

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства
Кафедра металлургических технологий

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебной работе
Д.В. Мулов



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы и аппараты химической технологии
(наименование дисциплины)

18.03.01 Химическая технология
(код, наименование направления)

Химическая технология природных энергоносителей и углеродных
материалов
(профиль подготовки)

Квалификация бакалавр
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная
(очная, заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины: подготовка дипломированных бакалавров, способных понимать механизм происходящих в аппаратах процессов, управлять сложными технологическими процессами, осуществлять проектирование аппаратов.

Задачи дисциплины:

– обеспечение фундаментальной подготовки студентов в области процессов и аппаратов химической технологии;

– в усвоении основных понятий и подходов к расчету процессов и аппаратов, в овладении необходимыми знаниями и умениями для расчетов процессов и проектирования аппаратов с применением компьютерной техники и профессионального программного обеспечения;

– в применении полученных знаний для решения конкретных задач переработки углеводородов и химической технологии как на стадиях проектирования, так и при эксплуатации технологического оборудования.

Дисциплина направлена на формирование общепрофессиональной (ОПК-4) компетенции выпускника.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Логико-структурный анализ дисциплины – курс входит в обязательную часть БЛОК 1 «Дисциплины (модули)» подготовки студентов по направлению 18.03.01 Химическая технология (профиль «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»).

Дисциплина реализуется кафедрой металлургических технологий.

Входные знания студента базируются на изученных дисциплинах: «Химия», «Математика», «Физика», «Термодинамика», «Физическая химия».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Химические реакторы», «Системы управления химико-технологическими процессами», «Теплоэнергетическое оборудование и электроснабжение химических заводов», «Проектирование и оборудование коксохимических заводов».

Курс необходим для формирования у студентов представления о принципах и процессах химической технологии на предприятиях химического и коксохимического производства.

Общая трудоемкость освоения дисциплины для очной формы обучения составляет 12 зачетных единиц, 432 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (72 ак.ч.), практические (99 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (108 ч.)

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре и на 4 курсе в 7 семестре. Форма промежуточной аттестации в 6 семестре – зачет, в 7 семестре – экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины для заочной формы обучения составляет 12 зачетных единицы, 432 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (16 ак.ч.) и практические (16 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (400 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 и 8 семестрах. Форма промежуточной аттестации в 7 семестре – зачет, в 8 семестре – экзамен.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» направлен на формирование компетенции, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенция, обязательная к освоению

| Содержание компетенции | Код компетенции по ОПОП ВО | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 | <p>ОПК-4.1 Знает, изучает и анализирует состав и свойства сырья и продуктов, влияющие на оптимизацию технологического процесса и качество готовой продукции, основы проведения измерений и наблюдений; требования стандартов к измерениям и наблюдениям.</p> <p>ОПК-4.2 Умеет проводить измерения и наблюдения с учетом требований стандартов. Выявляет и устраняет отклонения от контрольных характеристик технологического процесса</p> <p>ОПК-4.3 Владеет навыками обработки и представления экспериментальных данных. Выбирает пути интенсификации технологических процессов производства и совершенствования современного технологического оборудования и приборов</p> |

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 12 зачётных единиц, 432 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

| Вид учебной работы | Всего ак.ч. | Ак.ч. по семестрам | Ак.ч. по семестрам |
|------------------------------------------------------|-------------|--------------------|--------------------|
| | | 6 | 7 |
| Аудиторная работа, в том числе: | 171 | 90 | 81 |
| Лекции (Л) | 72 | 36 | 36 |
| Практические занятия (ПЗ) | 99 | 54 | 45 |
| Лабораторные работы (ЛР) | – | – | – |
| Курсовая работа/курсовой проект | – | – | – |
| Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе: | 261 | 126 | 135 |
| Подготовка к лекциям | 18 | 9 | 9 |
| Подготовка к лабораторным работам | – | – | – |
| Подготовка к практическим занятиям / семинарам | 99 | 54 | 45 |
| Расчетно-графическая работа (РГР) | – | – | – |
| Реферат (индивидуальное задание) | 24 | 12 | 12 |
| Домашнее задание | – | – | – |
| Подготовка к контрольной работе | 18 | 6 | 12 |
| Подготовка к коллоквиуму | – | – | – |
| Аналитический информационный поиск | 36 | 18 | 18 |
| Работа в библиотеке | 36 | 18 | 18 |
| Подготовка к зачету (экзамену) | 30 | 9 | 21 |
| Промежуточная аттестация | | 3 | Э |
| Общая трудоёмкость дисциплины | | | |
| | ак.ч. | 432 | 216 |
| | з.е. | 12 | 6 |

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенции, приведенной в п.3 дисциплина разбита на 5 тем:

- тема 1 (Общие понятия химической технологии);
- тема 2 (Гидромеханические процессы и аппараты);
- тема 3 (Основы теплопередачи);
- тема 4 Основы массопередачи);
- тема 5 (Измельчение твердых материалов).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблице 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоемкость в ак.ч. | | Темы практических занятий | Трудоемкость в ак.ч. | | Тема лабораторных занятий | Трудоемкость в ак.ч. | |
|-------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---|---------------------------|----------------------|---|
| | | | 6 | 7 | | 6 | 7 | | 6 | 7 |
| 1 | Общие понятия химической технологии | Предмет, задачи и содержание курса. Классификация основных процессов и аппаратов. Принципы анализа и расчета. Основы теории подобия. Основы анализа размерности. | 2 | – | Классификация основных процессов и аппаратов | 4 | – | – | – | – |
| 2 | Гидромеханические процессы и аппараты | <p>Основные понятия гидромеханики, гидростатики, гидродинамики. Основные критерии гидродинамического подобия. Гидродинамические режимы вязкой жидкости. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Движение жидкости через неподвижные, пористые и зернистые слои. Гидродинамика псевдооживленного слоя.</p> <p>Перемещение жидкостей и газов. Трубопроводы. Классификация гидравлических машин. Динамические насосы. Подбор насосов. Насосы объемного типа. Перемещение, сжатие и разряжение газов. Центробежные машины.</p> <p>Разделение жидких и газовых гетерогенных систем. Материальный баланс процесса разделения. Разделение в поле сил тяжести (отстаивание). Разделение суспензий в поле сил давления (фильтрование). Фильтрующие материалы. Разделение в поле центробежных сил. Разделение неоднородных смесей под действием электрического поля. Мокрая очистка газов.</p> <p>Перемешивание в жидких средах. Перемешивание, его виды. Конструкции механических мешалок</p> | 16 | – | <p>Расчет равновесия в различных технологических процессах.</p> <p>Расчет ректификационной колонны</p> <p>Гидравлический расчет</p> | 24 | – | – | – | – |

