

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Химический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Массообменные процессы и аппараты

Кафедра экологической химии и технологии
химический факультет

Образовательная программа
18.03.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль подготовки
Охрана окружающей среды и рациональное использование природных
ресурсов

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Форма обучения
Очная

Статус дисциплины: вариативная

Махачкала 2017

Рабочая программа дисциплины «Массообменные процессы и аппараты» составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 18.03.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (уровень бакалавриата)

«12» марта 2015г. № 227.

Разработчик: кафедра экологической химии и технологии, Исаев А.Б. - к.х.н., доцент


Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры экологической химии и технологии
от «25» января 2017г., протокол № 5

И.о. зав. кафедрой  Исаев А.Б.
(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета
от «17» февраля 2017г., протокол № 6

Председатель  Гасангаджиева У.Г.
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим

управлением «И» 04 2017г. 
(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Массообменные процессы и аппараты» входит в перечень обязательных дисциплин вариативной части образовательной программы бакалавриата по направлению 18.03.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Дисциплина реализуется на химическом факультете кафедрой экологической химии и технологии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с массообменными процессами и их теоретическим описанием, законы физического, химического, математического моделирования, которые позволяют конструировать машины и аппараты, усовершенствовать технологию и сам процесс.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: профессиональных - ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-17, ПК-18.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме контрольных работ, коллоквиумов и промежуточный контроль в форме зачета и экзамена.

Объем дисциплины 5 зачетных единиц, в том числе 180 академических часов по видам учебных занятий

| Семес тр | Учебные занятия | | | | | | СРС, в том числе экза мен | Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен) |
|-------------|--|------------|--------------------------|-----------------------------|-----|------------------|---------------------------------------|---|
| | в том числе | | | | | | | |
| | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | |
| | Всего | из них | | | | | | |
| | | Лек ции | Лабораторн ые занятия | Практиче ские занятия | КСР | консульта ции | | |
| 7 | 180 | 28 | 44 | | | | 108 | зачет, экзамен |

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Массообменные процессы и аппараты являются овладение методами теоретического расчета, проектирования и оптимизации массообменных процессов и аппаратов химико-технологических процессов; получение комплекса знаний, необходимых для осознанного и рационального использования в будущей профессиональной деятельности различных типов аппаратов и машин химико-технологических процессов.

Овладение массообменными процессами позволит студенту осуществлять в производственных условиях оптимальные технологические режимы, повышать производительность аппаратуры и улучшать качество продукции; даст возможность разрабатывать и применять более прогрессивные технологические схемы и аппараты при создании новых производств, правильно оценивать и реализовывать результаты лабораторных исследований кинетики конкретных процессов.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина Массообменные процессы и аппараты входит в перечень обязательных дисциплин вариативной части образовательной программы бакалавриата по направлению 18.03.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Изучение этой дисциплины начинается после прохождения студентами материала курса «Физика» «Прикладная механика», «Общая и неорганической химия», «Общая химическая технология», «Процессы и аппараты химической технологии».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

| Компетенции | Формулировка компетенции из ФГОС ВО | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) |
|-------------|---|---|
| ПК-1 | способностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции | Знать: основные принципы организации химической технологии, нефтехимии и биотехнологии; методы оценки этих производств и их воздействие на окружающую среду. Уметь: производить выбор аппарата и рассчитывать технологические параметры процесса с учетом реализации задач энерго- и ресурсосбережения Владеть: методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; методами анализа эффективности функционирования химических, нефтехимических и |

