

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Процессы и аппараты химической технологии

Направление подготовки:
18.03.01 Химическая технология

Направленность программы:
Технология цемента и композиционных материалов
Химическая технология стекла и керамики

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная

Институт: Химико-технологический институт

Кафедра: Технологии цемента и композиционных материалов

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 г. № 922.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель: к.т.н.  (Д.В. Смаль)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
Технологии цемента и композиционных материалов

« ____ » _____ 2021 г., протокол № ____

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

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
Технологии стекла и керамики

Заведующий кафедрой: к.т.н., доц. _____ (В.А. Дороганов)

« ____ » _____ 2021 г., протокол № ____

Рабочая программа одобрена методической комиссией химико-технологического института

« ____ » _____ 2021 г., протокол № ____

Председатель канд. техн. наук, доцент _____ (Порожняк Л.А.)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| Категория (группа) компетенций | Код и наименования компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Наименование показателя оценивания |
|---|--|--|---|
| Инженерная и технологическая подготовка | ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья | ОПК-4.3 Выбирает способ использовать основные законы естественнонаучных и технических дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; использовать приобретённые знания в области типовых процессов и аппаратов химической технологии. | Знания: основных принципов организации моделирования химической технологии в области типовых процессов и аппаратов, конструкции типового оборудования для осуществления типовых химико-технологических процессов. Знать основные законы технических дисциплин и методы интенсификации, повышения эффективности и оптимизации типовых химико-технологических процессов. Умения: рассчитывать технологические критерии эффективности химико-технологического процесса, теорий, уравнений, методов процессов и аппаратов химической технологии при изучении и |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | <p>разработке химико-технологических процессов.</p> <p>Уметь выполнять при разработке технических проектов технологический расчёт основных аппаратов химических технологий, включая материальный, термодинамический, тепловой, массообменный, гидравлический и экономический расчёты.</p> <p>Навыки: владения методиками проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии; навыками проектирования промышленных аппаратов и определения оптимальных технологических режимов работы оборудования.</p> |
| <p>Научные исследования и разработки</p> | <p>ОПК-5 Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по</p> | <p>ОПК-5.1 Понимает физико-химическую сущность процессов и использует основные законы протекания химико-</p> | <p>Знания: основных законов протекания химико-технологических процессов, контроля основных</p> |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | <p>заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные.</p> | <p>технологических процессов в комплексной производственно-технологической деятельности, контролирует правила соблюдения требований охраны труда.</p> | <p>технологических параметров, нормы контроля по соблюдению требований охраны труда и техники безопасности Умения: Анализировать результаты эксперимента, производить их обработку, в области типовых процессов и аппаратов химической технологии для понимания природы более сложных физико-химических процессов и явлений, включая области нестационарных процессов, и процессов, осложнённых химическими превращениями; контролировать правила соблюдения требований охраны труда Навыки: владеть методиками экспериментального исследования изучаемых процессов, методами оценки процессов с целью обоснованного выбора стандартных аппаратов, основными нормами контроля по соблюдению требований охраны труда</p> |
| | | <p>ОПК-5.2 Осуществляет технологический</p> | <p>Знания: теоретические основы</p> |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | <p>процесс и использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; применяет аналитические и численные методы решения профессиональных практических задач, использует современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программ деловой сферы деятельности</p> | <p>процессов химической технологии, законы, их описывающие, физическую сущность процессов химической технологии, конструкции аппаратов и принцип их работы. Умения: определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса; обоснованно составлять схемы установок с целью достижения оптимального результата. Навыки: владеть методами использования технических средств, для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции пользоваться справочной и научной литературой по всем разделам дисциплины; осуществлять типовые гидродинамические, тепловые, массообменные</p> |
|--|--|---|--|

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | расчёты с использованием прикладных программ деловой сферы деятельности. |
|--|--|--|--|

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ОПК-4

Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

| Стадия | Наименования дисциплины |
|--------|--|
| 1 | Инженерная графика и основы конструкторской документации |
| 2 | Электротехника и промышленная электроника |
| 3 | Процессы и аппараты химической технологии |
| 4 | Общая химическая технология |

2. Компетенция ОПК-5

Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

| № | Наименование дисциплины (модуля) |
|---|---|
| 1 | Процессы и аппараты химической технологии |

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зач. единиц, 360 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки.

Форма промежуточной аттестации дифференцированный зачет, экзамен.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр № 3 | Семестр № 4 | Семестр № 5 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Общая трудоемкость дисциплины, час | 360 | 32 | 132 | 190 |
| Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.: | 22 | 2 | 8 | 12 |
| лекции | 10 | 2 | 4 | 4 |
| лабораторные | 8 | | 4 | 4 |
| практические | 2 | | | 2 |
| групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации | 2 | | | 2 |
| Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе: | 338 | 30 | 130 | 178 |
| Курсовой проект | | | | |
| Курсовая работа | 36 | | | 36 |
| Расчетно-графическое задания | | | | |
| Индивидуальное домашнее задание | | | | |
| Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия) | 266 | 30 | 130 | 106 |
| Экзамен | 36 | | | 36 |

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр № 3

| № п/п | Наименование раздела | Кол-во лекционных часов | Самостоятельная Работа на подготовку к аудиторным занятиям |
|----------|--|-------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | <u>Модуль 1: Основы гидравлики.</u> Классификация основных процессов. Основные определения. | 2 | 30 |
| | <u>ВСЕГО:</u> | 2 | 30 |

4.1.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр № 4

| № | Наименование раздела | Кол-во | Самостоятельная |
|---|----------------------|--------|-----------------|
|---|----------------------|--------|-----------------|

| п/ п | | лекционных часов | Работа на подготовку к аудиторным занятиям |
|---------|--|---------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | <p><u>Модуль 1: Основы гидравлики.</u></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> | 2 | 40 |
| 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. | <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</p> | 2 | 40 |

| | | | |
|----|--|---|----|
| | <p>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> | | |
| 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> | | |
| 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 центробежных сил. Жалюзийный пылеосадитель. Циклоны, устройство и принцип действия. Расчет и подбор циклонов.</p> <p>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..</p> | 2 | 20 |
| 6. | <p><u>Модуль 6: Перемешивание в жидких средах.</u></p> <p>Общие сведения. Механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Критерии подобия. Критерий мощности. Виды и области применения мешалок.</p> | 2 | 30 |

| | | | |
|--|--------------------------|---|-----|
| | Расчет и подбор мешалок. | | |
| | ВСЕГО | 4 | 130 |

Курс 3 Семестр № 5

| № п/п | Наименование раздела | Кол-во лекционных часов | Самостоятельная Работа на подготовку к аудиторным занятиям |
|-------|---|-------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | <p><u>Модуль 7: Основы теплопередачи в химической аппаратуре.</u></p> <p>Общие сведения. Температурное поле, температурный градиент. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей. Тепловые балансы.</p> <p>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.</p> <p>Теплоотдача, её виды. Тепловой пограничный слой. Тепловые критерии подобия. Расчёт коэффициентов теплоотдачи. Значения коэффициентов теплоотдачи в промышленных теплообменных процессах.</p> <p>Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением.</p> <p>Теплопередача. Аддитивность термических сопротивлений. Основное уравнение теплопередачи. Движущая сила процесса. Нагревание, охлаждение, конденсация. Общие сведения.</p> <p>Конструкции теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов. Нестационарный теплообмен. Выпаривание, общие сведения.</p> | 2 | 60 |
| 2. | <p><u>Модуль 8: Основы массопередачи.</u></p> <p>Виды процессов массоопередачи. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массоопередаче. 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> | 2 | 52 |

| | | |
|--|---|-----|
| <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.</p> <p>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.</p> <p>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> | | |
| ВСЕГО: | 4 | 106 |

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

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Тема практического (семинарского) занятия | К-во лекц. часов | Самостоятельная Работа на подготовку к аудиторным занятиям |
|--------------------|--|--|------------------|--|
| семестр № 5 | | | | |
| 1 | Уравнение расхода и неразрывности потока | Расчёт расходов, скоростей | 1 | 10 |
| 2 | Режимы движения жидкостей | Эквивалентный диаметр и гидравлический радиус | | |
| 3 | Уравнение Бернулли | Уравнение Бернулли. Гидравлические сопротивления | | |
| 4. | Насосы, вентиляторы, дымососы | Расчёт полных гидравлических сопротивлений сети, подбор вентиляторов и дымососов | | |
| 5. | Разделение | Расчёт и подбор циклонов | 1 | 12 |

| | | | | |
|--------|---------------------------------|---|---|----|
| | гетерогенных систем | | | |
| 6. | Разделение неоднородных систем | Расчет и подбор рукавных фильтров | | |
| 7. | Тепловой баланс теплообменников | Теплообмен. Теплопроводность. Теплоотдача. Теплопередача. Промышленные способы передачи тепла | | |
| 8. | Сушка. тепловой баланс. | I-х диаграмма Рамзина. Сушка | | |
| 9. | Основы теплопередачи | Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением. | | |
| ИТОГО: | | | 2 | 22 |

4.3. Перечень лабораторных занятий и объем в часах

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Тема лабораторной работы | Кол-во часов | Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям |
|--------------------|----------------------------------|--|--------------|--|
| Семестр № 4 | | | | |
| 1. | Основы гидравлики. Гидростатики. | Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности. Основные уравнения гидростатики. | 1 | 6 |
| 2. | Гидродинамика. | Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Гидравлика «кипящего слоя». | 1 | 6 |
| 3. | Перемещение жидкостей. | Режимы движения жидкости. Определение характеристик центробежного вентилятора. | 1 | 6 |
| 4. | Разделение неоднородных систем. | Разделение суспензий в отстойной центрифуге. Разделение суспензий в процессе фильтрования. | 1 | 6 |
| | ИТОГО | | 4 | 24 |

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Тема лабораторной работы | Кол-во часов | Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям |
|--------------------|---|---|--------------|--|
| Семестр № 5 | | | | |
| 1. | Основы теплопередачи в химической аппаратуре. | Изучение процесса теплопроводности. Исследование процесса теплопередачи. | 2 | 10 |
| 2. | Основы массопередачи. | Изучение процесса массопередачи. Основные параметры влажного воздуха. Исследование кинетики сушки. Изучение процесса конвективной сушки. | 2 | 10 |
| | ИТОГО | | 4 | 20 |

4.4. Содержание курсовой работы

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 |

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции,

осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья.

| Наименование индикатора достижения компетенции | Используемые средства оценивания |
|---|--|
| <p>ОПК-4.3 Выбирает способ использовать основные законы естественнонаучных и технических дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; использовать приобретённые знания в области типовых процессов и аппаратов химической технологии.</p> | <p><i>Защита лабораторных работ</i> <i>Защита курсовой работы</i> <i>Дифференцированный зачет</i> <i>Тестирование</i> <i>Экзамен</i></p> |

2. Компетенция ОПК-5 Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные.

| Наименование индикатора достижения компетенции | Используемые средства оценивания |
|---|--|
| <p>ОПК-5.1 Понимает физико-химическую сущность процессов и использует основные законы протекания химико-технологических процессов в комплексной производственно-технологической деятельности, контролирует правила соблюдения требований охраны труда</p> | <p><i>Защита лабораторных работ</i> <i>Защита курсовой работы</i> <i>Дифференцированный зачет</i> <i>Тестирование</i> <i>Экзамен</i></p> |
| <p>ОПК-5.2 Осуществляет технологический процесс и использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; применяет аналитические и численные методы решения профессиональных практических задач, использует современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных</p> | <p><i>Защита лабораторных работ</i> <i>Защита курсовой работы</i> <i>Дифференцированный зачет</i> <i>Тестирование</i> <i>Экзамен</i></p> |

| | | | |
|--------------------------|---------|-------|--|
| программ деятельности | деловой | сферы | |
|--------------------------|---------|-------|--|

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Общая процедура и сроки проведения оценочных мероприятий

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламентам текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине. Текущий контроль предусматривает проведение тестирования.

Текущий контроль осуществляется в течении семестра.

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Компетенция | Содержание вопросов (типовых заданий) |
|-------|---------------------------------|-------------|--|
| 1 | Основы гидравлики | ОПК-4 | 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 | ОПК-4 | 1. Основное уравнение гидростатики. 2. Практическое применение основного уравнения гидростатики. |
| 3 | Гидродинамика | ОПК-4 | 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 | ОПК-4 | 1. Выбор оптимального диаметра трубопроводов. 2. Дифференциальное уравнение движения |

| | | | |
|----|--------------------------------|-------|---|
| | | | <p>реальной жидкости.</p> <p>3. Уравнение Бернулли для идеальных и реальных жидкостей.</p> <p>4. Практическое применение уравнения Бернулли. Истечение жидкости через отверстия.</p> <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 | ОПК-4 | <p>1. Перемещение жидкостей. Классификация машин для перемещения жидкостей. Основные параметры работы насосов.</p> <p>2. Центробежный насос, характеристики его работы. Работа насосов на сеть.</p> <p>3. Принципы подбора центробежных машин. Законы пропорциональности.</p> <p>4. Поршневые насосы. Неравномерность подачи и способы ее ликвидации. Напор поршневых насосов.</p> <p>5. Движение тел в сплошных средах. Влияние режима движения на гидродинамику двухфазных потоков.</p> <p>6. Классификация гетерогенных систем. Гидромеханические методы их разделения.</p> <p>7. Осаждение частиц под действием сил тяжести. Факторы, влияющие на скорость процесса. Интенсификация процессов осаждения.</p> <p>8. Разделение в поле действия центробежных сил. Гидроциклоны.</p> <p>9. Циклоны, устройство и принцип действия. Расчет и подбор циклонов.</p> <p>10. Процесс центрифугирования и способы его интенсификации.</p> <p>11. Фильтрация гетерогенных систем. Классификация фильтровальных перегородок.</p> <p>12. Скорость процесса фильтрации, способы её ускорения. Константы процесса фильтрации, метод их определения.</p> |
| 6. | Перемешивание в жидких средах | ОПК-5 | <p>1. Гидродинамика взвешенного слоя. Области применения и физическая сущность гидротранспорта.</p> <p>2. Перемешивание в жидких средах. Общие сведения.</p> <p>3. Механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Критерии подобия. Критерий мощности. Виды и области применения мешалок. Расчет и подбор мешалок.</p> |
| 7. | Основы теплопередачи в | ОПК-5 | <p>1. Основы теплопередачи в химической аппаратуре. Общие сведения. Температурное поле,</p> |

| | | | |
|----|-----------------------|-------|---|
| | химической аппаратуре | | <p>температурный градиент.</p> <p>2. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей.</p> <p>3. Тепловые балансы теплообменников.</p> <p>4. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</p> <p>5. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок: одно- и многослойных. Расчет тепловой изоляции.</p> <p>6. Тепловое излучение. Закон Стефана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твердых тел.</p> <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. Расчет 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. | Основы массопередачи | ОПК-5 | <p>1. Основы массопередачи. Общие сведения. Виды процессов массопередачи.</p> <p>2. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массопередаче. Материальный баланс.</p> <p>3. Рабочая и равновесная концентрации. Рабочая и равновесная линии. Определение направленности массопереноса. Скорость массопередачи. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный массоперенос.</p> <p>4. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.</p> <p>5. Механизм процесса массопереноса. Модели процессов массопереноса.</p> <p>6. Массоотдача. Основное уравнение массоотдачи.</p> <p>7. Подobie процессов переноса массы.</p> <p>8. Массопередача. Уравнение массопередачи. Движущая сила процессов массопередачи. Аддитивность диффузионных сопротивлений.</p> <p>9. Расчет основных размеров массообменных</p> |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | <p>аппаратов. Объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Пути интенсификации массообменных процессов.</p> <p>10. Абсорбция, основные понятия.</p> <p>11. Перегонка жидкостей, основные понятия.</p> <p>12. Ректификация, основные понятия.</p> <p>13. Экстракция, основные понятия.</p> <p>14. Сушка. Классификация сушильных процессов. Виды связи влаги с материалом.</p> <p>15. Основные параметры влажного воздуха. I-x диаграмма Рамзина.</p> <p>16. Увлажнение и сушка воздуха.</p> <p>17. Материальный и тепловой балансы сушки.</p> <p>18. Параметры влажного материала. Кинетика сушки. Кинетические кривые.</p> <p>19. Изотерма сушки. Термодиффузия.</p> <p>20. Пути интенсификации процесса сушки. Удельная производительность по влаге и ее регулирование.</p> <p>21. Варианты процессов сушки.</p> <p>22. Устройство сушильных установок (туннельные, барабанные, сушилки «кипящего слоя», распылительные, высокочастотные).</p> <p>23. Основные мембранные методы разделения. Основное уравнение мембранных процессов, движущая сила процесса.</p> <p>24. Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации.</p> <p>25. Диализ, электродиализ.</p> |
|--|--|--|--|

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсовой работы

| № п/п | Тема КР | Компетенция | Содержание вопросов (типовых заданий) |
|-------|--|-------------|---|
| 1 | <p>Рассчитать и спроектировать Барабанную сушилку для сушки кускового мела производительностью G1 (по влажному материалу). Материальный расчет сушилки. Внутренний баланс сушильной камеры. Построение на диаграмме I-x процесса сушки воздухом. Расчет расходов сушильного агента. Расчет рабочего объема</p> | ОПК-4 | <p>1. Как влияет выбор сырья и его влажность на технологическую схему процесса?</p> <p>2. Какие существуют способы сушильных установок?</p> <p>3. В чем преимущества барабанных сушилок при проведении процесса сушки перед другими типами аппаратов?</p> <p>4. Как рассчитать интенсивность работы сушильного аппарата?</p> <p>5. Объясните принцип работы прямоточного аппарата и</p> |

| | | | |
|---|---|-------|---|
| | сушилки. Расчет параметров Барабанной сушилки. Расчет гидравлического сопротивления сушильной установки. | | противоточного, какая схема позволяет интенсифицировать теплообмен? Ответ обоснуйте. |
| 2 | Вспомогательные И дополнительные расчеты. Расчет плотности влажного воздуха. Расчет потери теплоты в окружающую среду. Расчет калорифера при сушке воздухом. Расчет питателей и затворов. Выбор и расчет пылеуловителей. Выбор вентиляторов и дымососов | ОПК-5 | 1. Приведите общую схему технологического производства сушки сырьевых материалов? 2. Какое топливо используется для получения сушильного агента? 3. Приведите в виде схемы последовательность операций при сушке сырьевых материалов? |

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме защиты лабораторных работ, выполнения заданий для самоподготовки, выполнение и защита задания по курсовой работе, решение разно-уровневых задач.

Собеседование предполагает специальную беседу с обучающимся и позволяет оценить объем его знаний и умений по определенному разделу дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии».

Текущий контроль изучения теоретического материала возможен с применением тестирования. Контрольные задания построены по принципу от простого к сложному.

Тестирование осуществляется после прохождения каждого из разделов дисциплины. На тестирование отводится 30 минут. Тестовое задание состоит из 15 вопросов.

| | | |
|---|--|--|
| | Компетенция ОПК-4. Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья. | |
| 1 | В зависимости от основных законов, определяющих скорость протекания процессов, различают: 1. Гидродинамические. 2. Периодические. 3. Стационарные. 4. Тепловые. 5. Массообменные. | |
| 2 | В зависимости от изменения параметров процесса во времени, различают: 1. Стационарные. 2. Периодические. 3. Массообменные. | |

| | |
|----|--|
| | 4. Нестационарные. |
| 3 | <p>Перенос импульса массы описывается уравнением:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $q = -\lambda \frac{dT}{dn}$ 2. $f = -\mu \frac{d\vartheta}{dn}$ 3. $m = -D \frac{dC}{dn}$ 4. $i = -\chi \frac{dU}{dn}$ |
| 4 | <p>Физическое моделирование основывается на:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Математической аналогии. 2. Составлении систем дифференциальных уравнений. 3. Теории подобия. 4. Построении алгоритма расчетов исходя из математического описания законов природы, влияющих на протекание рассматриваемого процесса. |
| 5 | <p>Критерий подобия это:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отношение безразмерного комплекса разнородных величин. 2. Отношение однородных величин. |
| 6 | <p>Укажите основное уравнение гидростатики:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g}$ 2. $z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g}$ 3. $h_{тр} = \frac{64}{Re} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g}$ |
| 7 | <p>Определить абсолютное давление в аппарате, если показания манометра 0,2 ат:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 1,2 ат. 2. 3 ат. 3. 0,8 ат. |
| 8 | <p>Измерение давления в аппаратах, принцип сообщающихся сосудов, воздушный подъемник (газлифт), расчет дымовой трубы, работа гидравлического пресса основаны на:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. основном уравнении гидростатики 2. уравнении Бернулли. 3. уравнении Дарси. |
| 9 | <p>К основным характеристикам движения жидкости относятся:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Давление. 2. Средняя скорость 3. Массовый расход. 4. Эквивалентный диаметр. 5. Вязкость. |
| 10 | <p>Закон внутреннего трения Ньютона описывается уравнением:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $q = -\lambda \frac{dT}{dn}$ 2. $f = -\mu \frac{d\vartheta}{dn}$ 3. $m = -D \frac{dC}{dn}$ 4. $i = -\chi \frac{dU}{dn}$ |
| 11 | <p>Ламинарному режиму движения жидкости соответствует численное значение критерия Рейнольдса:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $Re = 10\ 000$ 2. $Re = 2320$ |

| | |
|----|---|
| | 3. $Re = 5000$ |
| 12 | Отношение сил инерции к силам вязкости показывает критерий: <ol style="list-style-type: none"> 1. Фруда 2. Эйлера 3. Рейнольдса 4. Архимеда. |
| 13 | Что называют гидравликой? <ol style="list-style-type: none"> 1. Науку, которая изучает равновесие и движение жидкостей 2. Науку, которая изучает движение водных потоков 3. Науку, которая изучает положение жидкостей в пространстве 4. Науку, которая изучает взаимодействие водных потоков |
| 14 | Свойство жидкости оказывать сопротивление усилиям, вызывающим относительное перемещение ее частиц: <ol style="list-style-type: none"> 1. Плотность 2. Удельный вес 3. Вязкость 4. Давление |
| 15 | Сила, действующая на единицу длины поверхности раздела жидкости и соприкасающейся с ней среды называют: <ol style="list-style-type: none"> 1. Граничное натяжение 2. Минимальное натяжение 3. Приграничное натяжение 4. Поверхностное натяжение |

