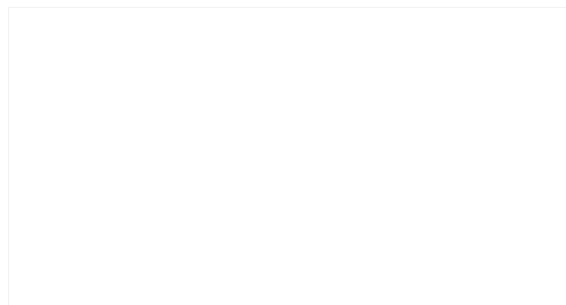


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический
университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
(ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

2.1.3. Процессы и аппараты химических технологий

Уровень высшего образования
ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Шифр и наименование научной специальности программы аспирантуры:

2.6.13 Процессы и аппараты химических технологий

Форма обучения

Очная

Санкт-Петербург
2022

Рабочая программа дисциплины *Процессы и аппараты химических технологий* составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиями их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденных приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 г. № 951.

Разработчики рабочей программы дисциплины:

| № | Фамилия, имя, отчество | Степень, звание, должность, место работы |
|---|------------------------------|--|
| 1 | Сорокин Владислав Валерьевич | Кандидат фармацевтических наук, доцент, заведующий кафедрой ПАХТ |

Рассмотрение и согласование рабочей программы дисциплины:

| № | Подразделение или коллегиальный орган | Ответственное лицо | ФИО | Виза | № протокола дата |
|---|---|---|------------------------------|-------------|---------------------------|
| 1 | Кафедра процессов и аппаратов химической технологии | Заведующий кафедрой, руководитель подразделения, реализующий ОП | Сорокин Владислав Валерьевич | Рассмотрено | Протокол №7 от 01.02.2022 |
| 2 | Кафедра процессов и аппаратов химической технологии | Ответственный за программу аспирантуры | Сорокин Владислав Валерьевич | Согласовано | Протокол №7 от 01.02.2022 |

Утверждение рабочей программы дисциплины:

| № | Подразделение или коллегиальный орган | Ответственное лицо | ФИО | Виза | № протокола дата |
|---|---------------------------------------|--------------------|---------------------------|------------|---------------------------|
| 1 | Экспертный научно-технический совет | Председатель ЭНТС | Флисюк Елена Владимировна | Утверждено | Протокол №1 от 31.03.2022 |

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

Формирование у обучающихся углублённых знаний и практических навыков, необходимых для осуществления высококвалифицированной профессиональной деятельности в области процессов и аппаратов химической технологии, а также решения профессиональных задач в области самостоятельной научно-исследовательской деятельности.

Задачи:

- изучение сущности и теоретических основ основных процессов химической технологии.
- изучение аппаратурно-технологического оформления основных процессов, принцип действия аппаратов.
- овладение методами расчёта основных процессов и аппаратов;
- оптимизация химико-технологических процессов

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Процессы и аппараты химических технологий» реализуется во втором семестре. Дисциплина «Процессы и аппараты химических технологий» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам изучения следующих дисциплин: 2.1.1. Иностранный язык, 2.1.2 История и философия науки, 2.1.7.1 Основы публикационной активности и поиска научной информации, 2.1.7.2 Основы научно-исследовательской деятельности. Дисциплина Процессы и аппараты химических технологий является базовой для освоения модуля 1.1. Научный компонент.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Таблица 1.

| Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы ее освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть) | Формы организации занятий | | | |
|--|---------------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------|
| | Лекции | Практические занятия / семинары | Лабораторные работы | Самостоятельная работа |
| 1. Знать теоретические основы гидромеханических, тепловых и массообменных процессов | + | | | + |
| 2. Знать методы расчёта основных процессов и аппаратов химической технологии | + | | | + |
| 3. Знать основные конструкции аппаратов для осуществления гидродинамических, тепловых и массообменных процессов и их принцип работы. | + | | | + |
| 4. Уметь обоснованно выбрать тип аппаратуры для осуществления процессов, рассчитать аппаратуру для его осуществления | + | | | + |
| 5. Владеть навыками самостоятельной работы с технологической литературой, справочными пособиями и стандартами | | | | + |

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 акад. часов).

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Таблица 2.

| № | Вид работы | Трудоёмкость, академических часов |
|---|--|--------------------------------------|
| | | 2 семестр |
| 1 | Лекции/из них в интерактивной форме | 16 |
| 2 | Практические занятия/из них в интерактивной форме | - |
| 3 | Семинарские занятия/из них в интерактивной форме | - |
| 4 | Консультации | 2 |
| 5 | Самостоятельная работа | 86 |
| 6 | Консультация перед экзаменом | 2 |
| 7 | Форма промежуточной аттестации (экзамен (кандидатский экзамен), зачет, дифференцированный зачет) | Э,2 |
| 8 | Всего часов | 108 |

4.2. Содержание дисциплины

Таблица 3.

| № n/n | Наименование раздела дисциплины (дидактической единицы) | Аннотированное содержание раздела дисциплины |
|----------|--|--|
| 1 | Гидромеханические процессы | <p>Современное состояние химической и других смежных с ней отраслями промышленности. Место и роль процессов и аппаратов химической технологии при проектировании технологий и производств. Общие вопросы прикладной гидравлики. Гидростатика. Гидродинамические режимы потоков. Уравнение движения жидкости (газа). Внутренняя задача гидродинамики. Гидродинамический пограничный слой. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Гидродинамические режимы. Гидравлическое сопротивление при движении тел в жидкостях (газах) Определение скоростей движения тел в жидкостях (газах). Смешанная задача гидродинамики Гидравлическое сопротивление неподвижных слоев зернистых (пористых) материалов. Псевдооживление твердых зернистых материалов. Гидравлическое сопротивление псевдооживленного слоя. Критические скорости псевдооживления.</p> <p>Гидродинамика барботажа. Гидродинамика пленочного течения. Диспергирование жидкостей. Понятие о неньютоновских жидкостях.</p> <p>Перемешивание жидких сред. Способы перемешивания. Затраты мощности на перемешивание.</p> <p>Транспортирование жидкостей. Насосы Основные параметры насосов Выбор насосов. Сжатие и транспортирование газов. Компрессоры.</p> <p>Разделение неоднородных систем Осаждение в поле силы тяжести, в поле центробежных сил в электрическом поле.</p> |