| | | |
|--------------|---|--|
| | | биохимических производств. |
| ПК-2 | способностью участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду | <p>Знать: основные методы обезвреживания и утилизации промышленных отходов, конструкции оборудования и инженерных сооружений для обезвреживания и утилизации промышленных отходов</p> <p>Уметь: выполнять необходимые технические и экономические расчеты по использованию той или иной схемы для обезвреживания опасных промышленных выбросов</p> <p>Владеть: навыками по расчетам аппаратов для практической деятельности с целью оценки эффективности работы проектируемого оборудования.</p> |
| ПК-7 | готовностью осваивать и эксплуатировать новое оборудование, принимать участие в наладивании, технических осмотрах, текущих ремонтах, проверке технического состояния оборудования и программных средств | <p>Знать: основные характеристики химических процессов, процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса; методы теоретического расчета, проектирования и оптимизации массообменных процессов и аппаратов химико-технологических процессов;</p> <p>Уметь: определять основные характеристики процессов; использовать математические модели процессов; определять параметры процессов в промышленных аппаратах.</p> <p>Владеть: методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы аппаратов; методами расчета типовых процессов химической технологии.</p> |
| ПК-17 | способностью участвовать в проектировании отдельных стадий технологических процессов с использованием современных информационных технологий | <p>Знать: теоретические основы химико-технологических процессов и устройство основных типов применяемых машин и аппаратов; общие принципы расчета и назначения технологических параметров химических процессов и методы подбора машин и аппаратов для их реализации.</p> <p>Уметь: выполнять расчеты основных размеров машин и аппаратов; рассчитывать оптимальные режимы процессов и подбирать необходимые для этого машины и аппараты.</p> <p>Владеть: методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; навыками работы со специальными программами.</p> |

| | | |
|--------------|--|---|
| ПК-18 | способностью проектировать отдельные узлы (аппараты) с использованием автоматизированных прикладных систем | <p>Знать: основы информационных технологий, основные возможности и правила работы с программными продуктами при решении профессиональных задач</p> <p>Уметь: применять программное обеспечение при решении задач охраны окружающей среды</p> <p>Владеть: навыками работы со специальными программами</p> |
|--------------|--|---|

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

| № п/п | Разделы и темы дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|--|--------------------------------------|---------|-----------------|--|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|---|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Контроль самост. раб. | | |
| Модуль 1. Теоретические основы массообменных процессов | | | | | | | | | |
| 1 | Классификация и общая характеристика | 7 | 1-2 | 4 | | 4 | | 8 | Устный опрос |
| 2 | Основные законы массопередачи | 7 | 3-4 | 4 | | 6 | | 10 | Устный опрос |
| | <i>Итого по модулю 1:</i> | | | 8 | | 10 | | 18 | Коллоквиум |
| Модуль 2. Абсорбция, адсорбция, перегонка и ректификация | | | | | | | | | |
| 1 | Абсорбция и адсорбция | 7 | 5-6 | 4 | | 6 | | 8 | Устный опрос |
| 2 | Перегонка и ректификация | 7 | 7-8 | 4 | | 6 | | 8 | Устный опрос |
| | <i>Итого по модулю 2:</i> | | | 8 | | 12 | | 16 | Коллоквиум |
| Модуль 3. Сушка и кристаллизация | | | | | | | | | |
| 1 | Сушка | 7 | 9-10 | 4 | | 6 | | 10 | Устный опрос |
| 2 | Кристаллизация | 7 | 11-12 | 4 | | 4 | | 8 | Устный опрос |
| | <i>Итого по модулю 3:</i> | | | 8 | | 10 | | 18 | Коллоквиум |
| Модуль 4. Экстракция и мембранные процессы | | | | | | | | | |
| 1 | Экстракция | 7 | 13-14 | 4 | | 6 | | 10 | Устный опрос |
| 2 | Мембранные процессы | 7 | 15-16 | 4 | | 6 | | 6 | Устный опрос |
| | <i>Итого по модулю 4:</i> | | | 8 | | 12 | | 16 | Коллоквиум |
| Модуль 5. Подготовка к экзамену | | | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------|-----------|--|-----------|------------|-----------------------|
| Подготовка к экзамену | 7 | 17-18 | | | | 36 | зачет, экзамен |
| <i>Итого по модулю 5:</i> | | | | | | 36 | зачет, экзамен |
| ИТОГО | | | 28 | | 44 | 108 | зачет, экзамен |

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1. Теоретические основы массообменных процессов

Тема 1. Классификация и общая характеристика. Классификация и общая характеристика. Способы выражения концентраций. Кинетика массопередачи. Основные уравнения массопередачи. Материальный баланс и движущая сила процессов. Модифицированные уравнения массопередачи. Число единиц переноса и степень изменения рабочей концентрации. Аналитический и графоаналитический методы определения числа единиц переноса.

Тема 2. Основные законы массопередачи. Основные законы массопередачи: первый и второй законы Фика, закон Шукарева. Коэффициент массоотдачи. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Критерии диффузионного подобия и критериальные уравнения. Вычисление коэффициентов массопередачи. Принципы и последовательность расчета основных размеров массообменных аппаратов.

Модуль 2. Абсорбция, адсорбция, перегонка и ректификация

Тема 3 .Абсорбция и адсорбция. Общая характеристика и назначение. Фазовое равновесие в системе «жидкость – газ». Законы Генри, Дальтона и Рауля. Уравнение фазового равновесия. Материальный баланс и кинетические закономерности. Принципиальные схемы абсорбционных установок. Последовательность расчета абсорбционных установок. Классификация и конструкции основных типов абсорберов. Назначение и основные особенности процесса. Характеристика и области применения основных типов адсорбентов. Равновесие в процессах адсорбции. Статика и кинетика адсорбции. Классификация и конструкция основных типов адсорберов. Принципиальные схемы адсорбционных установок. Ионообменные процессы и аппараты.

Тема 4. Перегонка и ректификация. Общая характеристика и назначение процессов. Фазовое равновесие в системе “жидкость-пар” и законы фазового равновесия. Диаграммы фазового равновесия и равновесных составов. Законы Коновалова. Идеальные и азеотропные жидкие смеси. Принципиальные схемы перегонных установок. Принцип ректификации и принципиальная схема ректификационного агрегата. Материальный и тепловой баланс процесса ректификации. Уравнения рабочих линий. Минимальное и рабочее флегмовые числа. Принципиальные схемы ректификационных установок. Последовательность расчета ректификационных установок. Классификация и конструкция основных типов ректификационных колонн.

Модуль 3. Сушка и кристаллизация

Тема 5 .Сушка. Общая характеристика и классификация методов сушки. Формы связи влаги в капиллярно-пористых телах. Равновесие в процессах сушки. Кинетика сушки и кинетические законы для первого и второго периодов. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Диаграмма состояния влажного воздуха (диаграмма Рамзина). Процессы изменения состояния воздуха. Принципиальные схемы процессов сушки и их изображение на диаграмме Рамзина. Классификация, принципы расчета и устройство сушилок

Тема 6. Кристаллизация. Общие сведения. Статика и кинетика процесса. Материальный и тепловой балансы процесса. Классификация и устройство основных типов кристаллизаторов.

Модуль 4. Экстракция и мембранные процессы

Тема 7 Экстракция. Принципиальная схема и последовательность проведения процесса. Характеристика физических свойств и функций сред – участников процесса. Коэффициент распределения и равновесие в процессах экстракции при полной и частичной растворимости фаз. Треугольная диаграмма и изображение на ней процессов экстракции при частичной растворимости фаз. Материальный баланс и кинетические закономерности процесса экстракции. Технологические схемы процессов экстракции. Классификация и конструкция основных типов экстракторов. Основные положения расчета. Экстрагирование. Назначение процесса. Статика и кинетика экстрагирования. Классификация и устройство основных типов аппаратов для экстрагирования.

Тема 8. Мембранные процессы. Классификация и назначение процессов. Баромембранные процессы. Теоретические основы разделения растворов обратным осмосом и ультрафильтрацией. Материальный баланс баромембранного процесса. Концентрационная поляризация. Истинная и наблюдаемая селективности мембраны. Расчет концентраций растворенных веществ в фильтрате и концентрате. Расчет площади поверхности мембраны. Методы создания полупроницаемых мембран. Классификация и устройство мембранных аппаратов.

Темы лабораторных работ

1. Изучение кинетики сушки
2. Построение изотермы адсорбции
3. Изучение процесса жидкостной экстракции
4. Исследование равновесия «Жидкость-пар» бинарной смеси
5. Исследование мембранных процессов электролизом сульфата натрия
6. Исследование процесса дистилляции
7. Определение параметров влажного воздуха
8. Расчет абсорбера

5. Образовательные технологии

Рекомендуемые образовательные технологии:

- ✓ на лекциях используется демонстративный материал в виде презентаций;
- ✓ решение ситуационных задач;
- ✓ расчетные работы выполняются студентами самостоятельно под контролем и с консультацией преподавателя.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с запланированными ошибками), определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 12 часов аудиторных занятий. При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация.

Для аттестации студентов по каждому модулю должны проводиться контрольные работы. В качестве итогового контроля проводится дифференцированный зачет.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы

1. Изучение рекомендованной литературы.
2. Поиск в интернете дополнительного материала
3. Подготовка к отчетам по лабораторным работам.
4. Решение экспериментальных и расчетных задач.
5. Подготовка к коллоквиуму.
6. Подготовка к зачету.
7. Подготовка к экзамену.

| № | Вид самостоятельной работы | Вид контроля | Учебно-методич. обеспечение |
|----|--|--|--|
| 1. | Подготовка к отчетам по лабораторным работам | Проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале и проработки вопросов к текущей теме по рекомендованной литературе. | См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа. |
| 2. | Решение экспериментальных и расчетных задач | Проверка домашних заданий. | См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа. |
| 3. | Подготовка к коллоквиуму | Промежуточная аттестация в форме контрольной работы. | См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа. |
| 4. | Подготовка к зачету. | Устный или письменный опрос | См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа. |
| 5. | Подготовка к экзамену. | Опрос по экзаменационным билетам | См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа. |

1. Текущий контроль: подготовка к отчетам по лабораторным работам.
2. Текущий контроль: решение экспериментальных и расчетных задач.
3. Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.

Текущий контроль успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения. Каждую неделю осуществляется проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале.

Промежуточный контроль проводится в форме контрольной работы, в которой содержатся теоретические вопросы и задачи.

Итоговый контроль проводится в виде устного экзамена.

Оценка «отлично» ставится за уверенное владение материалом курса.

Оценка «хорошо» ставится при полном выполнении требований к прохождению курса и умении ориентироваться в изученном материале.

Оценка «удовлетворительно» ставится при достаточном выполнении требований к прохождению курса и владении конкретными знаниями по программе курса.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если требования к прохождению курса не выполнены и студент не может показать владение материалом.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

| Компетенция | Знания, умения, навыки | Процедура освоения |
|-------------|--|--------------------------------|
| ПК-1 | Знать: основные принципы организации химической технологии, нефтехимии и биотехнологии; методы оценки этих производств и их воздействие на окружающую среду. | Устный опрос, письменный опрос |
| | Уметь: производить выбор аппарата и рассчитывать технологические параметры процесса с учетом реализации задач энерго- и ресурсосбережения | Письменный опрос |
| | Владеть: методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; методами анализа эффективности функционирования химических, нефтехимических и биохимических производств. | Мини-конференция |
| ПК-2 | Знать: основные методы обезвреживания и утилизации промышленных отходов, конструкции | Устный опрос, письменный опрос |

| | | |
|-------|---|--------------------------------|
| | оборудования и инженерных сооружений для обезвреживания и утилизации промышленных отходов | |
| | Уметь: выполнять необходимые технические и экономические расчеты по использованию той или иной схемы для обезвреживания опасных промышленных выбросов | Письменный опрос |
| | Владеть: навыками по расчетам аппаратов для практической деятельности с целью оценки эффективности работы проектируемого оборудования. | Мини-конференция |
| ПК-7 | Знать: основные характеристики химических процессов, процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса; методы теоретического расчета, проектирования и оптимизации массообменных процессов и аппаратов химико-технологических процессов; | Устный опрос, письменный опрос |
| | Уметь: определять основные характеристики процессов; использовать математические модели процессов; определять параметры процессов в промышленных аппаратах. | Письменный опрос |
| | Владеть: методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы аппаратов; методами расчета типовых процессов химической технологии. | Мини-конференция |
| ПК-17 | Знать: теоретические основы химико-технологических процессов и устройство основных типов применяемых машин и аппаратов; общие принципы расчета и назначения технологических параметров химических процессов и методы подбора машин и аппаратов для их реализации. | Устный опрос, письменный опрос |
| | Уметь: выполнять расчеты основных размеров машин и аппаратов; рассчитывать оптимальные режимы процессов и подбирать необходимые для этого машины и аппараты. | Письменный опрос |
| | Владеть методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; навыками работы со специальными программами. | Мини-конференция |
| ПК-18 | Знать: основы информационных | Устный опрос, |

| | | |
|--|--|------------------|
| | технологий, основные возможности и правила работы с программными продуктами при решении профессиональных задач | письменный опрос |
| | Уметь: применять программное обеспечение при решении задач охраны окружающей среды | Письменный опрос |
| | Владеть: навыками работы со специальными программами | Мини-конференция |

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

ПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|-----------|---|--|---|--|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Пороговый | Знать: основные принципы организации химической технологии, нефтехимии и биотехнологии; методы оценки этих производств и их воздействие на окружающую среду. | Демонстрирует частичные знания без грубых ошибок | Умеет применять знания в базовом (стандартном) объеме | Демонстрирует высокий уровень знаний |
| | Уметь: производить выбор аппарата и рассчитывать технологические параметры процесса с учетом реализации задач энерго- и ресурсосбережения | Демонстрирует частичные умения без грубых ошибок | Умеет применять знания в базовом (стандартном) объеме | Демонстрирует высокий уровень умений |
| | Владеть: методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; методами анализа эффективности функционирования химических, | Демонстрирует частичные владения без грубых ошибок | Владеет базовыми приемами | Демонстрирует владения на высоком уровне |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | нефтехимических и биохимических производств. | | | |
|--|--|--|--|--|

ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|-----------|--|--|---|--|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Пороговый | Знать: основные методы обезвреживания и утилизации промышленных отходов, конструкции оборудования и инженерных сооружений для обезвреживания и утилизации промышленных отходов | Демонстрирует частичные знания без грубых ошибок | Умеет применять знания в базовом (стандартном) объеме | Демонстрирует высокий уровень знаний |
| | Уметь: выполнять необходимые технические и экономические расчеты по использованию той или иной схемы для обезвреживания опасных промышленных выбросов | Демонстрирует частичные умения без грубых ошибок | Умеет применять знания в базовом (стандартном) объеме | Демонстрирует высокий уровень умений |
| | Владеть: навыками по расчетам аппаратов для практической деятельности с целью оценки эффективности работы проектируемого оборудования. | Демонстрирует частичные владения без грубых ошибок | Владеет базовыми приемами | Демонстрирует владения на высоком уровне |

ПК-7

Схема оценки уровня формирования компетенции «_____» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|---------|--|-------------------|--------|---------------|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Порогов | Знать: основные | Демонстрирует | Умеет | Демонстрирует |

| | | | | |
|----|---|--|---|--|
| БЙ | характеристики химических процессов, процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса; методы теоретического расчета, проектирования и оптимизации массообменных процессов и аппаратов химико-технологических процессов; | частичные знания без грубых ошибок | применять знания в базовом (стандартном) объеме | высокий уровень знаний |
| | Уметь: определять основные характеристики процессов; использовать математические модели процессов; определять параметры процессов в промышленных аппаратах. | Демонстрирует частичные умения без грубых ошибок | Умеет применять знания в базовом (стандартном) объеме | Демонстрирует высокий уровень умений |
| | Владеть: методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы аппаратов; методами расчета типовых процессов химической технологии. | Демонстрирует частичные владения без грубых ошибок | Владеет базовыми приемами | Демонстрирует владения на высоком уровне |

ПК-17

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью участвовать в проектировании отдельных стадий технологических процессов с использованием современных информационных технологий» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|--------------|---|--|---|--------------------------------------|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Пороговый БЙ | Знать: теоретические основы химико-технологических процессов и устройство основных типов применяемых машин и аппаратов; общие | Демонстрирует частичные знания без грубых ошибок | Умеет применять знания в базовом (стандартном) объеме | Демонстрирует высокий уровень знаний |

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | принципы расчета и назначения технологических параметров химических процессов и методы подбора машин и аппаратов для их реализации. | | | |
| | Уметь: выполнять расчеты основных размеров машин и аппаратов; рассчитывать оптимальные режимы процессов и подбирать необходимые для этого машины и аппараты. | Демонстрирует частичные умения без грубых ошибок | Умеет применять знания в базовом (стандартном) объеме | Демонстрирует высокий уровень умений |
| | Владеть методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; навыками работы со специальными программами. | Демонстрирует частичные владения без грубых ошибок | Владеет базовыми приемами | Демонстрирует владения на высоком уровне |

ПК-18

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью проектировать отдельные узлы (аппараты) с использованием автоматизированных прикладных систем» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|-----------|---|---|--|---|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Пороговый | Знать: основы информационных технологий, основные возможности и правила работы с программными продуктами при решении профессиональных задач | Знает основные правила «компьютерной гигиены», требования информационной безопасности применительно к профессиональной сфере деятельности | Знает типы операционных систем и основные возможности Microsoft Office для решения задач профессиональной сферы деятельности | Знает основные правила и приемы составления библиографических баз данных с использованием стандартного программного обеспечения |
| | Уметь: применять программное обеспечение при | Умеет использовать основные | Умеет использовать стандартное | Умеет использовать несколько |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| | решении задач охраны окружающей среды | функции наиболее распространенных программных продуктов при обработке экспериментальных данных | программное обеспечение при обработке экспериментальных данных | программных продуктов для обработки экспериментальных данных и докладов |
| | Владеть: навыками работы со специальными программами | Владеет начальными навыками работы со специальными программами | Владеет навыками работы со специальными программами | Хорошо владеет навыками работы со специальными программами |

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительной оценки по дисциплине быть не может.

7.3. Типовые контрольные задания

Контрольные вопросы

1. Основные виды массообменных процессов.
2. Типы переноса вещества.
3. Способы выражения состава фаз.
4. Молекулярная диффузия
5. Перенос вещества конвекцией и массоотдачей. Их различие.
6. Физический смысл коэффициента массоотдачи.
7. Дифференциальные уравнения переноса массы.
8. Подобие массообменных процессов.
9. Движущая сила массообменных процессов.
10. Классификация процессов массопередачи.
11. Расчет материальных балансов массообменных процессов со свободной границей раздела фаз.
12. Основные модели массопереноса (пленочная, диффузионного пограничного слоя, обновления поверхности фазового контакта).
13. Связь и различие коэффициентов массопередачи и массотдачи.
14. Расчет диаметра массообменных колон.
15. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений.
16. Понятие лимитирующей стадии процесса массопередачи.
17. Определение высоты массообменного аппарата с помощью уравнения массопередачи.
18. Определение высоты массообменного аппарата с помощью объемного коэффициента массопередачи. Физический смысл коэффициента массопередачи.
19. Определение высоты массообменного аппарата с помощью числа и высоты единиц переноса.
20. Определение высоты массообменного аппарата с помощью теоретической ступени изменения концентрации.

21. Понятие эффективности ступени (тарелки).
22. Определение числа действительных тарелок с помощью кинетической кривой.
23. Принцип процессов абсорбции и десорбции
24. Основные требования к абсорбционным аппаратам. Их классификация
25. Насадки для абсорбционных колонн со смоченной и активной поверхностями.
26. Материальный баланс абсорбции. Понятие о рабочей линии процессов абсорбции и десорбции.
27. Характеристика работы прямоточных и противоточных пленочных абсорберов.
28. Противоточные и прямоточные схемы работы насадочных абсорберов.
29. Закон Генри.
30. Принцип действия абсорбционных насадочных колонн. Методы улучшения смачиваемости насадок.
31. Тарельчатые абсорберы и их гидродинамический режим.
32. Тепловой баланс процесса абсорбции. Влияние температуры на положение линии равновесия.
33. Требования, предъявляемые к насадкам. Выбор насадки для конкретного процесса абсорбции.
34. Сравнительная характеристика распыливающих абсорберов.
35. Минимальный и оптимальный удельный расход абсорбента.
36. Виды насадок, используемых для обработки загрязненных сред.
37. Показатели, являющиеся основными при выборе конструкции абсорбера.
38. Принцип действия пленочных абсорберов.
39. Абсорбция с рециркуляцией абсорбента.
40. Порядок расчета абсорберов.
41. Простая перегонка. Виды простой перегонки.
42. Процесс перегонки с дефлегмацией. Преимущества по сравнению с простой перегонкой.
43. Материальный баланс простой перегонки. Определение количества кубового остатка, дистиллята и его состава при простой перегонке.
44. Сущность перегонки с водяным паром. Определение расхода острого пара на процесс.
45. Сущность молекулярной дистилляции. Её применение.
46. Принцип ректификации. Схема ректификационной колонны.
47. Законы Рауля и Дальтона и их использование при анализе и расчете процесса ректификации.
48. Законы Коновалова и Вревского.
49. Схема установки ректификации бинарной смеси.
50. Установка для непрерывного разделения трехкомпонентных смесей с помощью ректификации.
51. Аппараты для проведения процесса ректификации. Отличие от абсорберов. Дефлегматор.

52. Анализ работы ректификационной колонны графоаналитическим способом.
53. Материальный баланс ректификационной колонны для разделения бинарной смеси.
54. Уравнение рабочих линий для верхней и нижней части ректификационной колонны.
55. Флегмовое число. Минимальное и рабочее флегмовое число.
56. Тепловой баланс ректификационной колонны. Способы экономии расхода теплоты.
57. Определение оптимального флегмового числа.
58. Схема установки для проведения процесса периодической ректификации.
59. Определение высоты и диаметра ректификационной колонны периодического действия.
60. Экстрактивная и азеотропная ректификация. Целесообразность применения этих процессов.
61. Особенности расчета многокомпонентной ректификации.
62. Сущность процесса экстракции. Схема проведения и области применения.
63. Закон распределения в экстракции. Изотермы экстракции.
64. Треугольные диаграммы и построение равновесных кривых. Условия равновесия при частичной взаимной растворимости компонентов.
65. Выбор селективного растворителя при экстракции. Коэффициент селективности.
66. Материальный баланс жидкостной экстракции при взаимной нерастворимости и частичной взаимной растворимости компонентов. Рабочие линии этих процессов.
67. Принципы интенсификации жидкостной экстракции.
68. Одноступенчатая и многоступенчатая экстракция с перекрестным током растворителя.
69. Устройство и принцип работы смесительно-отстойных и распылительных экстракторов. Достоинства и недостатки.
70. Массоперенос с твердой фазой. Уравнение массоотдачи между жидкостью (газом) и твердой средой.
71. Области применения адсорбции.
72. Характеристика основных промышленных адсорберов.
73. Сущность статической и динамической активности адсорбентов. Адсорбционный потенциал.
74. Равновесие при адсорбции. Изотерма адсорбции.
75. Материальный баланс адсорбции.
76. Устройство и принцип работы адсорберов с неподвижным, псевдооживленным и плотным движущимся слоем адсорбента.
77. Методы регенерации адсорбентов.
78. Основы ионного обмена.
79. Сушка. Сущность конвективной, контактной, радиационной, сублимационной и диэлектрической сушки.

80. Абсолютная и относительная влажность воздуха. Влагосодержание и энтальпия влажного воздуха.
81. Виды связи влаги с материалом. Н-х диаграмма состояния влажного воздуха. Определение параметров влажного воздуха с помощью этой диаграммы.
82. Классификация сушилок.
83. Классификация и назначение мембранных процессов.
84. Баромембранные процессы.
85. Теоретические основы разделения растворов обратным осмосом и ультрафильтрацией.
86. Истинная и наблюдаемая селективности мембраны.
87. Классификация и устройство мембранных аппаратов.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 70% и промежуточного контроля - 30%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 15 баллов,
- выполнение лабораторных заданий - 20 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 20 баллов.
- тестирование – 15 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- письменная контрольная работа - 30 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учеб. для хим.-технол. специальностей вузов / А.Г. Касаткин. - Изд. 8-е, перераб. - М.: Химия, 1971. - 784 с.
2. Романков П.Г. Массообменные процессы химической технологии. Учебное пособие. - СПб: Химиздат, 2011. – 439 с. <http://www.biblioclub.ru/book/99360/>
3. Фролов В.Ф. Методы расчёта процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи). - СПб: Химиздат, 2010. – 544 с. <http://www.biblioclub.ru/book/98345/>
4. Фролов В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". - СПб: Химиздат, 2008. – 608 с. <http://www.biblioclub.ru/book/98347/>
5. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. В 2-х кн. Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. - М.: Химия, 1995. - 368 с. https://www.allbeton.ru/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D1%8B_%D0%B8_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%8B_%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1

[%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8_%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D1%8B_%D0%B8_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%8B_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C_2_\(%D0%B4%D1%8B%D1%82%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9\)](#)

6. Николаев Г.И., Блекус В.Г., Ухеев Г.Ж. и др. Лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты в химической технологии. Часть 2. Массообменные процессы» <http://window.edu.ru/resource/401/18401>

б) дополнительная литература:

1. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. В 2-х кн. Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. - М.: Химия, 1995. - 368 с.

2. Процессы и аппараты химической технологии. Часть II. Тепловые и массообменные процессы: Методические указания к лабораторным работам. Сост. О.А. Кокушкин, В.С. Куров, М.В. Завьялов; Под ред. О.А. Кокушкина; СПб. ГТУРП; 2005. - 36 с.

3. Общая химическая технология: Методология проектирования химико-технологических процессов : учеб. для студентов вузов / И. М. Кузнецова ; под ред. Х.Э. Харлампиدي. - Изд. 2-е, перераб. - СПб; М.; Краснодар: Лань 2013. - 447 с.

4. Общая химическая технология: Основные концепции проектирования химико-технологических систем: учеб. для студентов вузов / И.М. Кузнецова ; под ред. Х.Э. Харлампиدي. - Изд. 2-е, перераб. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2014. - 380 с.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. <http://elib.dgu.ru> Электронная библиотека ДГУ

2. http://window.edu.ru/window/catalogp_rid=59576 .

3. <http://www.twirpx.com/file/1001928>

4. <http://window.edu.ru/resource/369/76369>

5. Массообменные процессы и

аппараты. <http://www.twirpx.com/files/chidnustry/apparatus/mpa/>

6. <http://www.studfiles.ru/dir/download/14640.html>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам, для подготовки к занятиям представлен в разделе 8.

Лекционный курс. В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов, с целью формирования у студентов знаний и умений в области массообменных

процессов. В тетради для конспектирования лекций записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспекте рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникшие у студентов в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях, и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Студенту необходимо активно работать с конспектом лекций: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при подготовке к практическим занятиям экзамену, модульным контрольным, при выполнении самостоятельных заданий.

Лабораторные занятия. Перед началом лабораторных занятий, студент должен самостоятельно изучить методику выполнения и получить допуск у преподавателя. В ходе лабораторных занятий студент под руководством преподавателя выполняет лабораторные задания, позволяющие закрепить лекционный материал по изучаемой теме, научиться выполнять статистическую обработку полученных данных, научиться работать с методиками, руководящими документами, информацией различного уровня. Студент должен вести активную познавательную работу. Целесообразно строить ее в форме наблюдения, эксперимента и конспектирования. Важно научиться включать вновь получаемую информацию в систему уже имеющихся знаний. Необходимо также анализировать материал для выделения общего в частном и, наоборот, частного в общем.

Самостоятельная работа выполняется студентом в виде конспектирования первоисточника, закрепления материала при выполнении практических работ по теме. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет, экзамен). При этом проводится: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

| Разделы и темы для самостоятельного изучения | Виды и содержание самостоятельной работы |
|--|---|
| Теоретические основы массообменных процессов | -конспектирование первоисточников и другой учебной литературы; -проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях; -поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка; - работа с вопросами для самопроверки; |
| Абсорбция и адсорбция. | |
| Перегонка и ректификация. | |
| Сушка и кристаллизация | |
| Экстракция | |
| Мембранные процессы | |

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных

систем.

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Массообменные процессы и аппараты» используются следующие информационные технологии:

- Занятия компьютерного тестирования.
- Демонстрационный материал применением проектора и интерактивной доски.
- Компьютерные программы для статистической обработки результатов анализа.
- Программы пакета Microsoft Office

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

В соответствии с требованиями ФГОСЗ+ кафедра имеет специально оборудованную учебную аудиторию для проведения лекционных занятий по потокам студентов, помещения для лабораторных работ на группу студентов из 12-14 человек и вспомогательное помещение для хранения химических реактивов и профилактического обслуживания учебного и учебно-научного оборудования.

Помещение для лекционных занятий укомплектовано комплектом электропитания, специализированной мебелью и оргсредствами (доска аудиторная для написания мелом и фломастером, стойка-кафедра, стол лектора, стул-кресло, столы аудиторные двухместные (1 на каждые двух студентов), стул аудиторный (1 на каждого студента), а также техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком).

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, образцов, нормативных и технических документов и т.п.). Помещения лабораторных практикумов укомплектованы специальной учебно-лабораторной мебелью (столами с химически стойкими покрытиями), учебно-научным лабораторным оборудованием, измерительными приборами и химической посудой, в полной мере обеспечивающими выполнение требований программы по аналитической химии.

1. Весы аналитические Leki B1604, Pioneer.
2. Весы теххимические Leki B5002.
3. Дистиллятор А-10.
4. Вытяжной шкаф
5. Сушильный шкаф
6. Муфельная печь
7. Набор лабораторной посуды.
8. Необходимые реактивы.
9. Рефрактометр
10. Барометр
11. Психрометр