| Продолжение таблицы 3 | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------|---|
| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудо- емкость в ак.ч. | | Темы практических занятий | Трудо- емкость в ак.ч. | | Тема лаборат- орных занятий | Трудо- емкость в ак.ч. | |
| | | | 6 | 7 | | 6 | 7 | | 6 | 7 |
| 3 | Основы теплопередачи | <p>Тепловые процессы. Тепловой баланс. Механизмы передачи тепла. Тепловое подобие. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния жидкости. Теплопередача.</p> <p>Источники энергии. Теплообменная аппаратура. Теплоносители. Теплообменная аппаратура. Расчет поверхности теплообменных аппаратов.</p> <p>Выпаривание растворов. Свойства растворов. Способы и методы выпаривания. Выпарные аппараты. Адиабатные выпарные установки. Выпарные установки с тепловым насосом.</p> <p>Искусственное охлаждение. Хладагенты. Парокомпрессионные холодильные машины. Абсорбционные холодильные установки. Пароэжекторная холодильная установка. Глубокое охлаждение.</p> | 18 | – | <p>Расчет ректификационных установок периодического и непрерывного действия.</p> <p>Расчет материального баланса.</p> | 26 | – | – | – | – |

Продолжение таблицы 3

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудовое количество в ак.ч. | | Темы практических занятий | Трудовое количество в ак.ч. | | Тема лабораторных занятий | Трудовое количество в ак.ч. | |
|-------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----|---------------------------|-----------------------------|---|
| | | | 6 | 7 | | 6 | 7 | | 6 | 7 |
| 4 | Основы массопередачи | <p>Массообменные (диффузионные) процессы. Материальный баланс. Молекулярная диффузия. Конвективная диффузия. Подобие диффузионных процессов. Модифицированные уравнения массопередачи. Массопередача в системах с твердой фазой.</p> <p>Абсорбция. Материальный баланс. Кинетика процесса. Принципиальные схемы абсорбции. Конструкции абсорберов. Поверхностные абсорберы. Насадочные абсорберы. Барботажные абсорберы. Распыливающие абсорберы.</p> <p>Дистилляция и ректификация. Непрерывно действующая ректификационная установка. Материальный баланс. Периодически действующие ректификационные установки. Экстрактивная ректификация. Азеотропная ректификация. Ректификационные аппараты. Расчет тарельчатых ректификационных колонн.</p> <p>Экстракция. Жидкостная экстракция. Равновесие в процессах жидкостной экстракции. Кинетика процесса экстракции. Конструкции экстракторов. Смесительно-отстойные экстракторы. Центробежные экстракторы. Характеристики и выбор экстракторов. Принципиальные схемы экстракции. Экстрагирование.</p> | – | 32 | <p>Экстрагирование.</p> <p>Расчет процессов экстрагирования (одноступенчатые, многоступенчатые) с помощью треугольных диаграмм.</p> | – | 12 | – | – | – |

| Продолжение таблицы 3 | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----|---------------------------|--------------------------|---|
| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | | Темы практических занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | | Тема лабораторных занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | |
| | | | 6 | 7 | | 6 | 7 | | 6 | 7 |
| | | <p>Адсорбция. Равновесие в процессах адсорбции и ионном обмене. Адсорбенты и ионообменные смолы. Классификация и устройство аппаратов для проведения адсорбции.</p> <p>Сушка. Равновесие в процессе сушки. Кинетика сушки. Конвективная сушка. Материальный баланс конвективной сушки. Тепловой баланс конвективной сушки. Диаграмма состояния влажного воздуха. Принципиальные схемы конвективной сушки. Контактная сушка. Материальный и тепловой баланс. Радиационная сушка. Диэлектрическая сушка. Сублимационная сушка. Конструкции сушилок.</p> <p>Кристаллизация. Кристаллизацию из растворов. Кристаллизация из расплава. Комбинированные способы кристаллизации. Материальный баланс. Кристаллизационное оборудование. Выпарные кристаллизаторы. Охлаждающие кристаллизаторы. Химические кристаллизаторы.</p> <p>Мембранные процессы. Баромембранные процессы. Мембраны. Влияние различных факторов на процесс мембранного разделения. Аппараты для мембранного разделения.</p> | | | <p>Расчет материального баланса сушки</p> <p>Расчет теплового баланса сушки</p> <p>Расчет основных размеров сушилки</p> | | 17 | | | |

| Продолжение таблицы 3 | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----|---------------------------|--------------------------|---|
| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | | Темы практических занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | | Тема лабораторных занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | |
| | | | 6 | 7 | | 6 | 7 | | 6 | 7 |
| 5 | Измельчение твердых материалов | Измельчение. Схемы измельчения. Оборудование для измельчения. Механохимическая активизация. Классификация, дозирование и смешивание твердых материалов. Классификация материалов. Типы грохотов. Гидравлическая классификация. Дозирование. Смешение. Перемещение твердых материалов. | – | 4 | <p>Определение гранулометрического состава кокса.</p> <p>Изучение процесса гранулометрического состава кокса полученного на щековой дробилке</p> <p>Расчет аппаратов для грохочения, дробления и обогащения углей</p> <p>Расчет материального баланса обогащения каменного угля</p> | – | 16 | – | – | – |
| | Всего аудиторных часов в 6 семестре | | 36 | | | 54 | | | | – |
| | Всего аудиторных часов в 7 семестре | | | 36 | | | 45 | | | – |
| | Всего аудиторных часов | | 72 | | | 99 | | | | – |

Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоемкость в ак.ч. | | Темы практических занятий | Трудоемкость в ак.ч. | | Тема лабораторных занятий | Трудоемкость в ак.ч. | |
|-------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---|---------------------------|----------------------|---|
| | | | 6 | 7 | | 6 | 7 | | 6 | 7 |
| 1 | Гидромеханические процессы и аппараты | <p>Основные понятия гидромеханики, гидростатики, гидродинамики. Основные критерии гидродинамического подобия. Гидродинамические режимы вязкой жидкости. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Движение жидкости через неподвижные, пористые и зернистые слои. Гидродинамика псевдооживленного слоя.</p> <p>Перемещение жидкостей и газов. Трубопроводы. Классификация гидравлических машин. Динамические насосы. Подбор насосов. Насосы объемного типа. Перемещение, сжатие и разряжение газов. Центробежные машины.</p> <p>Разделение жидких и газовых гетерогенных систем. Материальный баланс процесса разделения. Разделение в поле сил тяжести (отстаивание). Разделение суспензий в поле сил давления (фильтрование). Фильтрующие материалы. Разделение в поле центробежных сил. Разделение неоднородных смесей под действием электрического поля. Мокрая очистка газов.</p> <p>Перемешивание в жидких средах. Перемешивание, его виды. Конструкции мешалок.</p> | 4 | – | <p>Расчет равновесия в различных технологических процессах.</p> <p>Расчет ректификационной колонны</p> <p>Гидравлический расчет</p> | 4 | – | – | – | – |
| 2 | Основы теплопередачи | <p>Тепловые процессы. Тепловой баланс. Механизмы передачи тепла. Тепловое подобие. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния жидкости. Теплопередача.</p> <p>Источники энергии. Теплообменная аппаратура. Теплоносители. Теплообменная аппаратура. Расчет поверхности теплообменных аппаратов.</p> | 4 | – | <p>Расчет ректификационных установок периодического и непрерывного действия.</p> <p>Расчет материального баланса.</p> | 4 | – | – | – | – |

Продолжение таблицы 4

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | | Темы практических занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | | Тема лабораторных занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | |
|-------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---|---------------------------|--------------------------|---|
| | | | 6 | 7 | | 6 | 7 | | 6 | 7 |
| 3 | Основы массопередачи | <p>Массообменные (диффузионные) процессы. Материальный баланс. Молекулярная диффузия. Конвективная диффузия. Подобие диффузионных процессов. Модифицированные уравнения массопередачи. Массопередача в системах с твердой фазой.</p> <p>Абсорбция. Материальный баланс. Кинетика процесса. Принципиальные схемы абсорбции. Конструкции абсорберов. Поверхностные абсорберы. Насадочные абсорберы. Барботажные абсорберы. Распыливающие абсорберы.</p> <p>Дистилляция и ректификация. Непрерывно действующая ректификационная установка. Материальный баланс. Периодически действующие ректификационные установки. Экстрактивная ректификация. Азеотропная ректификация. Ректификационные аппараты. Расчет тарельчатых ректификационных колонн.</p> <p>Экстракция. Жидкостная экстракция. Равновесие в процессах жидкостной экстракции. Кинетика процесса экстракции. Конструкции экстракторов. Смесительно-отстойные экстракторы. Центробежные экстракторы. Характеристики и выбор экстракторов. Принципиальные схемы экстракции.</p> | – | 6 | Экстрагирование. <input type="checkbox"/> Расчет процессов <input type="checkbox"/> экстрагирования (одноступенчатые, <input type="checkbox"/> многоступенчатые) с помощью треугольных <input type="checkbox"/> диаграмм. | – | 2 | – | – | – |

Продолжение таблицы 4

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | | Темы практических занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | | Тема лабораторных занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | |
|-------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---|---------------------------|--------------------------|---|
| | | | 6 | 7 | | 6 | 7 | | 6 | 7 |
| | | <p>Адсорбция. Равновесие в процессах адсорбции и ионном обмене. Адсорбенты и ионообменные смолы. Классификация и устройство аппаратов для проведения адсорбции.</p> <p>Сушка. Кинетика сушки. Конвективная сушка. Материальный и тепловой баланс конвективной сушки. Диаграмма состояния влажного воздуха. Принципиальные схемы конвективной сушки. Контактная сушка. Материальный и тепловой баланс. Радиационная сушка. Диэлектрическая сушка. Сублимационная сушка. Конструкции сушилок.</p> <p>Кристаллизация. Кристаллизацию из растворов. Кристаллизация из расплава. Комбинированные способы кристаллизации. Материальный баланс. Кристаллизационное оборудование. Выпарные кристаллизаторы. Охлажденные кристаллизаторы. Химические кристаллизаторы.</p> <p>Мембранные процессы. Баромембранные процессы. Мембраны. Влияние различных факторов на процесс мембранного разделения. Аппараты для мембранного разделения.</p> | | | <p>Расчет материального баланса сушки</p> <p>Расчет теплового баланса сушки</p> | – | 4 | – | – | – |

| Продолжение таблицы 4 | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---|---------------------------------------------------------------|--------------------------|---|---------------------------|--------------------------|---|
| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | | Темы практических занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | | Тема лабораторных занятий | Трудовая емкость в ак.ч. | |
| | | | 6 | 7 | | 6 | 7 | | 6 | 7 |
| 4 | Измельчение твердых материалов | Измельчение. Схемы измельчения. Оборудование для измельчения. Механохимическая активизация. Классификация, дозирование и смешивание твердых материалов. Классификация материалов. Типы грохотов. Гидравлическая классификация. Дозирование. Смешение. Перемещение твердых материалов. | – | 2 | Расчет аппаратов для грохочения, дробления и обогащения углей | – | 2 | – | – | – |
| | Всего аудиторных часов в 6 семестре | | 8 | | | 8 | | | – | |
| | Всего аудиторных часов в 7 семестре | | | 8 | | | 8 | | – | |
| | Всего аудиторных часов | | 16 | | | 16 | | | – | |

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

| Код и наименование компетенции | Способ оценивания | Оценочное средство |
|--------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------|
| ОПК-4 | Экзамен | Комплект контролирующих материалов для экзамена |

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

6 семестр:

- практические работы – всего 80 баллов;
- реферат – 20 баллов.

7 семестр:

- практические работы – всего 60 баллов;
- индивидуальное задание – 40 баллов

Зачет (6 семестр) проставляется автоматически, если студент набрал в течение семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Зачет по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» проводится по результатам работы в семестре. Если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время зачетной недели студент имеет право повысить итоговую оценку в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п.п. 6.6).

Экзамен (7 семестр) проставляется автоматически, если студент набрал по текущей работе не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную

точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Экзамен по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» проводится в форме устного экзамена по вопросам, представленным ниже (п.п. 6.7). Экзаменационный билет включает два вопроса из приводимого ниже перечня и задачу. Экзаменационные билеты составляется таким образом, чтобы каждый вопрос относился к различному модулю. Ответ на каждый вопрос оценивается из 33 баллов. Студент на устном экзамене может набрать до 100 баллов.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

| Сумма баллов за все виды учебной деятельности | Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 0-59 | Не зачтено/неудовлетворительно |
| 60-73 | Зачтено/удовлетворительно |
| 74-89 | Зачтено/хорошо |
| 90-100 | Зачтено/отлично |

6.2 Домашнее задание

Домашнее задание не предусмотрено.

6.3 Темы для рефератов (презентаций)

- 1) Ректификация.
- 2) Дистилляция.
- 3) Отстаивание и аппаратура процессов отстаивания.
- 4) Процесс дробления.
- 5) Процесс грохочения сыпучих материалов.
- 6) Процессы адсорбции.
- 7) Экстракция и подбор растворителя.
- 8) Типы отстойников, интенсификация процессов отстаивания.
- 9) Процесс фильтрования.
- 10) Процесс осветления.
- 11) Процесс сгущения.
- 12) Типы фильтров и принцип их работы.
- 13) Дистиллят и его свойства.
- 14) Ректификат и его свойства.
- 15) Типы отстойников.
- 16) Типы фильтров для фильтрования жидкости.
- 17) Типы фильтров для фильтрования пылегазовой смеси.

6.4 Индивидуальное задание

Для заданного цеха подобрать материал по:

1. Описанию технологических процессов, которые осуществляются в цеху.

2. Описанию аппаратов, используемых в этих технологических процессах.

3. Материал оформить в виде презентаций с использованием текста, рисунков, схем и т.д. Рисунки и схемы обязательно.

Можно делать несколько презентаций, отдельно по каждому технологическому процессу (в зависимости от объема информации).

Предоставить список источников.

Задание:

Вариант № 1 Угледобготовительный цех

Вариант № 2 Коксовый цех

Вариант № 3 Цех улавливания химических продуктов

Вариант № 4 Цех очистки газа от сернистых соединений

Цех ректификации

Вариант № 5 Смолоперегонный цех

Вариант № 6 Пекококсовый цех

6.5 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Варианты заданий для студентов очной формы обучения

Тема 1 Общие понятия химической технологии

1) В чем заключаются предмет, задачи и содержание курса «Процессы и аппараты химической технологии»?

2) Каким образом классифицируются процессы и аппараты химической технологии на основании кинетической закономерности?

3) Что является движущей силой гидромеханических, тепловых и массообменных процессов?

4) Каким образом можно определить число параметров, определяющих равновесие рассматриваемого процесса?

5) Какие параметры включены в условия однозначности?

6) В чем заключается теорема Кирпичева — Гухмана?

7) Что позволяет анализ процесса с позиции теории подобия?

Задание 1. Определить характер движения воды в трубе диаметром $44,5 \times 2,5$ мм при температуре $t = 30$ °С. Расход воды V м³/ч.

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|----------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| V , м ³ /ч | 4,5 | 4,8 | 5,0 | 5,2 | 5,4 | 5,6 | 5,8 | 6,0 | 6,2 | 6,4 |

Тема 2 Гидромеханические процессы и аппараты

- 1) Что является предметом изучения гидромеханики?
- 2) Какими основными свойствами и параметрами характеризуется реальная жидкость?
- 3) Какими видами энергии обладают покоящиеся и движущиеся жидкости?
- 4) Какие критерии относятся к критериям гидродинамического подобия?
- 5) Какие гидродинамические режимы течения вязкой жидкости различают?
- 6) Как определяется гидравлическое сопротивление трубопровода?
- 7) Какими параметрами характеризуется движение жидкости через неподвижные, пористые и зернистые слои?
- 8) Что характеризует кривая псевдооживления?
- 9) Каковы назначение трубопроводов и их устройство?
- 10) На чем основана классификация гидравлических машин?
- 11) Какими параметрами характеризуется работа гидравлических машин?
- 12) Какие типы насосов относятся к динамическим насосам насосам объемного типа?
- 13) На чем основана классификация компрессорных машин?
- 14) Какие гетерогенные системы существуют?
- 15) Что такое инверсия фаз?
- 16) Что называется внутренней (дисперсной) фазой?
- 17) На чем основывается принцип выбора метода и аппаратуры для разделения конкретных гетерогенных систем?
- 18) Каков физический смысл разделения в поле сил тяжести (отстаивания)?
- 19) Каким образом рассчитывается скорость осаждения частицы при отстаивании?
- 20) Каким образом требуемая площадь поверхности отстойника связана с его производительностью?
- 21) Каков физический смысл процесса фильтрования?
- 22) Какие основные типы фильтров применяются в промышленности?
- 23) Какие фильтрующие материалы используют в промышленности и какие требования к ним предъявляются?
- 24) Каков физический смысл центробежного фактора разделения?
- 25) Какие типы центрифуг существуют?
- 26) В чем заключается принцип работы циклонов и гидроциклонов?
- 27) На чем основывается процесс осаждения газовых неоднородных систем в электрическом поле?
- 28) Какие типы мокрых пылеуловителей существуют?
- 29) Какими достоинствами обладает скруббер Вентури?
- 30) Каковы цели осуществления процесса перемешивания в жидких

средах?

- 31) Какие способы перемешивания в жидких средах существуют?
- 32) С какой целью у внутренних стенок аппарата устанавливаются радиальные перегородки?
- 33) Каким образом характеризуют эффективность и интенсивность перемешивания?
- 34) Какие факторы и как именно влияют на величину мощности, затрачиваемую на механическое перемешивание?
- 35) Какие конструкции механических мешалок существуют?

Задание 1. По прямой трубе диаметром $d=50$ мм и длиной $L_0 = 10$ м движется нефть в количестве $V = 7$ м³/ч. Потери давления составляют 19600 Па. Как изменится потеря давления в трубе, если расход жидкости V м³/ч. станет равным V_1 м³/ч, длина трубопровода L м, диаметр трубы будет увеличен до d_1 мм

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| V_1 , м ³ /ч | 14 | 16 | 18 | 14 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 |
| d_1 , мм | 100 | 200 | 150 | 100 | 80 | 100 | 200 | 150 | 80 | 100 |
| L , м | 15 | 20 | 25 | 15 | 22 | 24 | 26 | 15 | 12 | 14 |

Примечание: коэффициент кинематической вязкости нефти $\nu = 2,5 \cdot 10^{-4}$ м²/с.

Задание 2. Определить диаметр и гидравлическое сопротивление циклона по следующим данным: расход запыленного газа V м³/ч (при 0 °С и 760 мм. рт. ст.), температура 100 °С, наименьший диаметр частиц пыли d мкм.

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------|--------|--------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-------|----------------|
| № вар. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| V , м ³ /ч | 5200 | 5400 | 5600 | 5800 | 6000 | 5300 | 5350 | 5150 | 5100 | 5250 |
| Газ | азот | аммиак | аргон | бензол | бутан | H ₂ | SO ₂ | CO ₂ | CO | O ₂ |
| № вар. | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| V , м ³ /ч | 5250 | 5450 | 5650 | 5850 | 6050 | 5350 | 5380 | 5380 | 5280 | 5380 |
| Газ | пентан | метан | пропан | CS ₂ | H ₂ S | этан | гелий | H ₂ | аргон | ацетилен |
| № вар. | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| V , м ³ /ч | 6360 | 6480 | 6680 | 6800 | 6880 | 6380 | 6350 | 6180 | 6300 | 6250 |
| Газ | бутан | метан | этан | бензол | аргон | H ₂ | SO ₂ | CO ₂ | CO | O ₂ |

Тема 3 Основы теплопередачи

- 1) Что является движущей силой тепловых процессов?
- 2) Какие механизмы тепла существуют?
- 3) От чего зависит коэффициент теплопроводности?
- 4) В чем состоит различие между естественной и вынужденной конвекцией?
- 5) От каких параметров наиболее существенно зависит коэффициент теплоотдачи?

- 6) Какие критерии относятся к критериям теплового подобия и каков их физический смысл?
- 7) На чем основывается механизм передачи тепла излучением?
- 8) В чем заключается сущность процесса теплопередачи?
- 9) Как определяется средняя движущая сила процесса теплопередачи?
- 10) Какие теплоизоляционные материалы применяются в промышленности?
- 11) Какие источники энергии относятся к первичным и вторичным?
- 12) Какие основные мероприятия направлены на повышение эффективности использования и экономии сырьевых и топливно-энергетических ресурсов?
- 13) Какие горячие теплоносители могут быть использованы в процессах нагрева?
- 14) Какие теплоносители могут быть использованы в процессах охлаждения?
- 15) Какие требования предъявляются к современной теплообменной аппаратуре?
- 16) На какие типы делятся теплообменники по принципу действия?
- 17) Какова последовательность расчета поверхности теплообменных аппаратов?
- 18) Каковы цель и способы компенсации температурных удлинений в кожухотрубных теплообменниках?
- 19) В чем заключается сущность процесса выпаривания?
- 20) Какие основные свойства растворов учитываются при расчете процессов выпаривания?
- 21) Какие способы и методы выпаривания существуют?
- 22) По какому принципу классифицируют выпарные аппараты?
- 23) В чем заключается процесс простого выпаривания?
- 24) Каковы сущность и особенности многократного выпаривания?
- 25) Каким образом определяются общая и полезная разности температур для процессов выпаривания?
- 26) Из чего складываются температурные потери (депрессии) в выпарных установках?
- 27) Из каких соображений распределяется полезная разность температур в многокорпусных установках?
- 28) Какова область применения адиабатных выпарных установок?
- 29) В чем заключаются особенности применения выпарных установок с тепловым насосом?
- 30) Какие виды хладагентов используются при осуществлении процесса умеренного охлаждения?
- 31) Какие холодильные машины могут применяться для осуществления процессов умеренного охлаждения?

32) В чем заключаются циклы с «влажным» и «сухим» ходом компрессора в парокompрессионных установках?

33) Какие основные параметры характеризуют работу парокompрессионной установки?

34) Каковы принципы и особенности эксплуатации абсорбционных холодильных установок?

35) В чем заключается принцип работы парэжекторных холодильных установок?

Задание 1. Определить поверхность теплопередачи горизонтального кожухотрубчатого теплообменника для нагрева G кг/ч жидкости от температуры $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ до температуры кипения $t_{\text{кип}}$ при атмосферном давлении. Нагрев произвести насыщенным водяным паром давлением $P_{\text{абс}}$. Коэффициент теплопередачи $K=1280\text{ Вт/м}^2\text{К}$.

| № задачи | Жидкость | G , кг/ч | $t_{\text{кип}}$, $^{\circ}\text{C}$ | $P_{\text{абс}}$, ат |
|----------|--------------------------|------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Вода | 30000 | 100 | 2 |
| 2. | Бензол | 30000 | 80,2 | 2 |
| 3. | Толуол | 30000 | 110,8 | 2 |
| 4. | Метиловый спирт | 28000 | 64,7 | 2 |
| 5. | Этиловый спирт | 26000 | 78,3 | 2 |
| 6. | Хлороформ | 25000 | 61,2 | 2 |
| 7. | Сероуглерод | 30000 | 46,3 | 2 |
| 8. | Четыреххлористый углерод | 30000 | 76,7 | 2 |
| 9. | Этилацетат | 26000 | 77,15 | 2 |
| 10. | Бутиловый спирт | 28000 | 117,7 | 2 |
| 11. | Толуол | 25000 | 110,8 | 3 |
| 12. | Вода | 35000 | 100 | 3 |
| 13. | Бутиловый спирт | 38000 | 117,7 | 3 |
| 14. | Хлороформ | 15000 | 61,2 | 3 |
| 15. | Сероуглерод | 20000 | 46,3 | 3 |
| 16. | Четыреххлористый углерод | 20000 | 76,7 | 3 |
| 17. | Этилацетат | 30000 | 77,15 | 3 |
| 18. | Метиловый спирт | 20000 | 64,7 | 1,2 |
| 19. | Этиловый спирт | 20000 | 78,3 | 1,2 |
| 20. | Бензол | 20000 | 80,2 | 1,4 |
| 21. | Метилацетат | 30000 | 57,5 | 1,2 |
| 22. | Ацетон | 32000 | 56 | 1,2 |
| 23. | Вода | 15000 | 100 | 1,6 |
| 24. | Бензол | 18000 | 80,2 | 1,6 |
| 25. | Толуол | 15000 | 110,8 | 1,6 |
| 26. | Метилацетат | 20000 | 57,5 | 1,6 |
| 27. | Этилацетат | 20000 | 77,15 | 1,6 |
| 28. | Ацетон | 15000 | 56 | 1,4 |
| 29. | Хлороформ | 25000 | 61,2 | 1,2 |
| 30. | Сероуглерод | 12000 | 46 | 1,2 |

Тема 4 Основы массопередачи

- 1) Какие технологические процессы называются массообменными (диффузионными)?
- 2) Какие процессы относятся к массообменным процессам?
- 3) Какие способы выражения состава двухкомпонентных смесей существуют?
- 4) Что понимается под равновесием массообменного процесса?
- 5) Какие способы взаимодействия распределяющих фаз существуют в процессе массопередачи?
- 6) Каким образом осуществляется перенос вещества между фазами в процессе массопередачи?
- 7) От чего зависит коэффициент молекулярной диффузии?
- 8) Какова связь между коэффициентами массопередачи и коэффициентами массоотдачи?
- 9) Какие критерии относятся к критериям подобия процессов массопередачи и каков их физический смысл?
- 10) Каким образом определяется средняя движущая сила массообменных процессов?
- 11) С какой целью используются модифицированные уравнения массопередачи?
- 12) В чем заключается особенность массопередачи в системах с твердой фазой?
- 13) В чем заключаются физический смысл и особенности процесса абсорбции?
- 14) Какими основными законами характеризуется равновесие в процессах абсорбции?
- 15) Какие принципиальные схемы абсорбции существуют?
- 16) В каких случаях применяют схемы абсорбции с частичной рециркуляцией жидкости (газа)?
- 17) Каким образом может осуществляться процесс десорбции?
- 18) Какие основные типы абсорберов существуют?
- 19) В чем состоит назначение насадки в абсорберах?
- 20) Какие гидравлические режимы работы насадочных колонн наблюдаются в зависимости от скорости подачи газа (пара)?
- 21) В чем заключаются физический смысл и назначение процессов дистилляции и ректификации?
- 22) Каким образом осуществляется графическое выражение условий равновесия между паром и жидкостью в процессе ректификации?
- 23) Какие технологические способы осуществления процесса дистилляции существуют?
- 24) Какова схема устройства непрерывно действующей ректификационной установки?

- 25) Что характеризует и как определяется оптимальное флегмовое число при работе непрерывно действующей ректификационной установки?
- 26) Какие режимы работы периодически действующих ректификационных установок существуют?
- 27) В чем заключается принцип экстрактивной и азеотропной ректификации?
- 28) Какие типы ректификационных аппаратов используют в промышленности?
- 29) В чем заключаются принцип и назначение процессов экстракции?
- 30) Какие требования предъявляются к экстрагентам (растворителям) в процессах жидкостной экстракции?
- 31) Какому закону подчиняется равновесие в процессах жидкостной экстракции?
- 32) Какие основные конструкции жидкостных экстракторов применяются в промышленности?
- 33) Какие принципиальные схемы жидкостной экстракции используются в промышленности?
- 34) В чем заключаются принцип и особенности процесса экстрагирования?
- 35) В чем заключаются принцип и назначение процессов адсорбции и ионного обмена?
- 36) Каким образом описываются условия равновесия в процессах адсорбции и ионного обмена?
- 37) Каков физический смысл статической и динамической активностей адсорбента?
- 38) Какие параметры влияют на активность адсорбента?
- 39) Какие вещества используются в качестве адсорбентов и ионообменных смол?
- 40) Каким образом осуществляется регенерация адсорбентов и ионитов?
- 41) Какие основные типы аппаратов применяются для проведения процессов адсорбции и ионного обмена?
- 42) В чем заключаются назначение и основные принципы процесса сушки?
- 43) Какие виды сушки различают по способу подвода теплоты к влажному материалу?
- 44) Какими параметрами определяется равновесие в процессе сушки?
- 45) Каким образом выражается концентрация влаги в различных материалах?
- 46) Какими периодами определяется кинетика процесса конвективной сушки?
- 47) Каково назначение диаграммы состояния влажного воздуха (диаграмма Рамзина)?

48) Какие принципиальные схемы конвективной сушки существуют и как они изображаются на диаграмме $i-x$?

49) Какие основные типы контактных и конвективных сушилок существуют?

50) В чем заключаются назначение и основные принципы процесса кристаллизации?

51) Какие способы процесса кристаллизации используются в промышленности?

52) Каким образом записываются материальные и тепловые балансы процессов кристаллизации?

53) Какие типы аппаратов используются для осуществления процесса кристаллизации?

54) В чем заключается сущность процесса мембранного разделения?

55) Какие процессы относятся к мембранным?

56) Какие типы мембран используются в промышленности?

57) Какие факторы оказывают основное влияние на процесс мембранного разделения?

58) Какие типы аппаратов используются для осуществления процессов мембранного разделения?

Задание 1. Рассчитать диаметр и высоту насадки абсорбера для улавливания из воздуха компонента A поглотителем B . Расход газовой смеси в рабочих условиях V ($\text{м}^3/\text{ч}$) с концентрацией компонента A , объемн.), степень улавливания составляет $C_{\text{п}}$ (%). Концентрация компонента A в поглотителе B на входе в абсорбер $X_{\text{н}} = 0$ [$\text{кмоль } A / \text{кмоль } B$], а на выходе составляет φ % от максимально возможной в данных условиях, т.е. от равновесной с входящим газом. Уравнение линии равновесия имеет вид $Y^* = f(X)$, где Y [$\text{кмоль } A / \text{кмоль воздуха}$], X [$\text{кмоль } A / \text{кмоль } B$]. Скорость газа в абсорбере w м/с, коэффициент смоченности насадки $\psi = 0,88$. В качестве насадки используются кольца Рашига размером 25 x 25 x 3мм, давление в колонне P МПа и температура 20°C . Средний коэффициент массопередачи K_y

$$\frac{\text{кг}}{(\text{кг } A / (\text{м}^2 \text{ с } \text{кг} \cdot \text{инертного} \cdot \text{газа}))}$$

| Вариант | A | B | V м ³ /ч | $C_{\text{ун}}$ % | $C_{\text{п}}$ % | φ % | $Y^* = f(X)$ | w , м/с | K_y | P МПа |
|---------|--------|------|------------------------|----------------------|---------------------|-------------|--------------|--------------|-------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Аммиак | Вода | 1400 | 6 | 80 | 60 | $Y^* = 1,8X$ | 0,2 | 0,5 | 0,12 |
| 2 | | | 1600 | 7 | 90 | 65 | | 0,3 | 0,6 | 0,14 |
| 3 | | | 1800 | 8 | 85 | 70 | $Y^* = 1,2X$ | 0,4 | 0,5 | 0,16 |
| 4 | | | 2000 | 5 | 82 | 64 | | 0,5 | 0,7 | 0,12 |
| 5 | | | 2200 | 7 | 84 | 66 | | 0,6 | 0,65 | 0,14 |
| 6 | | | 2400 | 6 | 86 | 70 | | 0,7 | 0,35 | 0,22 |

| | | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|------|----------------------|------|------|----|--------------|--------------|-------------|-------|
| 7 | Ацетон | Вода | 4000 | 5,6 | 96 | 60 | $Y^* = 1,6X$ | 0,90 | 0,7 | 0,10 |
| 8 | | | 4500 | 7,8 | 94 | 65 | | 0,82 | 0,8 | 0,12 |
| 9 | | | 5000 | 9,6 | 95 | 70 | | 0,74 | 0,9 | 0,14 |
| 10 | | | 5500 | 6,5 | 92 | 64 | | 0,65 | 0,88 | 0,12 |
| 11 | | | 5600 | 8,2 | 88 | 66 | | 0,55 | 0,86 | 0,14 |
| 12 | | | 5800 | 8,4 | 86 | 70 | | 0,65 | 0,84 | 0,12 |
| 13 | Дву окись углерода | Вода | 3000 | 30 | 86 | 60 | $Y^* = 1,5X$ | 0,1 | 0,52 | 0,22 |
| 14 | | | 4000 | 32 | 84 | 65 | | 0,2 | 0,65 | 0,18 |
| 15 | | | 4500 | 28 | 85 | 70 | | 0,4 | 0,55 | 0,16 |
| 16 | | | 4800 | 26 | 82 | 64 | $Y^* = 1,7X$ | 0,3 | 0,72 | 0,2 |
| 17 | | | 5000 | 28 | 84 | 66 | | 0,4 | 0,65 | 0,22 |
| 18 | | | 5400 | 30 | 86 | 70 | | 0,5 | 0,35 | 0,16 |
| 19 | Этило вый спирт | Вода | 2800 | 4 | 80 | 60 | $Y^*=1,43X$ | 0,1 | 0,52 | 0,2 |
| 20 | | | 2700 | 6 | 82 | 65 | | 0,2 | 0,65 | 0,4 |
| 21 | | | 3000 | 8 | 83 | 70 | | 0,4 | 0,55 | 0,6 |
| 22 | | | 3200 | 5 | 84 | 64 | | $Y^* = 1,6X$ | 0,3 | 0,72 |
| 23 | | | 3400 | 4 | 84 | 66 | 0,4 | | 0,65 | 0,15 |
| 24 | | | 3600 | 6 | 86 | 70 | 0,5 | | 0,35 | 0,14 |
| 25 | | | 5800 | 8,4 | 86 | 70 | 0,65 | | 0,84 | 0,12 |
| 26 | | | Дву окись серы | Вода | 6000 | 5 | 87 | 68 | $Y^*=1,76X$ | 0,7 |
| 27 | | | 5600 | 6 | 88 | 70 | | 0,8 | 0,65 | 0,14 |
| 28 | | | 4600 | 5,5 | 89 | 66 | | 0,62 | 0,65 | 0,16 |
| 29 | | | 3400 | 6,2 | 90 | 65 | | 0,65 | 0,50, | 0,125 |
| 30 | | | 32-00 | 6,4 | 87 | 68 | | 0,58 | 0,72 | 0,13 |

Тема 5 Измельчение твердых материалов

- 1) Какова основная цель проведения процесса измельчения?
- 2) В чем основное различие стадий дробления и измельчения?
- 3) Какие способы измельчения твердых тел применяются в промышленности?
- 4) Какие основные схемы измельчения существуют?
- 5) По каким показателям осуществляют классификацию оборудования для измельчения?
- 6) Какие устройства используются для осуществления процесса измельчения?
- 7) В чем заключается сущность механохимической активации?
- 8) Какова основная цель процесса классификации твердых материалов?
- 9) Какие существуют основные способы классификации?
- 10) Какие способы гранулометрического анализа существуют?
- 11) Каковы принципы работы, основные типы и устройство грохотов?
- 12) Каковы принцип действия и устройство гидравлических и воздушных классификаторов?

13) Какие основные типы дозирующих устройств существуют и каков принцип их работы?

14) Какие смешивающие устройства твердых материалов используются в промышленности?

15) Какие основные принципы используются при классификации подъемно-транспортных устройств?

16) Какие устройства для перемещения твердых материалов используются в промышленности?

Задание 1. Рассчитать непрерывно действующий отстойник с гребковой мешалкой для осветления суспензии речной песок (кварц) – вода. Количество суспензии $G_{см}$, т/ч. Содержание твердой фазы в суспензии $X_{см}$ %, в осадке (в сгущенной суспензии) $X_{ос}$ %, в очищенной сплошной фазе $X_{оч}=3\%$. Температура суспензии t °С. Диаметр наименьших частиц, подлежащих осаждению $d = 35$ мкм. Определить: производительность отстойника по твердой фазе $G_{ос}$ и по очищенной сплошной фазе $G_{оч}$; скорость осаждения $w_{ос}$, м/с; площадь осаждения отстойника $F_{ос}$, м².

| № варианта | Расход исходной суспензии, $G_{см}$, т/ч | Температура суспензии t °С. | Содержание твердой фазы в суспензии, $\bar{X}_{см}$ % | Содержание твердой фазы в шламе, $\bar{X}_{ос}$ % |
|------------|-------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 20 | 22 | 12 | 36 |
| 2 | 19 | 25 | 16 | 35 |
| 3 | 16 | 15 | 9 | 34 |
| 4 | 22 | 16 | 12 | 40 |
| 5 | 24 | 18 | 14 | 32 |
| 6 | 15 | 15 | 16 | 44 |
| 7 | 18 | 16 | 20 | 42 |
| 8 | 20 | 20 | 10 | 40 |
| 9 | 22 | 26 | 9 | 35 |
| 10 | 18 | 20 | 8 | 34 |
| 11 | 14 | 22 | 12 | 36 |
| 12 | 19 | 25 | 16 | 35 |
| 13 | 15 | 15 | 9 | 34 |
| 14 | 12 | 16 | 12 | 40 |
| 15 | 13 | 18 | 14 | 32 |
| 16 | 19 | 15 | 16 | 44 |
| 17 | 20 | 16 | 12 | 42 |
| 18 | 21 | 20 | 10 | 40 |
| 19 | 22 | 26 | 9 | 35 |
| 20 | 23 | 20 | 8 | 34 |
| 21 | 12 | 24 | 10 | 40 |
| 22 | 16 | 22 | 9 | 38 |
| 23 | 20 | 22 | 12 | 36 |
| 24 | 19 | 25 | 16 | 35 |
| 25 | 24 | 18 | 14 | 32 |
| 26 | 15 | 15 | 16 | 44 |

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| 27 | 18 | 16 | 20 | 42 |
| 28 | 20 | 20 | 10 | 40 |
| 29 | 22 | 26 | 9 | 35 |
| 30 | 18 | 20 | 8 | 34 |

6.6 Вопросы для подготовки к зачету (6 семестр)

- 1) В каких процессах используется осаждение частиц?
- 2) Какие силы действуют на частицу, движущуюся в газообразной или жидкой среде?
- 3) От чего зависит сила сопротивления среды?
- 4) При каких условиях наблюдается ламинарный режим движения?
- 5) Приведите формулу закона Стокса.
- 6) При каких условиях наступает турбулизация движения?
- 7) Приведите формулу закона Ньютона.
- 8) Какие существуют режимы обтекания частицы средой?
- 9) Какие системы называются неоднородными системами?
- 10) Приведите примеры неоднородных систем.
- 11) Какие системы называются суспензиями?
- 12) Какие различают виды суспензий?
- 13) Дать определение осаждения.
- 14) Дать определение отстаивания.
- 15) Что представляет собой шлам (отстой)?
- 16) Дать определение слива.
- 17) Какие виды отстаивания Вы знаете?
- 18) Для каких целей используют процесс осветления?
- 19) Для каких целей используют процесс сгущения?
- 20) Какие виды отстойников Вы знаете?

6.7 Вопросы для подготовки к экзамену (7 семестр)

- 1) Из каких элементов состоит отстойник с гребковым механизмом?
- 2) Какие типы отстойников применяются для интенсификации процесса отстаивания?
- 3) За счет чего можно интенсифицировать процесс отстаивания?
- 4) Что является внешним проявлением консолидированного осаждения суспензии?
- 5) Чем определяются закономерности отстаивания?
- 6) Что представляет собой лимитирующий слой?
- 7) Какие зоны фиксируются в аппаратах отстаивания?
- 8) Зависит ли время уплотнения от формы и размеров сосуда?
- 9) От чего зависит время уплотнения, необходимое для получения требуемой концентрации твердой фазы в шламе?
- 10) От чего зависит время пребывания твердой фазы в аппарате?
- 11) Благодаря чему наблюдается увеличение концентрации твердой фазы в сгустителе в направлении сверху вниз?

- 12) От чего зависит скорость фильтрации?
- 13) От чего зависит движущая сила фильтрования?
- 14) Как обеспечить постоянную скорость фильтрования?
- 15) Как влияет объемная концентрация на скорость фильтрования?
- 16) Назовите типы фильтров и их принцип работы.
- 17) Назовите преимущества различных типов фильтров.
- 18) Для чего применяется перегонка с водяным паром?
- 19) Как рассчитывается концентрация кубового остатка, если известна концентрация дистиллята?
- 20) Что такое дистиллят?
- 21) Назовите преимущества и недостатки перегонки с водяным паром по сравнению с простой перегонкой.
- 22) Как вычислить концентрацию дистиллята, если известна концентрация кубового остатка?

6.6 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендованная литература

Основная литература

1. Общая химическая технология. Ч.1. Химические процессы и реакторы: учебное пособие / составители Ю. Б. Швалёв, Д. А. Горлушко. – 2-е изд. – Томск: Томский политехнический университет, 2019. – 187 с. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/96108.html>

Дополнительная литература

1. Основы химических производств [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т.В. Левенец, А.В. Горбунова, Т.А. Ткачева. – Электрон. текстовые данные. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. – 122 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/54136.html>

2. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс : [Электронный ресурс] : в 2 кн. / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.] ; Под ред. В. Г. Айнштейна. – 5-е изд. (эл.). – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 1758 с. – Режим доступа: <https://studylib.ru/doc/2690524/processy-i-apparaty-himicheskoy-tehnologii.-obshhij-kurs>.

3. Поникаров, И.И. Расчёты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки: Примеры и задачи : учебное пособие для вузов / И.И. Поникаров, С. И. Поникаров, С. В. Рачковский. – М.: Альфа-М, 2008. – 717с. – Режим доступа: <https://djvu.online/file/YVOJsLsRpen4s>

4. Ефремов, Г. И. Моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учебник / Г.И. Ефремов. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 255 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>

5. Снарев, А.И. Расчеты машин и оборудования для добычи нефти и газа: учебно-практическое пособие [Электронный ресурс] / А.И. Снарев. – изд. 3-е, доп. – М.: Инфра-Инженерия, 2010. – 232 с. // ZNANIUM.COM: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>

Методическое обеспечение

1. Общая химическая технология и химические реакторы. Сборник задач: учебное пособие / Н. Ю. Санникова, А. С. Губин, Л. А. Власова [и др.]. Как вычислить концентрацию дистиллята, если известна концентрация кубового остатка? Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. – 60 с. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/119643.html>

2. Лабораторный практикум по процессам и аппаратам химической технологии: учебное пособие. Под ред. проф. Г.С. Дьяконова.– Казан. гос. технол. ун-т. Казань, 2005.– 236с. – URL:

<https://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=22881>

3. Материальные балансы химико-технологических процессов: методические указания для выполнения практических работ / Р.Х. Багманова, В.П. Дорожкин.– Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт ФГБОУ ВО «КНИТУ», 2012.– 73с. – URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1725628684&tld=ru&lang=ru&name=nchti_balans.pdf&text

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт.— Алчевск. — URL: library.dstu.education.– Текст: электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. – Белгород. – URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>.– Текст: электронный.

3. Консультант студента: электронно-библиотечная система.— Москва. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>.– Текст: электронный.

4. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система.– URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red.– Текст: электронный.

5. IPR BOOKS: электронно-библиотечная система.– Красногорск. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. – Текст: электронный.

6. ЭБС Издательства "Университетская библиотека онлайн" <http://e.lanbook.com/>

7. ЭБС Издательства "ЛАНЬ": [сайт]. – <https://e.lanbook.com/>

8. Цифровая библиотека IPR SMART: [сайт]. – <https://www.iprbookshop.ru/>

9. Национальная электронная библиотека: [сайт]. – <https://rusneb.ru/>

10. Российская Государственная Библиотека: [сайт]. – <https://diss.rsl.ru/>

11. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: [сайт]. – <https://cyberleninka.ru/>

12. Научная электронная библиотека eLIBRARY: [сайт]. – <https://elibrary.ru/defaultx.asp?/>

13. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» – <https://biblio.asu.edu.ru>

14. ЭБС «Университетская Библиотека Онлайн» <https://biblioclub.ru>

15. Информационно-библиотечный комплекс «Политех» <https://library.spbstu.ru>

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

| Наименование оборудованных учебных кабинетов | Адрес (местоположение) учебных кабинетов |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Интерактивная доска, компьютеры, планшеты, раздаточный материал для лабораторных работ, вытяжной шкаф, лабораторный стол преподавателя, лабораторные столы для студентов, учебный стенд, оборудование для лабораторных работ. Численность посадочных мест- 30 человек | 406 главный корпус Лаборатория общей химии |

Лист согласования РПД

Разработал
старший преподаватель кафедры
металлургических технологий
(должность)

 Е.Ю. Рамазанова
(подпись) (Ф.И.О.)

(должность)

(подпись) (Ф.И.О.)

(должность)

(подпись) (Ф.И.О.)

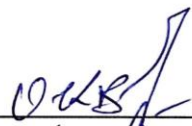
И.о. заведующего кафедрой
металлургических технологий

 Н.Г. Митичкина
(подпись) (Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
металлургических технологий

от 30.08.2024г.

И.о декана факультета горно-
металлургической промышленности
и строительства

 О.В. Князьков
(подпись) (Ф.И.О.)

Председатель методической
комиссии по направлению подготовки
18.03.01 «Химическая технология»
Профиль «Химическая технология
природных энергоносителей и
углеродных материалов»

 Н.Г. Митичкина
(подпись) (Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра

 О.А. Коваленко
(подпись) (Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений | |
| ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ: | ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ: |
| Основание: | |
| Подпись лица, ответственного за внесение изменений | |