| | | |
|----|------------------------|--|
| | | <p>Скорости осаждения.</p> <p>Отстойники, циклоны (гидроциклоны), центрифуги, аппараты для очистки газов в электрическом поле.</p> <p>Фильтрование. Движущая сила. Уравнение фильтрования. Фильтрование в поле силы тяжести, в поле центробежных сил. Фильтры и фильтрующие центрифуги Расчет.</p> <p>Мокрая очистка газов. Принцип осуществления процесса Аппараты.</p> |
| 2 | Теплообменные процессы | <p>Механизмы переноса тепла.</p> <p>Теплопроводность. Законы Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности Теплопроводность стенок.</p> <p>Конвективный перенос тепла. Тепловой пограничный слой. Закон охлаждения Ньютона. Дифференциальное уравнение конвективного переноса тепла. Обобщённое критериальное уравнение процесса.</p> <p>Теплоотдача и теплопередача. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния теплоносителя. Теплоотдача с изменением агрегатного состояния теплоносителей.</p> <p>Тепловое излучение. Радиационные характеристики тел. Теплообмен излучением между твёрдыми телами. Особенности излучения газов и паров.</p> <p>Радиационно-конвективный теплообмен.</p> <p>Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Движущая сила теплопередачи.</p> <p>Промышленные теплоносители.</p> <p>Теплообменные аппараты. Классификация. Тепловой и гидродинамический расчет теплообменников.</p> <p>Выпаривание. Назначение процесса. Выпарные аппараты. Однокорпусное и многокорпусное выпаривание. Выпаривание с тепловым насосом. Схема многокорпусного выпаривания Порядок расчета многокорпусных выпарных установок.</p> |
| 3. | Массообменные процессы | <p>Механизмы переноса массы. Виды массообменных процессов. Массоотдача и массопередача. Классификация массообменных процессов по состоянию контакта фаз</p> <p>Массопередача в системах со свободной границей раздела фаз.</p> <p>Молекулярная диффузия. Первый закон Фика. Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии Критериальное уравнение.</p> <p>Конвективный перенос массы. Диффузионный пограничный слой Закон массоотдачи. Модели массопереноса. Дифференциальное уравнение конвективного переноса массы. Обобщенное критериальное уравнение.</p> <p>Основы расчета массообменных аппаратов. Основное уравнение массопередачи Коэффициент массопередачи. Коэффициент массопередачи. Движущая сила. Модифицированные уравнения</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | | <p>массопередачи. Число единиц переноса. Теоретическая ступень изменения концентраций. Кинетические коэффициенты модифицированных уравнений. Расчет рабочих объемов, высот, числа ступеней контакта массообменных аппаратов.</p> <p>Абсорбция Назначение и организация процесса. Материальный и тепловой балансы. Равновесие при абсорбции. Кинетика процесса. Схемы абсорбционных установок Абсорберы.</p> <p>Перегонка жидкостей. Виды перегонки. Равновесие в системах жидкость-пар.</p> <p>Простая перегонка. Принцип осуществления процесса. Уравнение простой перегонки Перегонка с водяным паром. Расход пара на перегонку. Молекулярная дистилляция. Назначение Принцип осуществления. Непрерывная бинарная ректификация. Принцип осуществления процесса. Схема ректификационной установки. Материальный и тепловой балансы. Флегмовое число. Расход греющего пара. Ректификационные аппараты (колонны).</p> <p>Периодическая ректификация.</p> <p>Экстрактивная и азеотропная ректификация. Назначение процессов. Выбор разделяющего компонента.</p> <p>Понятия о ректификации многокомпонентных смесей.</p> <p>Жидкостная экстракция.</p> <p>Способы проведения процесса. Статика и кинетика. Материальный баланс. Расход экстрагента. Расчет экстракции с учетом взаимной растворимости. Экстракторы.</p> <p>Основы массопередачи в системах с неподвижной поверхностью контакта фаз. Перенос массы в твердой фазе. Массопроводность. Уравнение массопроводности Дифференциальное уравнение массопроводности. Уравнение граничных условий. Критериальное уравнение массопроводности.</p> <p>Адсорбция и ионный обмен. Физико-химические основы процессов. Адсорбенты и ионообменные материалы. Равновесие при адсорбции. Кинетика процесса. Материальный баланс Тепловой баланс. Адсорберы. Расчет адсорберов с неподвижным слоем адсорбента, с движущимся и псевдооживленным слоями. Десорбция.</p> <p>Сушка. Физическая сущность процесса. Организация процесса. Классификация сушки по способу подвода тепла. Связь влаги с материалом. Характеристика влажного воздуха. Равновесие фаз при сушке. Виды сушки.</p> <p>Конвективная сушка Материальный и тепловой балансы. Принципиальные схемы конвективной сушки. Кинетика сушки. Расчет сушильных установок. Конвективные сушилки. Интенсификация процессов сушки.</p> |
|--|--|--|

| | |
|--|--|
| | <p>Растворение и экстрагирование в системе твердое тело жидкость. Условие равновесия. Кинетика. Организация процесса. Длительность процесса. Оборудование.</p> <p>Кристаллизация. Методы. Равновесие и кинетика процесса.</p> <p>Материальный и тепловой балансы. Кристаллизаторы.</p> <p>Массообмен через полупроницаемые перегородки (мембраны).</p> <p>Физико-химические основы. Движущая сила. Селективность.</p> <p>Типы мембран.</p> |
|--|--|

4.3. Содержание дисциплины по видам учебных занятий

Таблица 4.

| <i>Темы лекций</i> | <i>Активные формы, час.</i> | <i>Часы</i> | <i>Ссылки на результаты обучения</i> |
|---|-----------------------------|-------------|--------------------------------------|
| <p>1. Современное состояние химической и других смежных с ней отраслями промышленности. Место и роль процессов и аппаратов химической технологии при проектировании технологий и производств.</p> <p>Гидромеханические процессы. Общие вопросы прикладной гидравлики. Гидростатика. Гидродинамические процессы. Организация процессов разделения. Принципы выбора методов разделения и сравнительные оценки эффективности процессов разделения.</p> | 1 | 4 | 1, 2, 3, 4 |
| <p>2. Классификация способов переноса теплоты. Стационарный и нестационарный процессы теплопереноса. Движущие силы процессов теплообмена.</p> | 1 | 3 | 1, 2, 3, 4 |
| <p>3. Механизмы переноса массы. Виды массообменных процессов. Массоотдача и массопередача. Классификация массообменных процессов</p> | 1 | 3 | 1, 2, 3, 4 |
| <p>4. Абсорбция Назначение и организация процесса. Перегонка жидкостей. Виды перегонки. Равновесие в системах. Ректификация. Принцип осуществления процесса. Понятия о ректификации многокомпонентных смесей.</p> | 1 | 3 | 1, 2, 3, 4 |
| <p>5. Жидкостная экстракция. Основы процесса. Адсорбция и ионный обмен. Физико-химические основы процессов. Сушка. Физическая сущность процесса. Организация процесса. Растворение и экстрагирование в системе твёрдое тело жидкость. Условие равновесия. Кристаллизация. Методы. Равновесие и кинетика процесса. Массообмен через полупроницаемые перегородки (мембраны).</p> | 1 | 3 | 1, 2, 3, 4 |

Таблица 5.

| Темы семинаров / практических занятий | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность |
|---------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|----------------------|
| | | | | |

Не предусмотрены

Таблица 6.

| Темы лабораторных занятий | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность |
|---------------------------|------|-------------------------------|----------------------|
| Не предусмотрены | | | |

4.4 Самостоятельная работа обучающихся

Таблица 7.

| № | Виды самостоятельной работы | Ссылки на результаты обучения | Часы на выполнение | Часы на консультации |
|------------|---|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| Семестр: 2 | | | | |
| 1 | Изучение теоретического материала по темам лекций | 1, 2, 3, 4, 5 | 14 | 1 |
| | Изучение теоретического материала по разделам дисциплины с использованием конспектов лекций, а также источников основной и дополнительной литературы. 1. Сорокин, В.В. Процессы и аппараты химических технологий: электронный учебно-методический комплекс / В.В. Сорокин; ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России. — Санкт-Петербург, [2022]. — Текст электронный // ЭИОС СПХФУ: [сайт]. — URL: https://edu-spcpu.ru/course/view.php?id=3774 — Режим доступа для авторизир. пользователей. | | | |
| 2 | Подготовка реферата | 1, 2, 3, 4 | 8 | 1 |
| | Пользуясь библиотечным фондом университета и интернетом подготовить реферат. 1. Сорокин, В.В. Процессы и аппараты химических технологий: электронный учебно-методический комплекс / В.В. Сорокин; ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России. — Санкт-Петербург, [2022]. — Текст электронный // ЭИОС СПХФУ: [сайт]. — URL: https://edu-spcpu.ru/course/view.php?id=3774 — Режим доступа для авторизир. пользователей. | | | |
| 3 | Подготовка к промежуточной аттестации (экзамену) | 1, 2, 3, 4, 5 | 32 | 2 |
| | Изучение теоретического материала по всем разделам дисциплины. 1. Сорокин, В.В. Процессы и аппараты химических технологий: электронный учебно-методический комплекс / В.В. Сорокин; ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России. — Санкт-Петербург, [2022]. — Текст электронный // ЭИОС СПХФУ: [сайт]. — URL: https://edu-spcpu.ru/course/view.php?id=3774 — Режим доступа для авторизир. пользователей. | | | |

5. Образовательные технологии

В ходе реализации учебного процесса по дисциплине проводятся лекционные занятия. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, а также по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (таблица 8).

Таблица 8.

| | |
|------------------|---|
| Информирование | https://edu-spcpu.ru/course/view.php?id=3774 |
| Консультирование | https://edu-spcpu.ru/course/view.php?id=3774 |

| | |
|-------------------------------|---|
| Контроль | https://edu-spcpu.ru/course/view.php?id=3774 |
| Размещение учебных материалов | https://edu-spcpu.ru/course/view.php?id=3774 |

В ходе реализации учебного процесса по дисциплине применяются следующие интерактивные формы обучения, а именно лекция с обратной связью.

Краткое описание применения: при интерактивном обучении учебный процесс организован таким образом, что практически все участники лекции оказываются вовлечёнными в процесс познания, они имеют возможность рефлексировать по поводу того, что они знают и думают при анализе проблемной ситуации, каким образом они предлагают решить техническую проблему. Лектор (преподаватель) вместе с новыми знаниями ведёт участников обучения к самостоятельному поиску. Активность преподавателя уступает место активности студентов, его задачей становится создание условий для их инициативы. Основные методические принципы интерактивного обучения:

- тщательный отбор рабочих терминов, учебной, профессиональной лексики, условных понятий;
- всесторонний анализ конкретных практических примеров профессиональной деятельности, в которой обучаемые выполняют различные ролевые функции;
- поддержание всеми обучаемыми непрерывного визуального контакта между собой;
- активное использование технических учебных средств, с помощью которых иллюстрируется учебный материал;

6. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Общая характеристика форм текущего контроля и промежуточной аттестации

По дисциплине «Процессы и аппараты химических технологий» проводится текущий контроль и промежуточная аттестация (экзамен).

6.1.1. Характеристика форм текущего контроля по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине «Процессы и аппараты химических технологий» проводится в форме решения тестовых заданий и рефератам. По результатам текущего контроля выставляются оценки «зачтено» или «не зачтено». Получение положительных оценок по всем видам текущего контроля является основой проведения промежуточной аттестации по дисциплине.

Таблица 9.

| <i>Наименование или номер раздела</i> | <i>Наименование оценочного средства</i> |
|---------------------------------------|---|
| Гидромеханические процессы | Тест, реферат |
| Теплообменные процессы | Тест, реферат |
| Массообменные процессы | Тест, реферат |

6.1.2. Характеристика промежуточной аттестации по дисциплине

Промежуточная аттестация (итоговая по дисциплине) проводится в виде кандидатского экзамена. Кандидатский экзамен проводится в виде собеседования по экзаменационным билетам. Промежуточная аттестация, кроме ответа на вопросы экзаменационного билета, включает собеседование по теме диссертационной работы (Таблица 10).

Таблица 10.

| № семестра | Форма промежуточной аттестации | Наименование оценочного средства |
|-------------------|---------------------------------------|---|
|-------------------|---------------------------------------|---|

| | | |
|---|---------|-------------------------|
| 2 | Экзамен | Собеседование по билету |
|---|---------|-------------------------|

Требования к структуре и содержанию оценочных средств представлены в оценочных средствах по дисциплине (Приложение 1).

6.1.3. Соответствие форм аттестации по дисциплине планируемым результатам обучения

В таблице 11 представлено соответствие форм текущего контроля и промежуточной аттестации заявляемым планируемым к результатам обучения по дисциплине.

Таблица 11.

| <i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы ее освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)</i> | <i>Формы аттестации</i> | | |
|--|-------------------------|----------------|--------------------------------|
| | <i>Семестр 2</i> | | |
| | <i>Текущий контроль</i> | | <i>ПА</i> |
| | <i>Тесты</i> | <i>Реферат</i> | <i>Собеседование по билету</i> |
| 1. Знать теоретические основы гидромеханических, тепловых и массообменных процессов | + | + | + |
| 2. Знать методы расчёта основных процессов и аппаратов химической технологии | + | + | + |
| 3. Знать основные конструкции аппаратов для осуществления гидродинамических, тепловых и массообменных процессов и их принцип работы. | + | + | + |
| 4. Уметь обоснованно выбрать тип аппаратуры для осуществления процессов, рассчитать процесс и аппаратуру для его осуществления | | + | + |
| 5. Владеть навыками самостоятельной работы с технологической литературой, справочными пособиями и стандартами | | + | + |

6.2. Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль проводится на основе решения тестовых заданий проводится каждый тест включает по 20 тестовых заданий по теоретическим вопросам темы лекции. Решение тестовых заданий оценивается в категориях «зачтено - не зачтено». Тест считается выполненным при правильном решении более 70% тестовых заданий.

Реферат. Для подготовки реферата обучающиеся получают задание по темам в рамках разделов дисциплины: гидромеханические процессы, теплообменные процессы, массообменные процессы. Задание оценивается «зачтено – не зачтено». Задание считается выполненным и обучающемуся ставится «зачтено», если он полностью раскрыл заданную ему тему, правильно оформил реферат. Для получения «зачтено» обучающемуся необходимо подготовить три реферата, по одной из тем из каждого раздела дисциплины.

Получение положительных оценок по всем видам текущего контроля является основанием проведения промежуточной аттестации по дисциплине.

Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена. Экзамен проводится в форме устного опроса по билетам, с предварительной подготовкой в течение 40 минут. Уровень качества ответа обучающегося на экзамене определяется с использованием оценок

«неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Если по итогам проведенной промежуточной аттестации результаты обучающегося не соответствуют требованиям, предъявляемых к результатам обучения по дисциплине, обучающемуся выставляется оценка «не удовлетворительно». Оценка «удовлетворительно», «хорошо» или «отлично» означает успешное прохождение промежуточной аттестации.

Порядок проведения экзамена:

1. Экзамен проводится в период экзаменационной сессии, предусмотренной учебным планом. Не допускается проведение экзамена на последних семинарских, либо лекционных занятиях.

2. Экзамен должен начинаться в указанное в расписании время и проводиться в отведенной для этого аудитории. Самостоятельный перенос экзаменатором времени и места проведения экзамена не допускается.

3. Преподаватель принимает экзамен только при наличии ведомости и надлежащим образом оформленной зачетной книжки.

4. Критерии оценки ответа обучающегося на экзамене, а также форма его проведения доводятся преподавателем до сведения обучающихся до начала экзамена на экзаменационной консультации.

5. Результат экзамена объявляется обучающемуся непосредственно после его сдачи, затем выставляется в экзаменационную ведомость и зачётную книжку. Положительные оценки заносятся в экзаменационную ведомость и зачётную книжку, неудовлетворительная оценка проставляется только в экзаменационной ведомости. В случае неявки обучающегося для сдачи экзамена в ведомости вместо оценки делается запись «не явился».

6. Для приема кандидатского экзамена создаётся экзаменационная комиссия, состав которой утверждается руководителем организации. Состав экзаменационной комиссии формируется из числа научно-педагогических работников (в том числе работающих по совместительству) организации, где осуществляется приём кандидатских экзаменов, в количестве не более 5 человек, и включает в себя председателя, заместителя председателя и членов экзаменационной комиссии. В состав экзаменационной комиссии могут включаться научно-педагогические работники других организаций.

Регламент работы экзаменационных комиссий определяется локальным актом организации. Экзаменационная комиссия по приёму кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен по специальной дисциплине, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих учёную степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе 1 доктор наук.

Решение экзаменационной комиссии оформляется протоколом, в котором указываются: код и наименование научной специальности, по которому сдавался кандидатский экзамен; шифр и наименование научной специальности, наименование отрасли науки, по которой подготавливается диссертация; оценка уровня знаний обучающегося по кандидатскому экзамену; фамилия, имя, отчество (последнее - при наличии), учёная степень (в случае ее отсутствия - уровень профессионального образования и квалификация) каждого члена экзаменационной комиссии.

Критерии выставления общей оценки по результатам промежуточной аттестации представлены в разделе 6.3.

6.3. Критерии оценки результатов освоения программы в рамках промежуточной аттестации

Таблица 12.

| Планируемые результаты обучения | Форма контроля (экзамен) | |
|--|---|--|
| | Не освоен | Освоен |
| Семестр 2 | | |
| 1. Знать теоретические основы гидромеханических, тепловых и массообменных процессов | Знания предметной области, владение понятийным аппаратом, глубина анализа отсутствуют или нуждаются в существенной корректировке | Демонстрирует глубокие теоретические знания в области организации гидромеханических, тепловых и массообменных процессов |
| 2. Знать методы расчёта основных процессов и аппаратов химической технологии | Аспирант при ответе допускает грубые ошибки и демонстрирует поверхностные знания принципов расчёта основных процессов и аппаратов химической технологии | Оценка соответствует высокому уровню знаний и навыков в области расчёта основных процессов и аппаратов химической технологии |
| 3. Знать основные конструкции аппаратов для осуществления гидродинамических, тепловых и массообменных процессов и их принцип работы. | Отсутствие знаний конструкций аппаратов для осуществления технологических процессов и принципов их работы | Успешные и систематические знания конструкций технологических аппаратов |
| 4. Уметь обоснованно выбрать тип аппаратуры для осуществления процессов, рассчитать процесс и аппаратуру для его осуществления | Отсутствие умения правильно подбирать оптимальные варианты технологического оборудования под конкретный процесс и критически анализировать и оценивать свой выбор | Успешные и систематические умения при выборе аппаратуры под конкретный процесс, аргументированно обосновывает свой выбор и |
| 5. Владеть навыками самостоятельной работы с технической литературой, справочными пособиями и стандартами | Не способен самостоятельно работать с технической литературой, справочными материалами. | Умения и навыки позволяют самостоятельно работать с технической литературой, справочными материалами |

6.4. Критерии оценки результатов освоения дисциплины в рамках промежуточной аттестации по дисциплине.

Основанием проведения промежуточной аттестации по дисциплине является получение положительных оценок по видам текущего контроля.

Критерии выставления оценок по результатам промежуточной аттестации по дисциплине представлены в таблице 13.

Таблица 13.

| <i>Оценка</i> | <i>Ответы на экзамене</i> |
|---------------------|---|
| Отлично | Теоретические знания и умения превышают основные требования. Количество ошибок минимально, легко исправляются самостоятельно |
| Хорошо | Теоретические знания и умения соответствуют достаточно высокому уровню. Количество ошибок незначительно, исправляются практически во всех случаях самостоятельно |
| Удовлетворительно | Теоретические знания и умения соответствуют основным требованиям, но требуются небольшие доработки. Необходимы указания на допущенные ошибки, которые впоследствии устраняются самостоятельно |
| Неудовлетворительно | Теоретические знания и умения соответствуют начальному уровню, систематически проявляются ошибки, при исправлении которых испытываются существенные затруднения |

Если по итогам проведённой промежуточной аттестации обучающийся демонстрирует знания, умения, навыки ниже уровня требований, предъявляемых к результатам обучения по дисциплине, обучающемуся выставляется оценка «не удовлетворительно».

7. Литература

Основная литература

1. Разинов, А. И. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / А. И. Разинов, А. В. Клинов, Г. С. Дьяконов. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 860 с. — ISBN 978-5-7882-2154-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/75637.html> (дата обращения: 21.01.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Системный анализ процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие / Э. Д. Иванчина, Е. С. Чернякова, Н. С. Белинская, Е. Н. Ивашкина. — Томск : Томский политехнический университет, 2017. — 115 с. — ISBN 978-5-4387-0787-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/84033.html> (дата обращения: 21.01.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

8. Учебно-методическое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Сорокин, В.В. Процессы и аппараты химических технологий: электронный учебно-методический комплекс / В.В. Сорокин; ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России. — Санкт-Петербург, [2022]. — Текст электронный // ЭИОС СПХФУ: [сайт]. — URL: <https://edu-spcru.ru/course/view.php?id=3774> — Режим доступа для авторизир. пользователей.

8.2. Программное обеспечение

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое, свободно распространяемое и лицензионное ПО, в т.ч. Windows и MS Office.

Перечень специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины представлен в таблице 15.

Специализированное программное обеспечение

Таблица 15.

| № | Наименование ПО | Назначение | Место размещения |
|---|-----------------|------------|------------------|
| | Не требуется | | |

*Программное обеспечение для адаптации образовательных ресурсов
для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья*

Таблица 16.

| № | Наименование ПО | Назначение | Место размещения |
|---|----------------------------------|---|--|
| 1 | Программа экранного доступа Nvda | Программа экранного доступа к системным и офисным приложениям, включая web-браузеры, почтовые клиенты, Интернет-мессенджеры и офисные пакеты. Встроенная поддержка речевого вывода на более чем 80 языках. Поддержка большого числа брайлевских дисплеев, включая возможность автоматического обнаружения многих из них, а также поддержка брайлевского ввода для дисплеев с брайлевской клавиатурой. Чтение элементов управления и текста при использовании жестов сенсорного экрана | Компьютерный класс для самостоятельной работы на кафедре высшей математики |

9. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБС IPR BOOKS: [сайт] : электронная библиотечная система / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа», гл.ред. Е. А. Богатырева. — [Саратов]. — Электронные данные. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru> — Загл. с экрана.

2. КонсультантПлюс: [справочно-правовая система] / ЗАО "КонсультантПлюс". - [Москва]. - Загл. титул. экрана - Программный продукт.

3. Korean Journal Database: [база данных]: [сайт] / Web of Science. - [США]. - URL: <http://apps.webofknowledge.com> - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст: электронный

4. MEDLINE: [база данных]: [сайт] / Web of Science. - [США]. - URL: <http://apps.webofknowledge.com> - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст: электронный

5. SciELO Citation Index: [база данных]: [сайт] / Web of Science. - [США]. - URL: <http://apps.webofknowledge.com> - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст: электронный

6. Science Citation Index Expanded: [база данных]: [сайт] / Web of Science. - [США]. - URL: <http://apps.webofknowledge.com> - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст: электронный

7. Social Sciences Citation Index: [база данных] : [сайт] / Web of Science. - [США]. - URL: <http://apps.webofknowledge.com> - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст: электронный

8. ЭБС Юрайт: [сайт] / издательство Юрайт. — URL: https://urait.ru/?utm_ (дата обращения: 10.02.2022). - Текст: электронный

9. Springer Nature [международное издательство]: [сайт] / Springer Nature Group - [Хайдельберг], [Лондон] - URL: <https://www.springernature.com/gp> (дата обращения: 10.02.2022). - Текст: электронный

10. Материально-техническое обеспечение

Оборудование общего назначения

Таблица 17.

| № | Наименование | Назначение |
|---|--|--|
| 1 | Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления) | Проведение лекционных и семинарских занятий |
| 2 | Компьютерный класс (с выходом в Internet) | Организация самостоятельной работы обучающихся |

Специализированное оборудование

Таблица 18.

| № | Наименование оборудования | Назначение | Место размещения |
|---|---|--|---|
| 1 | Учебная установка для изучения для изучения ректификационной колонны | Изучение работы ректификационной колонны. | Учебная аудитория № 1 (лаборатория). СПб, Аптекарский пр., д. 6, кафедра ПАХТ |
| 2 | Вакуум-выпарная установка | Изучение процесса концентрирования растворов в вакуум-выпарной установке | Учебная аудитория № 1 (лаборатория). СПб, Аптекарский пр., д. 6, кафедра ПАХТ |
| 3 | Учебная установка для исследования процесса простой перегонки | Исследование процесса простой перегонки. | Учебная аудитория № 1 (лаборатория). СПб, Аптекарский пр., д. 6, кафедра ПАХТ |
| 4 | Лабораторная установка по изучению работы сушильного шкафа с инфракрасным и конвективным подводом тепла | Исследование процесса конвективной сушки. | Учебная аудитория № 1 (лаборатория). СПб, Аптекарский пр., д. 6, кафедра ПАХТ |
| 5 | Парокомпрессионная холодильная установка | Изучение работы парокомпрессионной холодильной установки | Учебная аудитория № 1 (лаборатория). СПб, Аптекарский пр., д. 6, кафедра ПАХТ |
| 6 | Учебная установка «Труба в трубе» | Лабораторная работа «Исследование процесса теплопередачи в трубчатом теплообменнике» | Учебная аудитория № 1 (лаборатория). СПб, Аптекарский пр., д. 6, кафедра ПАХТ |
| 7 | Учебная установка для изучения поля скоростей потока в трубопроводе и определения потерь энергии | Лабораторная работа «Определение потерь энергии при движении жидкости по трубам». | Учебная аудитория № 1 (лаборатория). СПб, Аптекарский пр., д. 6, кафедра ПАХТ |
| 8 | Лабораторная установка по изучению механики жидкости | Лабораторные работы: «Изучение режимов течения жидкости», «Определение потерь энергии при движении жидкости по трубам», «Определение коэффициентов местных сопротивлений», | Учебная аудитория № 1 (лаборатория). СПб, Аптекарский пр., д. 6, кафедра ПАХТ |

| | | | |
|-----|--|--|---|
| | | «Изучение характеристик центробежного насоса». | |
| 9 | Учебная установка для изучения процесса теплообмена при неустановившемся тепловом режиме | Лабораторная работа «Исследование процесса теплообмена при нестационарном тепловом режиме» | Учебная аудитория № 1 (лаборатория). СПб, Аптекарский пр., д. 6, кафедра ПАХТ |
| 10. | Учебная установка для исследования псевдооживленного слоя | Лабораторная работа «Исследование гидродинамики псевдооживленного слоя» | Учебная аудитория № 1 (лаборатория). СПб, Аптекарский пр., д. 6, кафедра ПАХТ |
| 11 | Фильтровальная установка | Лабораторная работа Изучение разделения суспензии фильтрованием | Учебная аудитория № 1 (лаборатория). СПб, Аптекарский пр., д. 6, кафедра ПАХТ |
| 12 | Лабораторная установка по испытанию теплообменных аппаратов и теплофизических свойств жидкости | Лабораторные работы «Исследование процесса теплопередачи в трубчатых теплообменниках», «Исследование процесса теплопередачи в пластинчатом теплообменнике и калорифере». | Учебная аудитория № 1 (лаборатория). СПб, Аптекарский пр., д. 6, кафедра ПАХТ |

Оборудование, обеспечивающее адаптацию электронных и печатных образовательных ресурсов для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья

Таблица 19.

| № | Наименование оборудования | Назначение | Место размещения |
|---|--|--|---|
| 1 | Устройство портативное для увеличения DIONOPTICVISION | Предназначено для обучающихся с нарушением зрения с целью увеличения текста и подбора контрастных схем изображения | Учебно-методический отдел, устанавливается по месту проведения занятий (при необходимости) |
| 2 | Электронный ручной видеувеличитель BiggerD2.5-43 TV | Предназначено для обучающихся с нарушением зрения для увеличения и чтения плоскочечного текста | Учебно-методический отдел, устанавливается по месту проведения занятий (при необходимости) |
| 3 | Радиокласс (радиомикрофон) «Сонет-PCM» РМ-6-1 (заушный индуктор) | Портативная звуковая FM-система для обучающихся с нарушением слуха, улучшающая восприятие голосовой информации | Учебно-методический отдел, устанавливается в мультимедийной аудитории по месту проведения занятий (при необходимости) |

Перечень наборов демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий

Таблица 20.

| № | Наименование | Назначение | Место размещения |
|---|---|--|--------------------|
| 1 | Презентационные материалы, слайд-конспекты лекций | Иллюстративные материалы для проведения лекционных занятий | ЭУМК по дисциплине |

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Общая характеристика оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень и характеристика оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине представлены в таблице 1.

Таблица 1

| № п/п | Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства | Представление оценочного средства в фонде |
|---------------------------------|----------------------------------|--|--|
| Семестр 2 | | | |
| Текущий контроль | | | |
| 1. | Тест | Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося | Тестовые задания по вариантам |
| 2. | Реферат | Продукт самостоятельной работы обучающегося, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на неё, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определённой учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы | Темы рефератов, требования к оформлению реферата, доклада, презентации |
| Промежуточная аттестация | | | |
| 1 | Экзамен | Средство комплексной проверки усвоения учебного материала по дисциплине, проверка умений и знаний, навыков | Комплект экзаменационных билетов |

2. Требования к структуре и содержанию оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации

2.1. Требования к структуре и содержанию оценочных средств текущего контроля

2.1.1 Тест

Используются тестовые задания из банка тестовых заданий по дисциплине в соответствии с календарно-тематическим планом лекций. Номера тем заданий в банке тестовых заданий: спецификация тестов, формируемых на основе банка тестовых заданий:

1. Длина теста: 20 тестовых заданий
2. Временные ограничения: ограничен во времени: 20 минут, среднее время выполнения одного задания: 1 минута
3. Способ формирования тестовой последовательности: случайный выбор заданий в рамках темы.

Банк тестовых заданий

Полнотекстовые версии банка тестовых заданий размещены в рамках электронного учебно-методического комплекса: <https://edu-spcpu.ru/course/view.php?id=3774>

Структура банка тестовых заданий по дисциплине представлена в таблице 2:

Таблица 2

| № | Наименование дидактической единицы | № темы задания | Наименование темы задания | № тестовых заданий в БТЗ | Форма ТЗ ¹ | Количество ТЗ |
|---|------------------------------------|----------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|
| 1 | Лекция 1 | 1 | Гидродинамические процессы | 1.1-1.30 | ед. | 30 |
| 2 | Лекция 2 | 2 | Тепловые процессы | 2.1-2.30 | ед. | 30 |
| 3 | Лекция 3, 4, 5 | 3 | Массообменные процессы | 3.1-3.30 | ед. | 30 |

¹ единичный выбор — закрытой формы с выбором одного правильного ответа (**ев**), множ. выбор — закрытой формы с выбором нескольких правильных ответов (**мнв**), в/н — закрытой формы с выбором «верно / неверно» (**в/н**), соответствие — закрытой формы на установление соответствия (**с**), последовательность — закрытой формы с выбором последовательности правильных ответов (**п**), число — открытой формы с кратким ответом в виде числа (**ч**)

Соответствие банка тестовых заданий результатам обучения по дисциплине представлено в таблице 3:

Таблица 3

| № | Наименование дидактической единицы | № темы задания | Наименование темы задания | Уровень сложности ² | Перечень контролируемых результатов освоения дисциплины |
|---|------------------------------------|----------------|----------------------------|--------------------------------|---|
| | Лекция 1 | 1 | Гидродинамические процессы | 1 | 1. Знать теоретические основы гидромеханических, тепловых и массообменных процессов 2. Знать методы расчёта основных процессов и аппаратов химической технологии 3. Знать основные конструкции аппаратов для осуществления гидродинамических, тепловых и массообменных процессов и их принцип работы. |
| | Лекция 2 | 2 | Тепловые процессы | 1 | 1. Знать теоретические основы гидромеханических, тепловых и массообменных процессов 2. Знать методы расчёта основных процессов и аппаратов химической технологии 3. Знать основные конструкции аппаратов для осуществления гидродинамических, тепловых и массообменных процессов и их принцип работы. |
| | Лекция 3, 4, 5 | 3 | Массообменные процессы | 1 | 1. Знать теоретические основы гидромеханических, тепловых и массообменных процессов 2. Знать методы расчёта основных процессов и аппаратов химической технологии 3. Знать основные конструкции аппаратов для осуществления гидродинамических, тепловых и массообменных процессов и их принцип работы. |

² 1 — знать, 2 — знать и уметь

Количественные характеристики банка тестовых заданий по дисциплине представлены в таблице 4:

Таблица 4

| Наименование дидактической единицы | Всего тестовых заданий (ТЗ) | Формы тестовых заданий | |
|------------------------------------|-----------------------------------|--|------------|
| | | закрытой формы с выбором одного правильного ответа | |
| | | шт. | % |
| Лекция 1 | 30 | 30 | 100 |
| Лекция 2 | 30 | 30 | 100 |
| Лекция 3, 4, 5 | 30 | 30 | 100 |
| Итого | 90 | 90 | 100 |

2.1.2 Реферат

Требования к оформлению рефератов: объем реферата: 5-10 страниц печатного текста, шрифт Times New Roman 12 пт; реферат должен содержать обзор не менее пяти источников информации и содержать следующие разделы: постановка проблемы, анализ текущего состояния (проблемы, выводы).

Темы рефератов

Лекция 1.

Центрифугирование. Современное аппаратное оформление процесса.
Фильтрация в фармацевтической промышленности и аппараты для её осуществления.
Насосы в фармацевтической промышленности.
Трубопроводные системы для передачи чистых сред

Лекция 2.

Схемы установок для выпаривания и конструкции современных выпарных аппаратов.
Современные промышленные теплоносители
Спиральные теплообменные аппараты в фармацевтической технологии
Пути интенсификации теплопередачи
Современные теплообменные аппараты

Лекция 3, 4, 5

Сублимационная сушка в фармацевтической промышленности.
Жидкостная экстракция. Современное аппаратное оформление. Использование в фармацевтической технологии.
Процессы дистилляции в фармацевтической промышленности и установки для её осуществления.
Ионный обмен. Ионообменные установки в фармацевтической промышленности.
Сушка и сушильные аппараты в фармацевтической промышленности.
Процессы адсорбции в фармацевтической промышленности Современные сорбционные установки.
Кристаллизация и кристаллизаторы в фармацевтической промышленности.

2.2. Требования к структуре и содержанию оценочных средств промежуточной аттестации

Семестр 2

2.2.1. Экзаменационный билет

Перечень вопросов экзамена, структурированный по «категориям» (по проверяемым компетенциям / индикаторам достижения компетенций), представлен в таблице 5.

Таблица 5

| <i>Категории планируемых результатов освоения дисциплины</i> | <i>Формулировка вопроса</i> |
|--|--|
| Планируемые результаты обучения 1, 2, 5 | 1. Общие представления о жидкостях как сплошных средах. Идеальные и реальные жидкости. Капельные и упругие жидкости. Объемные и поверхностные силы, действующие на жидкость. Уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера). Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнение Навье – Стокса). Вязкостные свойства сплошных сред. 2. Методы теории подобия. Скорость осаждения твёрдых частиц под действием сил тяжести (отстаивание) и методы ее расчёта. |

3. Фильтрация суспензий и газов. Виды осадков и фильтровальных перегородок. Уравнение фильтрации для аппаратов с постоянным перепадом давлений и постоянной скоростью фильтрации.
4. Центробежное отстаивание и центробежное фильтрование. Центробежный фактор разделения. Классификация центрифуг. Разделение суспензий и эмульсий в гидроциклонах. Очистка газов от пыли и центробежных пылеуловителей.
5. Применение процессов перемешивания в жидких средах в химической технологии. Методы перемешивания сред. Силы, участвующие в процессе перемешивания.
6. Теплообмен между жидкостью (газом) и поверхностью. Безразмерная форма уравнения переноса теплоты и оценка порядка его членов. Толщина теплового пограничного слоя. Представление решения уравнения переноса теплоты в критериальной форме. Некоторые эмпирические соотношения для расчёта коэффициентов теплоотдачи при сохранении агрегатного состояния теплоносителя.
7. Теплоотдача с изменением агрегатного теплоносителя. Кипение жидкостей. Конденсация пара. Основы переноса теплоты излучением. Теплоотдача через плоские (одно и многослойные) стенки при постоянных температурах теплоносителей. Определение движущей силы теплопередачи для тепловых случаев движения теплоносителей в теплообменниках (прямоток, противоток, перекрёстный ток, смешанный ток). Классификация промышленных теплоносителей, их сравнительные характеристики и области применения.
8. Классификация процесса выпаривания, основные виды выпарных установок. Элементы расчёта выпарных аппаратов: материальный и тепловой балансы процесса выпаривания. Определение температурных потерь и расчёт температуры кипения растворов. Способы распределения полезной разности температур по корпусам и оптимизация числа корпусов в многокорпусных выпарных установках. Методы интенсификации процессов выпаривания. Выпаривание с применением теплового насоса.
9. Применение процессов получения искусственного холода в химической технологии и их классификация. Теоретические основы получения искусственного холода. Холодильные агенты, их характеристики и области применения.
10. Классификация массообменных процессов химической технологии, как методов разделения многокомпонентных систем. Роль массообменных процессов в решении задачи охраны окружающей среды. Общие сведения о процессах переноса массы. Основные понятия. Механизмы переноса. Общие уравнения переноса вещества в многофазных многокомпонентных средах, начальные и граничные условия.
11. Инженерные методы расчёта массообменных процессов. Расчёт размеров массообменных аппаратов с непрерывным контактом фаз на основе коэффициентов массопередачи, высоты единицы переноса (ВЕП), высоты эквивалентной теоретической тарелки (ВЭТТ).
12. Равновесие жидкость-пар идеальных смесей. Закон Рауля. Расчёт равновесия неидеальных смесей в системе жидкость-пар.

Константа фазового равновесия, летучесть, их связь с коэффициентами активности. Равновесие в системах жидкость-газ. Закон Генри. Равновесие в многокомпонентных системах. Равновесие в системах с химическим взаимодействием.

13. Равновесие в системах жидкость-жидкость. Коэффициент распределения, коэффициент селективности, их расчёт по величинам коэффициентов активности. Общая характеристика процесса абсорбции и области ее промышленного применения. Методы десорбции. Методы интенсификации абсорбционных процессов. Общая характеристика процесса.

14. Расчёт бинарной ректификации в колонне непрерывного и периодического действия. Расчет ректификации многокомпонентных смесей. Математическое описание процесса. Специальные методы процесса ректификации: азеотропная, экстрактивная, ректификация с химическим взаимодействием. Методы интенсификации процесса ректификации. Способы разделения, основанные на различном составе жидкости и пара.

15. Общая характеристика процесса экстракции и области его промышленного применения. Массообмен между каплей и потоком жидкости при различных числах Рейнольдса и Пекле. Влияние внешнего физического воздействия на массообмен между каплей и окружающей жидкостью. Графический расчёт экстракции. Методы интенсификации процесса экстракции.

16. Общая характеристика процесса сушки и области его промышленного применения. Виды высушиваемых материалов, используемых в химической и смежных отраслях промышленности. Классификация процессов сушки. Равновесие в системах капиллярно-пористый влажный материал сушильный агент. Движущие силы, обуславливающие перенос вещества и теплоты в капиллярнопористых влажных материалах. Экстремальные методы исследования процесса сушки. Методы интенсификации процессов сушки.

17. Общая характеристика процесса адсорбции и области его применения. Описание явления адсорбции на молекулярном уровне: изотермы адсорбции. Процессы переноса в зерне адсорбента. Теоретический анализ и расчёт процесса адсорбции в стационарном, движущемся и взвешенном слоях. Методы интенсификации процесса адсорбции. Общая характеристика процесса растворения и области его промышленного применения. Кинетика растворения одиночной частицы, массовое растворение.

18. Общая характеристика процесса кристаллизации и области его промышленного применения. Основные равновесные состояния, используемые при расчёте процесса кристаллизации. Диаграмма состояния раствор (раслав, пар) кристаллическая фаза для однокомпонентных и многокомпонентных смесей. Образование зародышей. Термодинамические основы образования кристаллической фазы. Механизм зародышеобразования (гомогенное, гетерогенное зародышеобразование, эпитаксия). Теория кинетики зародышеобразования. Кинетические теории роста кристаллов. Тепломассообмен растущего кристалла с окружающим потоком раствора. Методы интенсификации процесса кристаллизации.

| | |
|--|--|
| | <p>19. Общая характеристика процесса ионного обмена и область его промышленного применения. Равновесие в бинарных и многокомпонентных системах при ионном обмене. Процессы переноса в зерне ионита. Механизм и особенности переноса вещества при ионном обмене. Постановка и решение внешнедиффузионной и внутридиффузионной задачи и ионного обмена. Технологические схемы установок для осуществления процесса ионного обмена.</p> <p>20. Общая характеристика мембранных процессов и области их промышленного применения. Механизм массопереноса в мембранных процессах. Массоперенос в мембранах. Массоперенос в фазе раствора, контактирующего с мембраной. Концентрационная поляризация. Способы снижения концентрационной поляризации. Влияние внешних факторов (давление, температура, концентрация, акустических колебаний и т.д.) на мембранные процессы. Типы мембран.</p> |
| <p>Планируемые результаты обучения 3, 4, 5</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Методы расчёта аппаратов для разделения в поле центробежных сил 2. Конструкции насосов: центробежные, поршневые, осевые, шестерёнчатые, струйные насосы, монтежю, эрлифт. Сравнение и выбор типа насоса 3. Конструкции отстойников: отстойники непрерывного и периодического действия. 4. Конструкции фильтров: нутч-фильтр, плиточно-рамный фильтр-пресс, барабанный вакуум-фильтр с наружной фильтрующей поверхностью, ленточный вакуум-фильтр 5. Конструкции центрифуг: трехколонная, подвесная, автоматическая горизонтальная с ножевым съёмом осадка, горизонтальная непрерывного действия со шнековой выгрузкой осадка, с пульсирующим поршнем, тарельчатый сепаратор, трубчатая сверхцентрифуга. 6. Конструкции отстойных аппаратов для разделения суспензий, эмульсий и очистки запылённых газов и методы их расчёта. 7. Аппараты для фильтрования и методы их расчёта. 8. Типы перемешивающих устройств. Эффективность и интенсивность перемешивания 9. Основы гидравлического расчёта химикотехнологических аппаратов и трубопроводов. 10. Типы насосов, вентиляторов и компрессоров, применяемых в химической технологии, их характеристики и методы расчёта. 11. Схема нагревательных установок. Теплообменные аппараты, их классификации. Устройство типовых теплообменных аппаратов: с трубчатыми поверхностями теплообмена, с плоскими поверхностями, аппараты с очищаемой в процессе работы поверхностью теплообмена, градирни, регенеративные теплообменники и др. Расчёт конденсаторы смешения, основных размеров и рациональных режимов работы теплообменников при их проектировании. 12. Расчёт выпарных аппаратов. Парокомпрессионные установки. 13. Расчёт размеров массообменных аппаратов со ступенчатым контактом фаз. Аппаратурное оформление абсорбционно-десорбционных процессов. |

| | |
|---|--|
| | <p>14. Виды процессов ректификации и дистилляции и области их применения. Принципиальная схема ректификационных установок. Аппаратурное оформление процесса ректификации</p> <p>15. Технологические схемы процесса экстракции (схема с противоточным движением фаз, с перекрёстным движением фаз, с рециркуляцией части растворителя). Аппаратурное оформление процесса экстракции.</p> <p>16. Аппаратурное оформление процесса сушки твёрдых, дисперсных, пастообразных, жидких и др. материалов. Методы расчета сушильных аппаратов.</p> <p>17. Аппаратурное оформление процесса адсорбции.</p> <p>18. Аппаратурное оформление процесса растворения. Методы расчёта аппарата для растворения твёрдых материалов при различной гидродинамической структуре потоков. Методы интенсификации процесса растворения.</p> <p>19. Аппаратурное оформление процессов ионного обмена. Расчёт процесса ионного обмена в стационарном, движущемся и взвешенном слоях. Методы интенсификации процесса ионного обмена.</p> <p>20. Конструкции мембранных аппаратов. Методы расчёта мембранных процессов и аппаратов. Пути интенсификации мембранных процессов.</p> |
| <p>Собеседование по теме диссертационной работы № 1, 2, 3, 4, 5</p> | <p>Обучающийся готовит презентацию их 5-7 слайдов по теме диссертационной работы.</p> |

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине 2.1.3. Процессы и аппараты химических технологий**

| № | Характеристика внесённых изменений (с указанием пунктов документа) | Дата и № протокола ЭНТС | Подпись ответственного |
|---|--|-------------------------|------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |