	160	80	7,0
27.	Харьков	0,9	52	3,5	150	75	5,5
28.	Воронеж	0,8	53	3,0	140	70	4,5
29.	Чита	0,75	54	5,0	130	65	3,5

Тема: Рассчитать и спроектировать туннельную сушилку
Варианты 30-39

Рассчитать и спроектировать туннельную сушилку для сушки глиняного кирпича-сырца производительностью G_1 (по влажному материалу) от влажности U_1 до U_2 . Сушка производится, нагретым до температуры t_1 , воздухом. Температура отходящих газов – t_3 . Давление пара в калорифере P . Исходные данные приведены в табл. 4.

Таблица 4

№ п/п	Место строительства	G_1 , т/год	U_1 , %	U_2 , %	t_1 , °С	t_2 , °С	P , кгс/см ²
30	Баку	10000	22,5	7,7	75	40	1,0
31	Волгоград	12000	22,0	7,4	80	40	1,0
32	Воронеж	14000	21,5	7,1	85	40	1,0
33	Грозный	16000	21,0	6,8	90	45	1,2
34	Днепропетровск	18000	20,5	6,5	95	45	1,2
35	Киев	20000	20,0	6,2	100	45	1,2
36	Краснодар	22000	19,5	5,9	95	45	1,2
37	Минск	24000	19,0	5,6	90	40	1,2
38	Харьков	26000	18,5	5,3	85	40	1,0
39	Чита	28000	18,0	5,0	80	40	1,0

Тема: Рассчитать и спроектировать сушилку "кипящего слоя"

Варианты 40-49

Рассчитать и спроектировать сушилку "кипящего слоя" для сушки песка производительностью G_2 (считать по высушенному материалу) от влажности U_1 до U_2 . Сушка производится воздухом с начальной температурой t_1 , конечной – t_2 . Давление пара в калорифере P . Данные приведены в табл. 5.

Таблица 5

№ п/п	Место строительства	G_2 , т/ч	U_1 , %	U_2 , %	t_1 , °С	t_2 , %	P , кгс/см ²
40	Алма-Ата	4,0	5,0	0,3	110	60	2,0
41	Астрахань	4,5	5,5	0,3	115	63	2,5
42	Ашхабад	5,0	6,0	0,4	120	66	3,0
43	Баку	5,5	6,5	0,4	125	69	3,5
44	Благовещенск	6,0	7,0	0,5	130	72	4,0
45	Владивосток	6,5	7,5	0,5	135	75	4,5
46	Иваново	7,0	8,5	0,6	130	72	4,0
47	Иркутск	7,5	9,0	0,6	125	69	3,5
48	Кутаиси	8,0	9,5	0,7	120	66	3,0
49	Москва	8,5	10,0	0,7	115	63	2,5

**5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий,
 расчетно-графических заданий.**

Не предусмотрено планом

6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.1. Перечень основной литературы

Основная литература

1. *Касаткин А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Альянс. – 2004. – 750 с.
2. *Луценко О.В., Яшуркаева Л.И.* Технологические процессы, производства: Лабораторный практикум для студентов специальности 220301. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. – 108с.
3. *Шахова Л.Д., Яшуркаева Л.И., Луценко О.В.* Расчёт и проектирование сушильных установок. (Учебное пособие для специальности 270106 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций направления 270100 «Строительство» (с грифом УМО)). Издательство. Белгород 2010. – 128 с.
4. Черкасов А.В., Смаль Д.В. Гидромеханические и гидростатические процессы: (методические указания к выполнению практических работ по направлению 241000.62 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии). – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.-18с.
5. Черкасов А.В., Смаль Д.В. Тепловые и массообменные процессы: (методические указания к выполнению практических работ по направлению 241000.62 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии). – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.-16с.
6. Смаль Д.В., Черкасов А.В., Осипов Ю.М. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие.- Белгород: Изд-во БГТУ, 2016.- Ч.1. -77с.
7. *Смаль Д.В., Черкасов А.В., Осипов Ю.М., Коновалов В.М.* Процессы и аппараты химической технологии. (Учебное пособие к выполнению лабораторных работ по направлению 18.03.01 «Химическая технология»). - Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – Ч. 2.- 114с.
- 8.

6.2. Перечень дополнительной литературы

Дополнительная литература

9. *Яшуркаева Л.И., Луценко О.В.* Гидродинамика и разделение неоднородных систем. Белгород. – 2004.- 109 с.
10. *Анштейн В.Г.* Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: В 2 кн. Кн.1/ В.Г. Анштейн. – М.: Логос, 2002. – 912 с
11. *Баранов Д.А.* Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: В 5 т. Т. 2:

- Механические и гидромеханические процессы/ Д.А. Баранов. – М.: Логос, 2002. – 600 с.
12. Павлов К.Ф. , Романков П.Г, Носков А.А. Примеры и задачи по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». М.: Химия.- 1987.-575 с.
 13. Дытнерский Ю.П. Процессы и аппараты химической технологии: В 2 т. Т. 2: Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты/ Ю.П Дытнерский . – М.: Химия, 2002. – 400 с.
 14. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Кн.1, Кн.2, М.: Химия.-1981.- 270 с.
 15. Яшуркаева Л.И., Луценко О.В. Процессы и аппараты химической технологии, часть 1. (Учебное пособие для специальности 240304 заочной формы обучения с применением дистанционных технологий). Издательство. Белгород 2008. – 146 с.
 16. Яшуркаева Л.И., Луценко О.В. Процессы и аппараты химической технологии, часть 2. (Учебное пособие для специальности 240304 заочной формы обучения с применением дистанционных технологий). Издательство. Белгород 2008. – 202 с.

Справочная и нормативная литература

1. Павлов К.Ф. , Романков П.Г, Носков А.А. Примеры и задачи по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». М.: Химия.- 1987.-575 с.

6.3. Перечень интернет ресурсов

1. **Сборник нормативных документов «СтройКонсультант» www.snip.ru** - Доступ осуществляется в зале электронных ресурсов НТБ (к.302).
2. <http://www.knigafund.ru/>
3. <http://www.ustu.ru/study/high/bachelor-specialist/khtf/resource/htf-res-prof/>
4. <http://paht.ruz.net/materials.htm>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Занятия ведутся в специализированной учебной лаборатории № 403 дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» кафедры ТЦКМ – технологии цемента и композиционных материалов, оборудованной в соответствии с требованиями, предъявляемыми к учебным химическим лабораториям.

В лаборатории имеются приборы и оборудование:

- весы аналитические ВЛТК-500;
- центрифуга;
- установка для определения режима движения жидкости (напорный бак, ёмкость с красителем, расходомер, термометр);
- установка для определения гидравлических сопротивлений трубопроводов (вентиль, поворот, расширение - сужение, змеевик, газовый счетчик, дифференциальный манометр, лабораторный трансформатор, вентилятор);
- установка для изучения гидравлики псевдооживленного слоя (прозрачный вертикальный цилиндрический корпус, газовый счетчик, дифференциальный манометр, лабораторный трансформатор, вентилятор);
- установка для определения характеристик центробежного вентилятора (центробежный вентилятор, ваттметр, трубка Пито, дифференциальный манометр);
- установка для фильтрования суспензий под вакуумом (фильтр, вакуумнасос, мешалка, сборник фильтрата, вакуумметр, влагоотделитель, термометр);
- барометр.
- установка для исследования влагосодержания материала и скорости процесса сушки (сушильный шкаф, смонтированные в шкаф весы);
- установка для изучения процесса конвективной сушки (сушильная камера, вентилятор, калорифер, трансформатор, расходомер, цифровой термометр, гигрометр, установка компрессорная УК-25-16м);
- установка для изучения процесса массопередачи (массообменный аппарат, термостат, влагоотделитель, вентилятор, расходомер, термометр, цифровой гигрометр);
- установка для определения теплопроводности материалов (экспериментальный блок) с компьютерным программным обеспечением;
- трансформатор, переключатель температуры;
- установка для изучения процесса теплопередачи (теплообменный аппарат типа «труба в трубе», термостат, ротаметр) с компьютерным программным обеспечением;
- психрометр.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2019 /2020 учебный
год.

Протокол № 16 заседания кафедры от « 7 » июня 2019 г.

Заведующий кафедрой

подпись,

Борисов И.Н.
ФИО

Директор института

подпись,

Павленко В.И.
ФИО

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение №1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины

При чтении лекций используются современные мультимедийные средства, которые применяются студентами при самостоятельной их работе в курсовом и дипломном проектировании. Лабораторный практикум и тематика курсовых и дипломных проектов тесно увязаны с лекционным курсом. Текущий контроль включает защиту лабораторных работ, выполнение курсовой работы. Итоговый контроль – экзамен.

Целью изучения курса является формирование у будущих специалистов теоретических знаний по физико-химическим процессам, протекающим в аппаратах различных производств, влияния различных факторов на физико-механические свойства готовых материалов, а также практических навыков анализа трудностей технологического процесса производства и их устранения.

Изучение дисциплины предполагает решение ряда сложных задач, что дает возможность студентам:

- организовывать и осуществлять входной контроль сырья и материалов, используемых в химическом производстве;
- эффективно использовать оборудование, сырье и вспомогательные материалы;
- проводить анализ сырьевых материалов и отходов производства как компонента сырьевой смеси и добавки к ней;
- анализировать и оценивать альтернативные варианты технологической схемы производства и отдельных узлов;
- внедрять новейшие технологии и оборудование в производство;
- планировать и проводить научные исследования в области совершенствования технологического процесса;
- определять и анализировать свойств используемых и получаемых материалов;
- анализировать научно-техническую литературу;
- организовывать работу коллектива в условиях действующего предприятия;
- осуществлять технологический контроль в производстве материалов;
- проводить технико-экономический анализ производства.

Самостоятельная работа является главным условием успешного освоения изучаемой учебной дисциплины и формирования высокого профессионализма будущих специалистов.

Исходный этап изучения курса «Процессы и аппараты химической технологии» предполагает ознакомление с рабочей программой, характеризующей границы и содержание учебного материала, который подлежит освоению.

Изучение отдельных тем курса необходимо осуществлять в соответствии с поставленными в них целями, их значимостью, основываясь на содержании и вопросах, поставленных в лекции преподавателя и приведенных в планах и заданиях к лабораторным занятиям, а также методических указаниях для студентов заочно-

го обучения.

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В учебниках и учебных пособиях, представленных в списке рекомендуемой литературы, содержатся возможные ответы на поставленные вопросы. Инструментами освоения учебного материала являются основные термины и понятия, составляющие категориальный аппарат дисциплины. Их осмысление, запоминание и практическое использование являются обязательным условием овладения курсом.

Для более глубокого изучения проблем курса при подготовке к занятиям необходимо ознакомиться с публикациями в периодических изданиях. Поиск и подбор таких изданий, статей, материалов и монографий осуществляется на основе библиографических указаний и предметных каталогов.

Изучение каждой темы следует завершать выполнением практических заданий, ответами на тесты, решением задач, содержащихся в соответствующих разделах учебников и методических пособий.

Для обеспечения систематического контроля над процессом усвоения тем курса следует пользоваться перечнем контрольных вопросов для проверки знаний по дисциплине, содержащихся в планах и заданиях к занятиям и методическим указаниях. Если при ответах на сформулированные в перечне вопросы возникнут затруднения, необходимо очередной раз вернуться к изучению соответствующей темы, либо обратиться за консультацией к преподавателю.

Успешное освоение курса дисциплины возможно лишь при систематической работе, требующей глубокого осмысления и повторения пройденного материала, поэтому необходимо делать соответствующие записи по каждой теме.

Освоение содержания дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» осуществляется на лекциях, практических и лабораторных занятиях, в процессе самостоятельной работы студентов.

Основной вид учебных занятий студентов – самостоятельная работа над учебным материалом. Она складывается из следующих элементов: изучение дисциплины по учебникам и учебным пособиям; оформление лабораторных работ и подготовка к защитами. Самостоятельная работа приобщает студентов к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

Цель самостоятельной работы студентов – научиться сопоставлять научную, теоретическую информацию с собственным опытом, критически анализируя и оценивая с новой позиции.

Основные задачи управления самостоятельной работой студентов – развитие у студентов практических умений использовать информационные технологии, в том числе адаптивные, для учебной деятельности; самостоятельного изучения

учебной литературы, электронных источников с обязательным сопоставлением теоретических положений с практической деятельностью.

Самостоятельная работа должна носить систематический характер, быть интересной и привлекательной для студента. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента.

Студентам читаются лекции по важнейшим разделам курса, на которых излагаются не все вопросы, представленные в программе, а глубоко и детально рассматриваются принципиальные, но недостаточно полно освещенные в учебной литературе понятия и закономерности, составляющие теоретический фундамент курса. На лекциях даются также методические рекомендации для самостоятельного изучения студентами остальной части курса.

Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале.

Первый раздел, посвящен основам гидравлики как предмету естествознания с изучением классификации основных процессов: непрерывные, периодические, комбинированные, стационарные, нестационарные, гидромеханические, тепло- и массообменные. Физические свойства жидкости.

Принципы расчета процессов и аппаратов: материальный и тепловой балансы; движущая сила процесса, интенсивность протекания и коэффициент интенсивности: расчет теоретически необходимых, объема или поверхности аппарата: технико-экономический расчет.

Основы теории переноса количества движения, тепловой энергии, количества вещества. Конвекция и молекулярная диффузия, уравнения, их описывающие. Аналогия процессов переноса субстанции. Обобщенные уравнения переноса.

Основы физического и математического моделирования. Понятие констант и инвариантов подобия: симплексы и комплексы подобия: определяющие и определяемые критерии подобия. Метод анализа размерностей.

При подготовке к лекционным занятиям студентам самостоятельно необходимо изучить теоретический материал (основная литература [1] с. 9-29).

Второй раздел посвящен гидростатике, где изучаются основные понятия уравнения гидростатики и практическое применение основного уравнения гидростатики. При подготовке к лекционным занятиям студентам самостоятельно необходимо изучить теоретический материал (основная литература [1] с. 29-33).

В третьем разделе рассматриваются общие закономерности гидродинамики. Основные характеристики движения жидкости. Закон внутреннего трения Ньютона. Режимы движения жидкостей. Механизмы ламинарного и турбулентного движения. Гидродинамический пограничный слой. Уравнение расхода и неразрывности потока. Способы расчета и определения расхода жидкостей.

При подготовке к лекционным занятиям студентам самостоятельно необходимо изучить теоретический материал (основная литература [1] с. 33-117).

В четвертом разделе рассматриваются теоретические основы перемещения жидкостей. Уравнение Бернулли для идеальных и реальных жидкостей. Выбор оптимального диаметра трубопроводов. Дифференциальное уравнение движения реальной жидкости.

Практическое применение уравнения Бернулли. Истечение жидкости через отверстия.

Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Расчет потерь давления на местные сопротивления. Сопротивления трения. Расчет коэффициентов гидравлического трения. Влияние режимов течения и шероховатости на гидравлическое трение. При подготовке к лекционным занятиям студентам самостоятельно необходимо изучить теоретический материал (основная литература [1] с. 127-172).

В пятом разделе изучаются вопросы связанные с разделением неоднородных систем.

Перемещение жидкостей. Классификация машин для перемещения жидкостей. Основные параметры работы насосов. Центробежный насос, характеристики его работы. Работа насосов на сеть. Принципы подбора центробежных машин. Законы пропорциональности.

Поршневые насосы. Неравномерность подачи и способы ее ликвидации. Напор поршневых насосов. Движение тел в сплошных средах. Влияние режима движения на гидродинамику двухфазных потоков. Классификация гетерогенных систем. Гидромеханические методы их разделения. Осаждение частиц под действием сил тяжести. Факторы, влияющие на скорость процесса. Интенсификация процессов осаждения. Разделение в поле действия центробежных сил. Гидроциклоны. Циклоны, устройство и принцип действия. Расчет и подбор циклонов.

Процесс центрифугирования и способы его интенсификации. Фильтрация гетерогенных систем. Классификация фильтровальных перегородок. Скорость процесса фильтрации, способы её ускорения. Константы процесса фильтрации, метод их определения.

При подготовке к лекционным занятиям студентам самостоятельно необходимо изучить теоретический материал (основная литература [1] с. 176-244).

В шестом разделе рассматриваются вопросы связанные с перемешиванием в жидких средах. Перемешивание в жидких средах. Общие сведения. Гидродинамика взвешенного слоя. Области применения и физическая сущность гидротранспорта. Механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Критерии подобия. Критерий мощности. Виды и области применения мешалок. Расчет и подбор мешалок. При подготовке к лекционным занятиям студентам самостоятельно необходимо изучить теоретический материал (основная литература [1] с. 246-259).

В седьмом разделе рассматриваются основы теплопередачи в химической аппаратуре. Общие сведения. Температурное поле, температурный градиент. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей.

лей. Тепловые балансы теплообменников. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок: одно- и многослойных. Расчет тепловой изоляции. Тепловое излучение. Закон Стефана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твёрдых тел. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен). Закон теплоотдачи Ньютона. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена. Теплоотдача, её виды. Тепловой пограничный слой. Тепловые критерии подобия.

Расчёт коэффициентов теплоотдачи. Значения коэффициентов теплоотдачи в промышленных теплообменных процессах. Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением.

Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Движущая сила процесса. Аддитивность термических сопротивлений. Расчет теплообменных аппаратов. Нестационарный теплообмен. При подготовке к лекционным занятиям студентам самостоятельно необходимо изучить теоретический материал (основная литература [1] с. 260-377).

В восьмом разделе рассматриваются основы массопередачи. Общие сведения. Виды процессов массопередачи.

Способы выражения состава фаз. Равновесие при массопередаче. Материальный баланс.

Рабочая и равновесная концентрации. Рабочая и равновесная линии. Определение направленности массопереноса. Скорость массопередачи. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный массоперенос. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Механизм процесса массопереноса. Модели процессов массопереноса. Массоотдача. Основное уравнение массоотдачи. Подобие процессов переноса массы. Массопередача. Уравнение массопередачи. Движущая сила процессов массопередачи. Аддитивность диффузионных сопротивлений. Расчёт основных размеров массообменных аппаратов. Объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Пути интенсификации массообменных процессов. Абсорбция, основные понятия. Перегонка жидкостей, основные понятия. Ректификация, основные понятия. Экстракция, основные понятия. Сушка. Классификация сушильных процессов. Виды связи влаги с материалом. Основные параметры влажного воздуха. I-x диаграмма Рамзина. Увлажнение и сушка воздуха. Материальный и тепловой балансы сушки. Параметры влажного материала. Кинетика сушки. Кинетические кривые.

Изотерма сушки. Термодиффузия. Пути интенсификации процесса сушки. Удельная производительность по влаге и ее регулирование. Варианты процессов сушки. Устройство сушильных установок (туннельные, барабанные, сушилки «кипящего слоя», распылительные, высокочастотные). Основные мембранные методы разделения. Основное уравнение мембранных процессов, движущая сила процесса. Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации. Диализ, электродиализ. При подготовке к лекционным занятиям студентам самостоятельно необходимо изучить теоретический материал (основная литература [1] с. 382-678).

над изучаемым материалом и при подготовке к лабораторным занятиям

Планы лабораторных занятий, их тематика, рекомендуемая литература, цель и задачи ее изучения сообщаются преподавателем на вводном занятии. Каждая лабораторная работа в учебном пособии заканчивается перечнем контрольных вопросов и заданий для подготовки к защите каждой изучаемой теме.

Выполнение домашнего задания является подготовкой к допуску и защите лабораторной работы и предполагает, таким образом, обязательную самостоятельную проработку учебной литературы и лекционного материала. Выполнение домашнего задания дает возможность студенту проверить уровень знания соответствующего учебного материала. Результаты выполнения заданий преподаватель проверяет в ходе собеседования со студентом.

Для допуска к выполнению лабораторной работы студенты должны самостоятельно оформить указанные в календарном плане опыты, сделать расчет к выполнению работы.

Студенты выполняют следующие лабораторные работы:

- 1- Режимы движения жидкости.
- 2- Гидравлическое сопротивление трубопроводов.
- 3- Гидравлика «кипящего слоя».
- 4- Определение характеристик центробежного вентилятора.
- 5- Разделение суспензий в отстойной центрифуге.
- 6- Разделение суспензий в процессе фильтрования.
- 7- Изучение процесса теплопроводности.
- 8- Исследование процесса теплопередачи.
- 9- Изучение процесса массопередачи.
- 10- Основные параметры влажного воздуха.
- 11- Исследование кинетики сушки.
- 12- Изучение процесса конвективной сушки.

Литература: основная [6] с. 3-76).

Методические рекомендации студентам по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к практическим занятиям

Планы практических занятий, их тематика, рекомендуемая литература, цель и задачи ее изучения сообщаются преподавателем на вводном занятии.

С целью повышения эффективности усвоения знаний преподавателями кафедры разработаны домашние задания, перед каждым заданием приведены краткая теория и разбор задач. Каждое задание содержит различные варианты, что позволяет обеспечить работу по индивидуальной программе каждого из студентов группы. Такая возможность способствует развитию у студентов самостоятельности и творческого подхода к изучению теории и овладению практическими навыками в решении задач.

Студенты выполняют те задания, которые указаны в календарном плане. Решение задач должно быть представлено в отдельной тетради для домашних заданий к сроку, обозначенному графиком работы студента. Преподаватель отмечает выполнение задания в маршрутном листе на первой странице лабораторного журнала студента. Все задания снабжены краткими схемами-указателями для самоподготовки, особое внимание уделено примерам решения задач, что позволяет усвоить основные навыки при выполнении домашнего задания. Каждая тема содержит несколько заданий.

Выполнение домашнего задания дает возможность студенту проверить уровень знания соответствующего учебного материала. Результаты выполнения заданий преподаватель проверяет в ходе собеседования со студентом.

Примерные задания домашних заданий по разделам общей химии представлены ниже.

Требования по выполнению и оформлению расчётных заданий

Практические работы должны выполняться студентом самостоятельно. Преподаватель выдает студентам индивидуальное задание с указанием номера варианта. Работа считается невыполненной, в случае если вариант не соответствует заданному.

Решение задачи необходимо вести в последовательности: формульное выражение, численные значения, подставленные в формулы и результат вычислений (ответ) с указанием размерности.

Для ведения расчетов используется стандартная тетрадь (в клетку) объемом 12-18 листов. На обложке тетради (или на титульном листе) в обязательном порядке указывается:

- наименование дисциплины;
- вид занятий;
- группу;
- фамилию имя и отчество студента.

РАЗМЕРНОСТИ ВЕЛИЧИН В РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ИЗМЕРЕНИЯ

Величина	Единицы измерения в системе СИ	Перевод в другие единицы
Длина	<i>м</i>	$1 \text{ м} = 100 \text{ см} = 1000 \text{ мм}$
Площадь	м^2	$1 \text{ м}^2 = 104 \text{ см}^2 = 106 \text{ мм}^2$
Объём	м^3	$1 \text{ м}^3 = 106 \text{ см}^3 = 1000 \text{ л}$
Масса	<i>кг</i>	$1 \text{ кг} = 1000 \text{ г}$
Сила, вес	<i>Н</i>	$10 \text{ Н} \approx 1 \text{ кгс} = 10^{-3} \text{ тс}$
Плотность	$\text{кг}/\text{м}^3$	$1000 \text{ кг}/\text{м}^3 = 1 \text{ г}/\text{см}^3$
Удельный вес	$\text{Н}/\text{м}^3$	$104 \text{ Н}/\text{м}^3 = 1 \text{ тс}/\text{м}^3$
Вязкость кинематическая	$\text{м}^2/\text{с}$	$1 \text{ м}^2/\text{с} = 104 \text{ см}^2/\text{с}$
Давление	<i>Па, Н/м²</i>	$100000 \text{ Па} \approx 1 \text{ ат} = 1 \text{ кгс}/\text{см}^2 =$ $= 10 \text{ м вод.ст.} = 760 \text{ мм рт.ст.}$

Задания

ЗАДАЧА 1

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
$V_1, \text{м}^3$	45	47	50	51	53
$V_2, \text{м}^3$	55	57	59	62	64

Определить плотность смеси мазута V_1 и нефти V_2 , если плотность мазута $\rho_1=923 \text{ кг/м}^3$, нефти 764 кг/м^3 .

ЗАДАЧА 2

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5

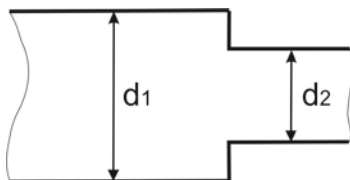


Рис. 1. к задаче 2.

$d_1, \text{м}$	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5
$d_2, \text{м}$	0,6	0,7	0,9	0,9	1,1

По трубопроводу состоящему из двух труб разного диаметра d_1 и d_2 , протекает жидкость скорость потока которой $v_1=0,8 \text{ м/с}$. Определить скорость потока v_2 и его расход (рис. 1).

ЗАДАЧА 3

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
$d, \text{мм}$	90	1,0	1,2	1,3	1,5
$m, \text{т/сутки}$	130	0,7	0,9	0,9	1,1

Диаметр трубопровода d по которому перекачивается нефтепродукт массой m . Определить режим перемещения нефтепродукта, при условии, что его плотность $\rho=903 \text{ кг/м}^3$ и вязкость $\nu=0,55 \text{ см}^2/\text{с}$.

ЗАДАЧА 4

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
d , мм	40	43	46	47	50
Q , л/с	6	6,5	7	7	9

Вода из одной емкости поступает в другую по трубопроводу диаметром **d** и расходом **Q**. Определить число Рейнольдса, если кинематическая вязкость воды $\nu=1,307 \text{ м}^2/\text{с}$.

ЗАДАЧА 5

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
P_н , МПа	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8
P_к , МПа	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5

По трубопроводу перемещается вода с объемным расходом $Q=8 \text{ м}^3/\text{с}$ на расстояние $l=2000 \text{ м}$. Определить диаметр трубопровода, при условии, что давление в его начале **P_н**, а в конце **P_к**.

ЗАДАЧА 6

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
t₁ , °C	25	26	27	29	30
t₂ , °C	88	90	92	92	94

Определить высоту подъема воды в стеклянной трубке диаметром $d = 0,001 \text{ м}$ при температуре воды **t₁** и **t₂**.

ЗАДАЧА 7

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
d , м	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13
D , м	0,7	0,8	0,9	0,95	1,1

Из трубы диаметром **d** находящейся в основании открытого резервуара, в котором поддерживается постоянный уровень жидкости высотой 120 см, вытекает ежечасно 780 литров. Диаметр емкости составляет **D**. Найти коэффициент расхода. Определить за какое время опустеет резервуар, если отключить подачу воды.

ЗАДАЧА 8

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
w , м/с	2	2,3	2,5	2,6	2,8

Холодильная установка состоит из 20 трубок диаметром 19×2мм каждая. В установку по трубопроводу диаметром 62×3 мм поступает вода со скоростью **w**. Направление движения воды снизу вверх. Рассчитать скорость перемещения воды в трубках холодильной установки.

ЗАДАЧА 9

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
d , мм	3	4	5	6	7

Определить коэффициент динамической и кинематической вязкости воды, если шарик диаметром **d** из эбонита с $\rho_s = 1200 \text{ кг/м}^3$ падает в воде с постоянной скоростью 0,33 м/с. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

ЗАДАЧА 10

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
n , %	85	87	90	92	95

Найти массу ртути плотностью $13,546 \text{ кг/м}^3$, занимающей **n** объема 20 литровой емкости.

ЗАДАЧА 11

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
P , кПа	3	4,2	5	6,1	7
V₁ , л	2,6	2,8	3,3	3,4	5

При сжатии воды в цилиндре под поршнем давление в ней увеличилось на значение **P**. Необходимо определить конечный объем воды в цилиндре, если ее первоначальный объем составлял **V₁**, коэффициент объемного сжатия воды $\beta_w = 4,75 \times 10^{-10} \text{ 1/Па}$.

ЗАДАЧА 12

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
Q , м ³ /ч	175	179	184	180	185

По трубопроводу диаметром 250×10 мм перекачивается вода с расходом **Q**. Определить скорость воды в трубе с определением её режима перемещения.

ЗАДАЧА 13

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
d₁ , мм	30	35	36	36	37
d₂ , мм	70	72	74	70	73

Имеется труба с двумя внутренними диаметрами **d₁** и **d₂**. Температура воды протекающая по трубе составляет 20°С, скорость потока в меньшем сечении 1,7 м/с. Найти скорость потока воды в большем сечении. Определить режим движения воды и рассчитать массовый и объемный расходы воды.

Выявленные в ходе собеседования ошибки укажут студенту на необходимость повторной проработки теоретического материала по изучаемой теме, что позволит качественно изучить и освоить учебный материал.

При подготовке к практическим занятиям необходимо использовать следующую литературу: Литература: основная [4] с. 4-16).

На практических занятиях преподаватель делает устный опрос студентов по указанной теме и далее разбор задач и уравнений реакций для более детального изучения данной темы, в конце занятия студенты проходят компьютерное тестирование.

Методические рекомендации при подготовке к зачету

Успешное освоение курса при подготовке к зачету предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

Работа с книгой и конспектом лекций. Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении не задерживайтесь на математических выводах, составлении уравнений: старайтесь получить общее представление об излагаемых вопросах, а также отмечайте трудные или неясные места. При повторном изучении темы усвойте все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений. Вникайте в сущность того или иного вопроса, а не пытайтесь запомнить отдельные факты и явления. Чтобы лучше запомнить и усвоить изучаемый материал, надо обязательно иметь рабочую тетрадь и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы и математические зависимости и их выводы и т.п. Во всех случаях, когда материал поддается систематизации, состав-

ляйте графики, схемы, диаграммы, таблицы. Они очень облегчают запоминание и уменьшают объем конспектируемого материала.

Изучая курс, обращайтесь и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач (см. список рекомендованной литературы). Решение задач – один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала при подготовке к зачету.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2019 /2020 учебный
год.

Протокол № 16 заседания кафедры от « 7 » июня 2019 г.

Заведующий кафедрой _____ Борисов И.Н.
подпись,  ФИО

Директор института _____ Павленко В.И.
подпись,  ФИО

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2020 /2021 учебный год.

Протокол № 17 заседания кафедры от « 13 » мая 2020 г.

Заведующий кафедрой



подпись,

Борисов И.Н.
Ф.И.О

Директор института



подпись,

Павленко В.И.
Ф.И.О