| | |
|---|---|
| | Компетенция ОПК-5 Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные. |
| 1 | Средняя скорость при турбулентном движении жидкости по трубопроводу определяется соотношением: <ol style="list-style-type: none"> 1. $\omega_{cp} = 0,5 \omega_{max}$ 2. $\omega_{cp} = 0,3 \omega_{max}$ 3. $\omega_{cp} = 0,8 - 0,95 \omega_{max}$ |
| 2 | Укажите уравнение постоянства расхода жидкости. <ol style="list-style-type: none"> 1. $z + \frac{p}{\rho g} = const$ 2. $z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\omega^2}{2g} = const$ 3. $\rho \omega S = const$ |
| 3 | Укажите основное уравнение гидродинамики для идеальной жидкости: <ol style="list-style-type: none"> 1. $Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z + \frac{p_2}{\rho g}$ 2. $Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g}$ 3. $h_{тр} = \frac{64}{Re} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g}$ |
| 4 | С помощью трубки Пито-Прандтля определяют: <ol style="list-style-type: none"> 1. Местную скорость 2. Среднюю скорость. 3. Фиктивную скорость. |

| | |
|----|---|
| 5 | <p>Укажите формулу для определения эквивалентного диаметра кольцевого сечения трубопровода:</p> <ol style="list-style-type: none"> $d_3 = a^2$. $d_3 = D-d$ $d_3 = \frac{2ab}{a+b}$ $d_3 = \frac{D^2 - n \cdot d^2}{D + n \cdot d}$ |
| 6 | <p>К динамическим насосам относятся:</p> <ol style="list-style-type: none"> Центробежные. Осевые. Поршневые. Пластинчатые. |
| 7 | <p>Коэффициент сопротивления среды для турбулентной области осаждения частицы в жидкой среде равен:</p> <ol style="list-style-type: none"> $\xi = \frac{24}{Re}$ $\xi = \frac{18.5}{Re^{0.6}}$ $\xi = const = 0.44$ |
| 8 | <p>При расчете гидравлического сопротивления зернистого слоя используется зависимость:</p> <ol style="list-style-type: none"> $\Delta p = \lambda \frac{L}{d_s} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2}$ $\Delta p = \frac{3 \cdot (1 - \varepsilon)}{2 \varepsilon^3 \Phi} \lambda \frac{H}{d_s} \cdot \frac{\rho \omega_0^2}{2}$ $\Delta p = \left(\lambda \frac{l}{d_s} + \sum \xi_i \right) \frac{\rho \omega^2}{2}$ |
| 9 | <p>Укажите уравнение Стокса, описывающее процесс ламинарного осаждения твердой шарообразной частицы.</p> <ol style="list-style-type: none"> $\omega_{oc} = \frac{d^2 g (\rho_m - \rho)}{18 \mu}$ $\omega_{oc} = \sqrt[3]{Ly \cdot \mu (\rho_m - \rho) g / \rho^2}$ $\omega_{oc} = \frac{Re \cdot \omega}{\rho \cdot d}$ |
| 10 | <p>Скорость процесса фильтрования описывается уравнением Дарси:</p> <ol style="list-style-type: none"> $\Delta p = \lambda \frac{L}{d_s} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2}$ $\frac{dV}{S d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu (\tau_0 \cdot x_0 \cdot h + R_{\phi, n})}$ $\omega = \frac{d^2 g (\rho_m - \rho)}{18 \mu}$ |
| 11 | <p>Закон Фурье описывается уравнением:</p> <ol style="list-style-type: none"> $Q = K \cdot \Delta T_{cp} \cdot S$ $dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} dS d\tau$ $dQ = \alpha \cdot (t_1 - t_2) \cdot dS d\tau$ |
| 12 | <p>Закон Стефана-Больцмана для серых тел имеет вид:</p> <ol style="list-style-type: none"> $\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \frac{E_0}{A_0} = E_0$ $E = \varepsilon \cdot C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$ $Q = C_{1-2} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] F \tau \phi$ |

| | |
|----|---|
| 13 | Молекулярная диффузия описывается законом Фика: 1. $dM = -D \frac{dC}{dn} dS d\tau$ 2. $dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} dS d\tau$ 3. $dM_w = -E_0 \frac{dC}{dn} dS d\tau$ |
| 14 | Какие перегородки отличаются тем, что твердые частицы суспензии при ее распределении в основном задерживаются на их поверхности, не проникая в поры: 1) Поверхностные перегородки 2) Гибкие перегородки 3) Негибкие перегородки Глубинные перегородки |
| 15 |, представляет собой процесс разделения, при котором дисперсная фаза отделяется от дисперсионной среды под действием гравитационных сил 1.Центрифугирование 2.Адсорбция 3. Десорбция 4. Декантация |

5.4.1. Критерии оценивания лабораторной работы.

| Оценка | Критерии оценивания |
|--------|--|
| 5 | Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения, представляет полные и развернутые ответы на дополнительные вопросы. |
| 4 | Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения, допуская незначительные ошибки на дополнительные вопросы. |
| 3 | Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом на минимально допустимом уровне, присутствуют незначительные ошибки при описании теории, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных и аргументированных суждений, допуская незначительные ошибки на дополнительные вопросы. |
| 2 | Работа выполнена не полностью. Студент практически не владеет теоретическим материалом, допуская ошибки по существу рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных и аргументированных суждений, допускает ошибки при ответе на дополнительные вопросы. |

5.4.2. Промежуточная аттестация осуществляется в конце после завершения изучения дисциплины в форме **экзамена**.

Экзамен включает две части: теоретическую (2 вопроса) и практическую (1 задача). Для подготовки к ответу на вопросы и задания билета, который студент вытаскивает случайным образом, отводится время в пределах 30 минут. После ответа на теоретические вопросы билета,

преподаватель задает дополнительные вопросы.

Распределение вопросов и заданий по билетам находится в закрытом для студентов доступе. Ежегодно по дисциплине на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена по дисциплине. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

Перечень вопросов для подготовки к дифференцированному зачету

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Компетенция | Содержание вопросов (типовых заданий) |
|-------|---------------------------------|-------------|---|
| 1 | Основы гидравлики | ОПК-4 | 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. |
| 2 | Гидростатика | ОПК-4 | 3. Основное уравнение гидростатики. 4. Практическое применение основного уравнения гидростатики. |
| 3 | Гидродинамика | ОПК-4 | 5. Основные характеристики движения жидкости. Закон внутреннего трения Ньютона. 6. Режимы движения жидкостей. Механизмы ламинарного и турбулентного движения. Гидродинамический пограничный слой. 7. Способы расчета и определения расхода жидкостей. |
| 4. | Перемещение жидкостей. | ОПК-4 | 8. Выбор оптимального диаметра трубопроводов. 7. Уравнение Бернулли для идеальных и реальных жидкостей. 8. Практическое применение уравнения Бернулли. Истечение жидкости через отверстия. 9. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Расчет потерь давления на местные сопротивления. 10. Сопротивления трения. Расчет коэффициентов гидравлического трения. Влияние режимов течения и шероховатости на гидравлическое трение. |
| 5. | Разделение неоднородных систем. | ОПК-5 | 13. Перемещение жидкостей. Классификация машин для перемещения жидкостей. Основные параметры работы насосов. 14. Центробежный насос, характеристики его работы. Работа насосов на сеть. 15. Принципы подбора центробежных машин. Законы пропорциональности. 16. Поршневые насосы. Неравномерность подачи и способы ее ликвидации. Напор поршневых насосов. 17. Движение тел в сплошных средах. Влияние |

| | | | |
|----|--------------------------------|-------|---|
| | | | <p>режима движения на гидродинамику двухфазных потоков.</p> <p>18. Классификация гетерогенных систем. Гидромеханические методы их разделения.</p> <p>19. Осаждение частиц под действием сил тяжести. Факторы, влияющие на скорость процесса. Интенсификация процессов осаждения.</p> <p>20. Разделение в поле действия центробежных сил. Гидроциклоны.</p> <p>21. Циклоны, устройство и принцип действия. Расчет и подбор циклонов.</p> <p>22. Процесс центрифугирования и способы его интенсификации.</p> <p>23. Фильтрация гетерогенных систем. Классификация фильтровальных перегородок.</p> <p>24. Скорость процесса фильтрации, способы её ускорения. Константы процесса фильтрации, метод их определения.</p> |
| 6. | Перемешивание в жидких средах. | ОПК-5 | <p>25. Гидродинамика взвешенного слоя. Области применения и физическая сущность гидротранспорта.</p> <p>26. Перемешивание в жидких средах. Общие сведения.</p> <p>27. Механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Критерии подобия. Критерий мощности. Виды и области применения мешалок. Расчет и подбор мешалок.</p> |

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Компетенция | Содержание вопросов (типовых заданий) |
|-------|---------------------------------|-------------|---|
| 1 | Основы гидравлики | ОПК-4 | <p>1. Основы гидравлики. Основные определения и некоторые физические свойства жидкости.</p> <p>2. Основы теории переноса количества движения, тепловой энергии, количества вещества. Конвекция и молекулярная диффузия, уравнения, их описывающие.</p> |
| 2 | Гидростатика | ОПК-4 | <p>3. Основное уравнение гидростатики.</p> <p>4. Практическое применение основного уравнения гидростатики.</p> |
| 3 | Гидродинамика | ОПК-4 | <p>5. Основные характеристики движения жидкости. Закон внутреннего трения Ньютона.</p> <p>6. Режимы движения жидкостей. Механизмы ламинарного и турбулентного движения. Гидродинамический пограничный слой.</p> <p>7. Способы расчета и определения расхода</p> |

| | | | |
|----|---------------------------------|-------|--|
| | | | жидкостей. |
| 4. | Перемещение жидкостей. | ОПК-4 | <p>8. Выбор оптимального диаметра трубопроводов.</p> <p>9. Уравнение Бернулли для идеальных и реальных жидкостей.</p> <p>10. Практическое применение уравнения Бернулли. Истечение жидкости через отверстия.</p> <p>11. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Расчет потерь давления на местные сопротивления.</p> <p>12. Сопротивления трения. Расчет коэффициентов гидравлического трения. Влияние режимов течения и шероховатости на гидравлическое трение.</p> |
| 5. | Разделение неоднородных систем. | ОПК-5 | <p>13. Перемещение жидкостей. Классификация машин для перемещения жидкостей. Основные параметры работы насосов.</p> <p>14. Центробежный насос, характеристики его работы. Работа насосов на сеть.</p> <p>15. Принципы подбора центробежных машин. Законы пропорциональности.</p> <p>16. Поршневые насосы. Неравномерность подачи и способы ее ликвидации. Напор поршневых насосов.</p> <p>17. Движение тел в сплошных средах. Влияние режима движения на гидродинамику двухфазных потоков.</p> <p>18. Классификация гетерогенных систем. Гидромеханические методы их разделения.</p> <p>19. Осаждение частиц под действием сил тяжести. Факторы, влияющие на скорость процесса. Интенсификация процессов осаждения.</p> <p>20. Разделение в поле действия центробежных сил. Гидроциклоны.</p> <p>21. Циклоны, устройство и принцип действия. Расчет и подбор циклонов.</p> <p>22. Процесс центрифугирования и способы его интенсификации.</p> <p>23. Фильтрация гетерогенных систем. Классификация фильтровальных перегородок.</p> <p>24. Скорость процесса фильтрации, способы её ускорения. Константы процесса фильтрации, метод их определения.</p> |
| 6. | Перемешивание в жидких средах. | ОПК-5 | <p>25. Гидродинамика взвешенного слоя. Области применения и физическая сущность гидротранспорта.</p> <p>26. Перемешивание в жидких средах. Общие сведения.</p> <p>27. Механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Критерии подобия. Критерий мощности. Виды и области применения мешалок.</p> |

| | | | |
|----|---|-------|---|
| | | | Расчет и подбор мешалок. |
| 7. | Основы теплопередачи в химической аппаратуре. | ОПК-5 | <p>28. Основы теплопередачи в химической аппаратуре. Общие сведения. Температурное поле, температурный градиент.</p> <p>29. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей.</p> <p>30. Тепловые балансы теплообменников.</p> <p>31. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</p> <p>32. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок: одно- и многослойных. Расчет тепловой изоляции.</p> <p>33. Тепловое излучение. Закон Стефана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твёрдых тел.</p> <p>34. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен). Закон теплоотдачи Ньютона.</p> <p>35. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.</p> <p>36. Теплоотдача, её виды. Тепловой пограничный слой.</p> <p>37. Тепловые критерии подобия.</p> <p>38. Расчёт коэффициентов теплоотдачи. Значения коэффициентов теплоотдачи в промышленных теплообменных процессах.</p> <p>39. Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением.</p> <p>40. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Движущая сила процесса.</p> <p>41. Аддитивность термических сопротивлений. Расчет теплообменных аппаратов.</p> |
| 8. | Основы массопередачи. | ОПК-5 | <p>42. Основы массопередачи. Общие сведения. Виды процессов массопередачи.</p> <p>43. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массопередаче. Материальный баланс.</p> <p>44. Скорость массопередачи. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный массоперенос.</p> <p>45. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.</p> <p>46. Механизм процесса массопереноса. Модели процессов массопереноса.</p> <p>47. Массоотдача. Основное уравнение массоотдачи.</p> <p>48. Подобие процессов переноса массы.</p> <p>49. Массопередача. Уравнение массопередачи. Движущая сила процессов массопередачи. Аддитивность диффузионных сопротивлений.</p> <p>50. Расчёт основных размеров массообменных аппаратов. Объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Пути интенсификации массообменных процессов.</p> |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | <p>51. Абсорбция, основные понятия.</p> <p>52. Перегонка жидкостей, основные понятия.</p> <p>53. Ректификация, основные понятия.</p> <p>54. Экстракция, основные понятия.</p> <p>55. Сушка. Классификация сушильных процессов. Виды связи влаги с материалом.</p> <p>56. Основные параметры влажного воздуха. I-х диаграмма Рамзина.</p> <p>57. Увлажнение и сушка воздуха.</p> <p>58. Материальный и тепловой балансы сушки.</p> <p>59. Параметры влажного материала. Кинетика сушки. Кинетические кривые.</p> <p>60. Изотерма сушки. Термодиффузия.</p> <p>61. Пути интенсификации процесса сушки. Удельная производительность по влаге и ее регулирование.</p> <p>62. Варианты процессов сушки.</p> <p>63. Устройство сушильных установок (туннельные, барабанные, сушилки «кипящего слоя», распылительные, высокочастотные).</p> <p>64. Основные мембранные методы разделения. Основное уравнение мембранных процессов, движущая сила процесса.</p> <p>65. Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации.</p> <p>66. Диализ, электродиализ.</p> |
|--|--|--|--|

Типовой вариант экзаменационного билета

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

Кафедра ТЦКМ

Дисциплина ПАХТ Направление 18.03.01 – Химическая технология

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Классификация основных процессов химической технологии. Принципы расчета процессов и аппаратов.
2. . Подобие процессов массопереноса. Критерии диффузионного подобия, их физический смысл.

3. Задачи.

Одобрено на заседании кафедры «14» сентября 2021 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой _____ Борисов И.Н.

Типовые задачи к экзамену

ЗАДАЧА 1

| Исходные данные | Вариант | | | | |
|-----------------|---------|-----|-----|-----|-----|
| | №1 | №2 | №3 | №4 | №5 |
| d_1 , м | 0,9 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,5 |
| d_2 , 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 $v_1=0,8$ м/с. Определить скорость потока v_2 и его расход (рис. 1).

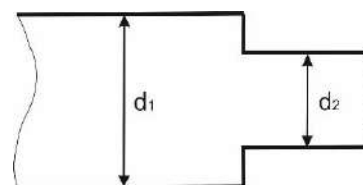


Рис. 1. Трубопровод

ЗАДАЧА 2

Вода из одной емкости поступает в другую по трубопроводу диаметром d и расходом Q . Определить число Рейнольдса, если кинематическая вязкость воды $\nu=1,307$ м²/с.

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

ЗАДАЧА 3

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 V_1 , коэффициент объемного сжатия воды $\beta_w=4,75 \times 10^{-10}$ 1/Па.

| Исходные данные | Вариант | | | | |
|-----------------|---------|-----|-----|-----|----|
| | №1 | №2 | №3 | №4 | №5 |
| P , кПа | 3 | 4,2 | 5 | 6,1 | 7 |
| V_1 , л | 2,6 | 2,8 | 3,3 | 3,4 | 5 |

Критерии оценивания при получении дифференцированного зачета.

Оценка преподавателем выставляется интегрально по всем показателям и критериям оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

| Критерий | Уровень освоения и оценка | | | |
|---|--|---|---|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Знание теоретического содержания курса | Не знает теоретического содержания курса | Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера. Обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил. | Знает достаточно хорошо содержание курса, приемы первой помощи, методы защиты от чрезвычайных ситуаций. | Полностью знает содержание курса без пробелов; основные приемы первой помощи, методы защиты от чрезвычайных ситуаций. |
| Знание основных закономерностей, соотношений, принципов | Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний | Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний | Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует | Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать |
| Объем освоенного материала | Не знает значительной части материала дисциплины | Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей | Знает материал дисциплины в достаточном объеме | Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями |
| Полнота ответов на вопросы | Не дает ответы на большинство вопросов | Дает неполные ответы на все вопросы | Дает ответы на вопросы, но не все - полные | Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы |
| Четкость изложения и интерпретации знаний | Излагает знания без логической последовательности | Излагает знания с нарушениями в логической последовательности | Излагает знания без нарушений в логической последовательности | Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами | Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками | Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно | Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний |
| | Неверно излагает и интерпретирует знания | Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний | Грамотно и по существу излагает знания | Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы |

Оценка сформированности компетенций по показателю **Умения**.

| Критерий | Уровень освоения и оценка | | | |
|--|--|---|---|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Умение правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса | Не умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса | Умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса | Умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса | Умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса |

Оценка сформированности компетенций по показателю **Навыки**.

| Критерий | Уровень освоения и оценка | | | |
|---|---|--|--|--|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Владение навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии | Не владеет навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии | Владеет навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии | Владеет навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии | Владеет навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии |

| | | | | |
|-----------------------|--|------------|-----------------------|------------|
| химической технологии | | технологии | химической технологии | технологии |
|-----------------------|--|------------|-----------------------|------------|

Критерии оценивания экзамена.

Оценка преподавателем выставляется интегрально по всем показателям и критериям оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю **Знания**.

| Критерий | Уровень освоения и оценка | | | |
|---|--|---|---|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Знание теоретического содержания курса | Не знает теоретического содержания курса | Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера. Обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил. | Знает достаточно хорошо содержание курса, приемы первой помощи, методы защиты от чрезвычайных ситуаций. | Полностью знает содержание курса без пробелов; основные приемы первой помощи, методы защиты от чрезвычайных ситуаций. |
| Знание основных закономерностей, соотношений, принципов | Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний | Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний | Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует | Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать |
| Объем освоенного материала | Не знает значительной части материала дисциплины | Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей | Знает материал дисциплины в достаточном объеме | Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями |
| Полнота ответов на вопросы | Не дает ответы на большинство вопросов | Дает неполные ответы на все вопросы | Дает ответы на вопросы, но не все - полные | Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы |
| Четкость изложения и интерпретации | Излагает знания без логической последователь- | Излагает знания с нарушениями в логической | Излагает знания без нарушений в логической | Излагает знания в логической последовательност |

| | | | | |
|--------|--|--|--|--|
| знаний | ности | последовательности | последовательности | и, самостоятельно их интерпретируя и анализируя |
| | Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами | Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками | Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно | Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний |
| | Неверно излагает и интерпретирует знания | Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний | Грамотно и по существу излагает знания | Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы |

Оценка сформированности компетенций по показателю **Умения**.

| Критерий | Уровень освоения и оценка | | | |
|--|--|---|---|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Умение правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса | Не умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса | Умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса | Умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса | Умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса |

Оценка сформированности компетенций по показателю **Навыки**.

| Критерий | Уровень освоения и оценка | | | |
|---|---|--|--|--|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Владение навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов | Не владеет навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов | Владеет навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов | Владеет навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов | Владеет навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов |

| | | | | |
|---|-----------------------|---------------------------------|---|-----------------------|
| процессов и аппаратов химической технологии | химической технологии | аппаратов химической технологии | процессов и аппаратов химической технологии | химической технологии |
|---|-----------------------|---------------------------------|---|-----------------------|

6.1. Материально-техническое обеспечение

| № | Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы |
|---|---|---|
| 1 | Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы | Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук. |
| 2 | Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы | <p>В лаборатории имеются приборы и оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 фильтрации суспензий под вакуумом (фильтр, вакуум-насос, мешалка, сборник фильтрата, вакуумметр, влагоотделитель, термометр); - 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 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. |
| 3 | Зал курсового и дипломного проектирования для проведения самостоятельной работы | Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, компьютеры |
| 4 | Читальный зал библиотеки для проведения самостоятельной работы | Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду |

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

| № | Перечень лицензионного программного обеспечения. | Реквизиты подтверждающего документа |
|---|--|---|
| 1 | Microsoft Windows 10 Корпоративная | Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017 |
| 2 | Microsoft Office Professional Plus 2016 | Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023 |

| № | Перечень лицензионного программного обеспечения. | Реквизиты подтверждающего документа |
|---|---|---|
| 3 | Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition» | Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г. |
| 4 | Google Chrome | Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения |
| 5 | Mozilla Firefox | Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения |

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. *Касаткин А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Альянс. – 2004. – 750 с.
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: В двух томах / Ю.И. Дытнерский. - М.: Альянс, 2015. - 368 с.
3. *Смаль Д.В., Черкасов А.В., Осипов Ю.М.* Процессы и аппараты химической технологии. (Учебное пособие к выполнению лабораторных работ по направлению 18.03.01 «Химическая технология»). - Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – Ч. 1.-77с.
4. *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.
5. Черкасов А.В., Смаль Д.В. Гидромеханические и гидростатические процессы: (методические указания к выполнению практических работ по направлению 18.03.01 «Химическая технология»). – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.-18с.
6. Черкасов А.В., Смаль Д.В. Тепловые и массообменные процессы: (методические указания к выполнению практических работ по направлению 18.03.01 «Химическая технология»). – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.-16с.
7. Черкасов А.В., Смаль Д.В., Ковалев С.В. Расчёт и проектирование сушильных установок (Учебное пособие) по направлениям подготовки 18.03.01 - Химическая технология, 18.03.02 Энерго - и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. – 111 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. www.snip.ru
2. <https://elib.bstu.ru/>
3. <https://elibrary.ru>
4. <http://ntb.bstu.ru/>

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 2021/2022 учебный год

без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № _19_ заседания кафедры от «14» мая 2021 г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО