МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

Красноармейский механико-металлургический факультет

УТВЕРЖДЕНО
Красноармейский механико-металлургический факультет
Декан Филимонов М. И.
г.

Процессы и аппараты химической технологии

рабочая программа дисциплины (модуля, практики)

Закреплена за кафедрой **Процессы и аппараты химических и пищевых производств**

Учебный план Направление 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль **Машины и аппараты химических производств**

Квалификация **бакалавр**

Срок обучения **4 года 11 месяцев**

Форма обучения **заочная** Общая трудоемкость **12 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах: экзамены 3, 4
курсовые работы 4

Курс	3		4		Итого	
	УП	ПП	УП	ПП	УП	ПП
Лекции	20	20	6	6	26	26
Практические			4	4	4	4
Лабораторные	16	16	12	12	28	28
Итого ауд.	36	36	22	22	58	58
Контактная работа	36.7	36.7	22.35	22.35	59.05	59.05
Сам. работа	164	164	186	186	350	350
Часы на контроль	15.3	15.3	7.65	7.65	22.95	22.95
Практическая подготовка	0	0	0	0	0	0
Итого трудоемкость в часах	216	216	216	216	0	0

ЛИСТ ОДОБРЕНИЯ, СОГЛАСОВАНИЯ И АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Разработчик(и) программы:

доцент Шагарова А.А. ктн

Рецензент(ы):
(при наличии)

Рабочая программа дисциплины (модуля, практики)
Процессы и аппараты химической технологии

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (приказ Минобрнауки России от 19.09.2020 г. № 923)

составлена на основании учебного плана:

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

Профиль: Машины и аппараты химических производств

утвержденного учёным советом вуза от 26.05.2021 протокол № 10.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
Процессы и аппараты химических и пищевых производств

номер протокола 2021 г.
Зав. кафедрой Новиков Андрей Евгеньевич

СОГЛАСОВАНО:
Красноармейский механико-металлургический факультет
Председатель НМС факультета: Гурулев Д.Н.

Протокол заседания НМС от
г. №

Рабочая программа дисциплины (модуля, практики) актуализирована 31.08.2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ). ВИД, ТИП ПРАКТИКИ, СПОСОБ И ФОРМА (ФОРМЫ) ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ.

Целью преподавания дисциплины является изучение студентами основных закономерностей протекания технологических процессов в оборудовании химических, нефтехимических производств и биотехнологии, принципов выбора обоснованных методов расчёта и конструктивного оформления аппаратов для их проведения, способов повышения эффективности и интенсивности технологического оборудования.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

1) изучение теоретических основ гидродинамических, тепло- и массообменных процессов в химических, нефтехимических производствах и биотехнологии, их физико-химической сущности и основных закономерностей;

2) изучение принципа действия и конструктивных особенностей оборудования для проведения гидродинамических, тепловых и массообменных процессов;

3) овладение методами расчета и подбора технологического оборудования определенной функциональной группы;

4) получение практических навыков исследования работы технологического оборудования на лабораторных стендах;

5) изучение и анализ путей интенсификации и тенденций развития высокоэффективных технологических процессов и оборудования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	Б1.О
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Основы биотехнологии
2.1.2	Математика
2.1.3	Теплотехника
2.1.4	Физика
2.2	**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Конструирование и расчет элементов оборудования
2.2.2	Теоретические основы энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

УК-2: Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

УК-2.1: Знает действующие правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность; виды ресурсов и ограничений для решения задач в профессиональной деятельности; методы оценки способов решения профессиональных задач

Результаты обучения: студент знает действующие правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность, виды ресурсов и ограничений для решения задач химической технологии

УК-2.2: Умеет анализировать поставленную цель и формулировать задачи, требующие решения для достижения этой цели; проводить оценку альтернативных способов решения задач для достижения намеченных результатов; выбирать оптимальный способ решения задач с учетом действующих правовых норм, ресурсов и ограничений

Результаты обучения: студент умеет проводить критический анализ способов решения задач для выбора оптимального варианта с учетом действующих правовых норм, ресурсов и ограничений

УК-2.3: Владеет методами разработки задач в рамках поставленной цели и оценки имеющихся ресурсов и ограничений; навыками работы с нормативно-правовой документацией

Результаты обучения: студент владеет навыками работы с нормативно-правовой документацией и методами разработки задач химической технологии с учетом имеющихся ресурсов и ограничений

ОПК-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-2.1: Знает теоретические основы математики, физики, химии и смежных с ними естественнонаучных и технических дисциплин

Результаты обучения: студент знает теоретические основы и физико-химические закономерности протекания процессов химической технологии

ОПК-2.2: Умеет решать задачи по основным разделам математики, физики и химии, а также определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов смежных с ними естественнонаучных и технических дисциплин для решения профессиональных задач
Результаты обучения: студент умеет синтезировать и применять полученные знания по естественнонаучным и техническим дисциплинам для решения задач химической технологии
ОПК-2.3: Владеет навыками использования математических, физических, физико-химических и химических методов решения задач профессиональной деятельности
Результаты обучения: студент владеет навыками расчета и подбора технологического оборудования определенной функциональной группы

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Форма контроля
1	**Раздел 1. Лекции**			
1.1	Введение. /Тема/	3	0	
1.1.1	Газообразное, жидкое, твёрдое и плазменное состояние вещества. Гомогенные и гетерогенные системы, методы описания их состава.Основные физические свойства жидкостей и газов /Лек/	3	1	Эк, К
1.1.2	Природа вязкости, связь с молекулярной структурой вещества для газов, жидкостей, полимерных материалов. Уравнение Ньютона-Петрова. Ньютоновские и неньютоновские жидкости /Лек/	3	1	Эк, К
1.2	Уравнения сохранения и переноса субстанции /Тема/	3	0	
1.2.1	Молекулярный, конвективный и турбулентный механизмы переноса. Выражения для потоков массы, энергии и импульса за счет различных механизмов. Аналогия процессов переносатрубопровода. /Лек/	3	1	Эк, К
1.2.2	Законы сохранения массы, импульса и энергии, их математическая запись в интегральной и локальной формах (уравнения Навье-Стокса, Эйлера, Бернулли и др.). Анализ полученных уравнений /Лек/	3	1	Эк, К
1.3	Гидромеханика /Тема/	3	0	
1.3.1	Гидростатика: абсолютный и относительный покой, поле давления и поверхности равного давления, Основное уравнение гидростатики /Лек/	3	1	Эк, К
1.3.2	Гидродинамика: характеристики движения сред. Идеальная и реальная жидкость, виды напора, гидравлическое сопротивление, потерянные напор и давление, коэффициенты гидравлического сопротивления и трения /Лек/	3	1	Эк, К
1.3.3	Режимы движения сред. Решение уравнений движения и неразрывности для стабилизированного течения в цилиндрической трубе при ламинарном и турбулентном режимах течения /Лек/	3	1	Эк, К
1.4	Разделение неоднородных систем /Тема/	3	0	
1.4.1	Классификация неоднородных систем и методов их разделения. Отстаивание, конструкции отстойников, схема их расчета /Лек/	3	1	Эк, К
1.4.2	Осаждение под действием центробежных сил. Циклоны, их конструкции и расчет. Осадительные центрифуги, их конструкции и расчет /Лек/	3	1	Эк, К
1.4.3	Течение жидкости и газа через неподвижный зернистый слой. Гидродинамика зернистого слоя. Геометрические и кинематические характеристики зернистого слоя. Моно- и полидисперсные зернистые слои. Капиллярная модель зернистого слоя. Понятие о действительной и фиктивной скоростях /Лек/	3	1	Эк, К
1.4.4	Фильтрование суспензий: конструкции фильтров, фильтрующих центрифуг. Уравнения фильтрования. Расчет аппаратов для фильтрования /Лек/	3	1	Эк, К
1.5	Перемешивание в жидких средах /Тема/	3	0	
1.5.1	Методы подвода энергии. Интенсивность и эффективность перемешивания. Способы перемешивания: циркуляционное, пневматическое, механическое /Лек/	3	1	Эк, К
1.5.2	Характер движения жидкости в аппаратах с мешалками. Классификация и конструкции мешалок. Определение мощности мешалки /Лек/	3	1	Эк, К
1.6	Теплообмен /Тема/	3	0	
1.6.1	Элементарные виды переноса теплоты. Теплопроводность и механизм переноса энергии. Закон теплопроводности Фурье. Кондуктивный тепло-обмен в плоской и цилиндрической стенке, термическая проводимость и термическое сопротивление стенки. Лучистый теплообмен /Лек/	3	1	Эк, К

1.6.2	Конвективный теплообмен: гидродинамический и тепловой пограничные слои на плоской пластине; теплообмен в трубах, участки гидродинамической и тепловой стабилизации, стабилизированный теплообмен при ламинарном и турбулентном режимах течения. Теплоотдача при естественной и вынужденной конвекции /Лек/	3	1	Эк, К
1.6.3	Теплообмен при изменении агрегатного состояния. Число фазового превращения. Теплообмен при конденсации пара. Режимы конденсации. Уравнение связи. Влияние неконденсирующихся газов. Теплообмен при кипении жидкости. Режимы кипения. Кризисы кипения. Уравнение связи /Лек/	3	1	Эк, К
1.7	Промышленные способы передачи тепла /Тема/	3	0	
1.7.1	Промышленные способы нагревания и охлаждения. Промышленные теплоносители. Тепловой баланс. Теплопередача. Модель переноса. Уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Теплопередача при изменении температур теплоносителей. Средняя температура теплоносителей /Лек/	3	1	Эк, К
1.7.2	Классификация и конструкции теплообменников. Методика расчета теплообменника. Интенсификация процессов теплопереноса /Лек/	3	1	Эк, К
1.8	Выпаривание /Тема/	3	0	
1.8.1	Способы выпаривания. Влияние циркуляции на интенсивность процесса. Общая и полезная разности температур при проведении процесса выпаривания. Природа температурных потерь. Материальный и тепловой балансы простого выпаривания. Классификация и конструкции выпарных аппаратов /Лек/	3	1	Эк, К
1.8.2	Схемы многокорпусных выпарных установок. Материальный и тепловой балансы выпарной установки. Температурные потери. Способы распределения полезной разности температур по корпусам. Методика расчета многокорпусной выпарной установки /Лек/	3	1	Эк, К
1.9	Массообмен /Тема/	4	0	
1.9.1	Фазовые равновесия. Уравнения материального баланса, рабочих и равновесных линий. Модификации уравнений массопередачи: основное уравнение массопередачи, объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи, число и высота единиц переноса. Аналогия тепло – и массообмена. Упрощенные модели массоотдачи: пленочная, турбулентного диффузионного пограничного слоя, проницания и обновления поверхности /Лек/	4	1	Эк, КР
1.10	Абсорбция /Тема/	4	0	
1.10.1	Особенности равновесия и массопередачи в процессе абсорбции. Схемы процесса абсорбции. Минимальный и оптимальный расходы абсорбента. Десорбция. Устройство и принцип работы абсорберов /Лек/	4	1	Эк, КР
1.11	Перегонка и ректификация /Тема/	4	0	
1.11.1	Равновесие в двухкомпонентных парожидкостных системах. Простая перегонка (дистилляция): однократная, многократная, фракционная, с дефлегмацией. Непрерывная ректификация: схема установки, материальный баланс, рабочие линии, тепловой баланс, выбор флегмового числа, особенности расчета. Периодическая ректификация /Лек/	4	1	Эк, КР
1.12	Экстракция /Тема/	4	0	
1.12.1	Способы бинарной экстракции. Одноступенчатая экстракция. Многоступенчатая перекрестная и противоточная экстракция. Непрерывная противоточная экстракция. Классификация и конструкции экстракторов /Лек/	4	1	Эк
1.13	Сушка /Тема/	4	0	
1.13.1	Общие сведения, виды сушки. Параметры влажного воздуха, диаграмма состояния, изображение процессов. Равновесие при сушке, формы связи влаги с материалом. Материальный и тепловой баланс, линия реальной сушки. Кинетика процесса. Классификация и конструкции сушилок. /Лек/	4	1	Эк
1.14	Адсорбция /Тема/	4	0	

1.14.1	Общие сведения. Равновесие при адсорбции. Кинетика процесса, схемы и стадии процесса адсорбции. Классификация и конструкции адсорберов /Лек/	4	1	Эк
2	**Раздел 2. Практические занятия**			
2.1	Массообменные процессы /Тема/	4	0	
2.1.1	Определение движущей силы процесса массопередачи, коэффициента массопередачи, средней разности концентраций /Пр/	4	1	Эк, КР
2.1.2	Определение числа единиц переноса и высоты единицы переноса в аппаратах с непрерывной поверхностью контакта фаз. Определение высоты аппаратов с непрерывной поверхностью контакта фаз /Пр/	4	1	Эк, КР
2.1.3	Расчет равновесия в системе газ-жидкость. Материальный баланс и линия рабочих концентраций процесса абсорбции. Минимальный и оптимальный расход абсорбента. Расчет диаметра и высоты насадочных абсорберов /Пр/	4	1	Эк, КР
2.1.4	Расчет равновесия в системе пар-жидкость. Решение уравнений материального и теплового балансов ректификационной установки. Построение линий рабочих и равновесных концентраций. Определение минимального и оптимального флегмового числа, числа теоретических и действительных тарелок ректификационной колонны /Пр/	4	1	Эк, КР
3	**Раздел 3. Лабораторные работы**			
3.1	Разделение неоднородных систем /Тема/	3	0	
3.1.1	Исследование процесса свободного осаждения под действием сил тяжести /Лаб/	3	4	Эк, Ко
3.1.2	Исследование гидравлики псевдоожиженного слоя /Лаб/	3	4	Эк, Ко
3.2	Теплообмен /Тема/	3	0	
3.2.1	Исследование сложного теплообмена горизонтальной трубы с окружающим воздухом в условиях свободной конвекции /Лаб/	3	4	Эк, Ко
3.2.2	Изучение работы теплообменника типа «труба в трубе» /Лаб/	3	4	Эк, Ко
3.3	Массообмен /Тема/	4	0	
3.3.1	Исследование гидродинамики насадочных аппаратов /Лаб/	4	4	Эк, Ко
3.3.2	Изучение процесса простой перегонки /Лаб/	4	4	Эк, Ко
3.3.3	Исследование работы насадочной ректификационной колонны /Лаб/	4	4	Эк, Ко
4	**Раздел 4. Самостоятельная работа**			
4.1	Введение /Тема/	3	0	
4.1.1	Основные положения. Классификация технологических процессов. Основные физические свойства жидкостей и газов /Ср/	3	6	Эк
4.2	Уравнения сохранения и переноса субстанции /Тема/	3	0	
4.2.1	Молекулярный, конвективный и турбулентный механизмы переноса /Ср/	3	8	Эк
4.2.2	Законы сохранения массы, импульса и энергии, их математическая запись в интегральной и локальной формах /Ср/	3	8	Эк
4.3	Гидромеханика /Тема/	3	0	
4.3.1	Гидростатика: абсолютный и относительный покой, поле давления и поверхности равного давления, Основное уравнение гидростатики /Ср/	3	8	Эк
4.3.2	Гидродинамика: характеристики движения сред. Виды напора, гидравлическое сопротивление, коэффициенты сопротивления /Ср/	3	8	Эк
4.3.3	Режимы движения сред. Решение уравнений движения и неразрывности для стабилизированного течения в цилиндрической трубе /Ср/	3	8	Эк
4.3.4	Теория подобия гидромеханических процессов. Основные и производные числа подобия. Уравнение связи между числами подобия /Ср/	3	8	Эк
4.4	Разделение неоднородных систем /Тема/	3	0	
4.4.1	Классификация неоднородных систем и методов их разделения. Отстаивание, конструкции и методика расчета отстойников /Ср/	3	8	Эк
4.4.2	Осаждение под действием центробежных сил. Конструкции и методики расчета циклонов, осадительных центрифуг /Ср/	3	8	Эк
4.4.3	Течение жидкости и газа через неподвижный зернистый слой. Гидродинамика зернистого слоя /Ср/	3	8	Эк
4.4.4	Фильтрование суспензий: конструкции фильтров, фильтрующих центрифуг. Уравнения фильтрования. Расчет аппаратов для фильтрования /Ср/	3	8	Эк
4.4.5	Гидродинамика псевдоожиженного слоя. Способы интенсификации гидромеханических процессов /Ср/	3	8	Эк

4.5	Перемешивание в жидких средах /Тема/	3	0	
4.5.1	Интенсивность и эффективность перемешивания. Способы перемешивания: циркуляционное, пневматическое, механическое /Ср/	3	8	Эк
4.5.2	Характер движения жидкости в аппаратах с мешалками. Классификация и конструкции мешалок. Определение мощности мешалки /Ср/	3	8	Эк
4.6	Тепловые процессы и аппараты /Тема/	3	0	
4.6.1	Теплоотдача /Ср/	3	8	Эк
4.6.2	Промышленные способы передачи тепла /Ср/	3	8	Эк
4.6.3	Выпаривание /Ср/	3	8	Эк
4.7	Массообменные процессы /Тема/	4	0	
4.7.1	Основы расчета массообменных аппаратов /Ср/	4	25	Эк
4.7.2	Абсорбция /Ср/	4	25	Эк
4.7.3	Перегонка и ректификация /Ср/	4	25	Эк
4.7.4	Экстракция /Ср/	4	25	Эк
4.7.5	Адсорбция /Ср/	4	25	Эк
4.7.6	Сушка /Ср/	4	25	Эк
4.8	Контрольная работа /Тема/	3	0	
4.8.1	Расчёт основных физических свойств жидких и паровых смесей, гидравлического сопротивления подводящих трубопроводов и диаметра технологического аппарата /Ср/	3	5	Эк, К
4.8.2	Расчет технологического трубопровода /Ср/	3	12	Эк, К
4.8.3	Расчет многокорпусной выпарной установки /Ср/	3	13	Эк, К
4.9	Курсовая работа /Тема/	4	0	
4.9.1	Расчет пораметров массообменного процесса /Ср/	4	36	Эк, КР
5	**Раздел 5. Промежуточная аттестация**			
5.1	Экзамен 5 семестр /Тема/	3	0	
5.1.1	Подготовка к экзамену /Экзамен/	3	7.65	Эк
5.1.2	Контактная работа с ППС /КоРа/	3	0.35	
5.2	Экзамен 6 семестр /Тема/	3	0	
5.2.1	Подготовка к экзамену /Экзамен/	3	7.65	Эк
5.2.2	Контактная работа с ППС /КоРа/	3	0.35	
5.3	Экзамен 7 семестр /Тема/	4	0	
5.3.1	Подготовка к экзамену /Экзамен/	4	7.65	Эк
5.3.2	Контактная работа с ППС /КоРа/	4	0.35	

Примечание. Формы контроля: Эк – экзамен, К- контрольная работа, Ко- контрольный опрос, Сз- семестровое задание, З-зачет, ОП-отчет по практике.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценочные средства планируемых результатов обучения представлены в виде фондов оценочных средств (ФОС), разработанных в соответствии с локальным нормативным актом университета. ФОС может быть представлен в Приложении к рабочей программе.

УК-2: Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.
УК-2.1: Знает действующие правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность; виды ресурсов и ограничений для решения задач в профессиональной деятельности; методы оценки способов решения профессиональных задач.
Результат обучения УК-2.1: студент знает действующие правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность, виды ресурсов и ограничений для решения задач химической технологии.
УК-2.2: умеет анализировать поставленную цель и формулировать задачи, требующие решения для достижения этой цели, проводить оценку альтернативных способов решения задач для достижения намеченных результатов, выбирать оптимальный способ решения задач с учетом действующих правовых норм, ресурсов и ограничений
Результат обучения УК-2.2: студент умеет проводить критический анализ способов решения задач для выбора оптимального варианта с учетом действующих правовых норм, ресурсов и ограничений.
УК-2.3: Владеет методами разработки задач в рамках поставленной цели и оценки имеющихся ресурсов и ограничений; навыками работы с нормативно-правовой документацией.
Результат обучения УК-2.3: студент владеет навыками работы с нормативно-правовой документацией и методами разработки задач химической технологии с учетом имеющихся ресурсов и ограничений.
ОПК-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач

профессиональной деятельности
ОПК-2.1: Знает теоретические основы математики, физики, химии и смежных с ними естественнонаучных и технических дисциплин
Результаты обучения ОПК-2.1: студент знает теоретические основы и физико-химические закономерности протекания процессов химической технологии.
ОПК-2.2: Умеет решать задачи по основным разделам математики, физики и химии, а также определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов смежных с ними естественнонаучных и технических дисциплин для решения профессиональных задач.
Результаты обучения ОПК-2.2: студент умеет синтезировать и применять полученные знания по естественнонаучным и техническим дисциплинам для решения задач химической технологии.
ОПК-2.3:Владеет навыками использования математических, физических, физико-химических и химических методов решения задач профессиональной деятельности.
Результаты обучения ОПК-2.3: студент владеет навыками расчета и подбора технологического оборудования определенной функциональной группы.
Оценочное средство "контрольный опрос" проводится в виде мини-собеседования с предоставлением протокола отчёта о выполнении лабораторной работы с целью оценки текущего уровня знаний студентов в вопросах, связанных с её тематикой.
Шкала оценивания:
5 баллов / протокол отчёта оформлен технически грамотно; даны верные ответы на все вопросы /
4 балла / протокол отчёта оформлен технически грамотно; даны неверные ответы на 1-2 вопроса /
2-3 балла / протокол отчёта оформлен с замечаниями; даны неверные ответы на 2-3 вопроса /
0-1 балла / протокол отчёта оформлен с замечаниями; даны неверные ответы более чем на 4 вопроса /
Контрольные вопросы к лабораторной работе "Исследование процесса свободного осаждения под действием сил тяжести":
1. Что называется осаждением?
2. Какое осаждение называется свободным?
3. Что такое сила сопротивления среды? Закон сопротивления среды.
4. Что такое миделево сечение?
5. Какие силы действуют на частицу при осаждении?
6. Какие могут существовать режимы движения частиц в жидкости? С помощью каких параметров можно оценить границы существования этих режимов?.
7. Частные формулы для определения скорости осаждения шаровых частиц.
8. Критерий Архимеда. Связь критерия Рейнольдса с критерием Архимеда.
9. Единое критериальное уравнение (формула Тодеса).
10. Критерий Лященко. Обратная задача осаждения.
11. Что понимается под эквивалентным диаметром некруглой частицы?
12. Что такое стесненное осаждение?
13. Уравнение для определения критерия Рейнольдса при стесненном осаждении?
Контрольные вопросы к лабораторной работе "Исследование гидравлики псевдоожиженного слоя":
1. Что понимается в гидродинамике под термином «псевдоожиженный слой»?
2. Каковы преимущества и недостатки применения псевдоожиженного слоя?
3. Какие критические скорости существуют при псевдоожижении?
4. Изобразите и поясните график зависимости гидравлического сопротивления слоя от скорости фильтрации.
5. Чем объясняется постоянство величины гидравлического сопротивления для псевдоожиженного слоя?
6. Какие состояния зернистого слоя могут быть?
7. Какова структура псевдоожиженного слоя. Какие режимы псевдоожижения существуют?
8. Что понимается под числом псевдоожижения? Что оно характеризует?
9. Что называется пористостью зернистого слоя?
10. Как изменяется пористость зернистого слоя в процессе псевдоожижения?
11. Каков принцип работы лабораторной установки?
Контрольные вопросы к лабораторной работе "Исследование сложного теплообмена горизонтальной трубы с окружающим воздухом в условиях свободной конвекции":
1. Какие виды конвекции существуют?
2. Раскройте понятия: теплоотдача, теплопередача, конвективный теплообмен, сложный теплообмен
3. Определите понятия: тепловой поток, плотность теплового потока.
4. Сформулируйте закон Ньютона-Рихмана и запишите его математическое выражение
5. Запишите критериальное уравнение для процесса теплоотдачи при свободной конвекции и поясните смысл критериев подобия
6. Какие существуют режимы при теплоотдаче для трубы в условиях свободной конвекции?
7. Что понимается под лучистым теплообменом и как определяется количество передаваемой лучистой энергии?
Контрольные вопросы к лабораторной работе "Изучение работы теплообменника типа «труба в трубе":
1. Изобразите схему устройства теплообменника типа «труба в трубе»
2. Какие существуют способы передачи тепла от горячего теплоносителя к холодному?
3. Запишите основное уравнение теплопередачи и поясните его содержание
4. Каково физическое содержание коэффициента теплоотдачи и какова его размерность?
5. Каково физическое содержание коэффициента теплопередачи и какова его размерность?
6. Раскройте физический смысл чисел подобия тепловых процессов.
7. Представьте в общем виде критериальные уравнения для процесса теплоотдачи. Какие факторы влияют на вид этих уравнений?

Контрольные вопросы к лабораторной работе "Исследование гидродинамики насадочных аппаратов":
1. Какое состояние системы «газ-жидкость» называют инверсией фаз?
2. Какие существуют режимы работы насадочного аппарата?
3. Как влияет скорость движения газа (пара) в колонном аппарате на его диаметр?
4. Как зависит величина коэффициента массопередачи от скорости движения сплошной фазы в массообменном аппарате? Изобразите график этой зависисмости.
5. Как влияет скорость движения газа (пара) на высоту слоя насадки. Покажите эту зависимость.
6. Назовите основные параметры насадки и раскройте их физический смысл.
7. Какую скорость движения газовой фазы в аппарате принимают в качестве оптимальной?
Контрольные вопросы к лабораторной работе "Изучение процесса простой перегонки":
1. Понятие простой перегонки, области ее применения.
2. Способы проведения процесса простой перегонки.
3. Каков физический смысл процесса простой перегонки?
4. Как выглядит схема процесса простой перегонки?
5. Изобразите и поясните фазовую диаграмму равновесия пар-жидкость.
6. Как записывается уравнение для расчета количества получаемого кубового остатка при перегонке?
7. Как определяются уравнения материального баланса для перегонки по всей массе продуктов и по низкокипящему компоненту?
8. Как можно определить состав дистиллята?
9. Уравнение теплового баланса для куба колонны.
10. Как можно рассчитать продолжительность процесса простой перегонки?
Контрольные вопросы к лабораторной работе "Исследование работы насадочной ректификационной колонны":
1. Какой процесс разделения смесей называется ректификацией?
2. Изобразите принципиальную схему ректификационной установки непрерывного действия
3. Что является движущей силой процесса ректификации?
4. Как определяется коэффициент массопередачи? Связь между поверхностным и объемным коэффициентами массопередачи.
5. Запишите уравнения рабочих линий для укрепляющей и исчерпывающей частей колонны.
6. Изобразите положение рабочих линий процесса ректификации на диаграмме y-x
7. Дайте определение флегмового числа. Как определяется минимальное и рабочее флегмовое число?
8. Что понимают под числом единиц переноса и теоретической ступенью концентрирования?
9. Как определяется число единиц переноса для укрепляющей и исчерпывающей частей колонны?
10. Что понимают под высотой эквивалентной одной единице переноса?
11. Какие способы создания поверхности контакта фаз используют в ректификационной колонне?
12. Как определяется высота слоя насадки в колонне?
Оценочное средство "контрольная работа" проводится с целью оценки текущего уровня умений студентов решать практические задачи по расчету основных параметров технологического оборудования химических производств.
Шкала оценивания:
16-20 баллов / приведены все необходимые расчётные схемы, допущено не более 1 вычислительной ошибки;
11-15 баллов / приведены не все необходимые расчётные схемы, допущены не более 2 вычислительных ошибок;
6-10 баллов / приведены не все необходимые расчётные схемы, допущено не более 3 вычислительных ошибок;
0-5 баллов / не приведены необходимые расчётные схемы, допущено более 3 вычислительных ошибок.
Методика расчёта и примеры решения типовых задач приведены в учебном пособии под ред. П.Г. Романкова " Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для студ. хим.-технолог. спец. вузов " .
Примеры расчетов аппаратов химической технологии приведены в пособии по проектированию: «Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию /. Под ред. Ю.И. Дытнерского» .
1) для контрольной работы " Расчет технологического трубопровода" (самостоятельная работа студентов в 5 семестре) Методика расчета приводится в методических указаниях «Расчет технологического трубопровода»: методические указания к контрольно-семестровой работе по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» / сост. Ю. В. Аристова; ВолгГТУ. – Волгоград, 2019. – 16 с.
2)для контрольной работы «Расчёт основных физических свойств жидких и паровых смесей, гидравлического сопротивления подводящих трубопроводов и диаметра технологического аппарата» (работа студентов на практических занятиях в 5 семестре). Методика расчета и варианты индивидуальных заданий приводятся в методических указаниях для выполнения контрольной работы «Явления переноса импульса и энергии в химической технологии»: метод. указания / сост. А. А. Шагарова, Л. А. Ильина, С. А. Трусов. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2017. – 16 с.
3) для контрольной работы " Расчет многокорпусной выпарной установки" (самостоятельная работа студентов в 6 семестре) методика расчета и пример выполнения задания приводится в методических указаниях «Методика расчета многокорпусной выпарной установки»: методические указания для выполнения ОргСРС / Сост. Шагарова А.А., Дулькина Н.А., Фетисова Е.Г. Волгоград. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2011. – 28 с.
4) для контрольной работы " Расчет параметров процесса абсорбции " (работа студентов на практических занятиях в 7 семестре) методика расчета приводятся в методических указаниях для выполнения контрольной работы «Расчет насадочного абсорбера» Методические указания для выполнения ОргСРС/ Сост. А.А. Шагарова, Н.А. Дулькина, Ю.В. Аристова. – Волгоград, ВолгГТУ. 2009. – 40 с.
5) курсовая работа выполняется студентами по индивидуальным вариантам задания, выдаваемых руководителем – преподавателем, ведущим занятия по учебной дисциплине.
Типовая структура курсовой рабюоты, рекомендации по выполнению и примеры индивидуальных заданий приведены в методических указаниях:
«Расчет ректификационной колонны» метод. указания для организации самостоятельной работы студента по дисциплине

«Процессы и аппараты химической технологии» / сост. Н. В. Шибитова, Ю. В. Аристова, Н. С. Шибитов; ВолгГТУ. – Волгоград, 2019. – 32 с;
«Расчет массообменного аппарата» Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»/ Сост. В. А. Балашов, В.В. Шишлянников, Д.А. Анохин, Г.И. Первакова,/ВолгГТУ.-. Волгоград, 2007 – 16с.
Оценочное средство "зачёт" проводится с целью оценки знаний и умений студентов по изученному в 5,6 семестрах материалу курса и предусматривает устный ответ на два теоретических вопроса, проиллюстрированный при необходимости поясняющими уравнениями и рисунками и схему аппарата с пояснением основных конструктивных элементов аппарата и принципа его действия. Зачет может проводиться в форме машинного тестирования (компьютерного опроса).
Шкала оценивания:
35-40 баллов / полное изложение программного материала; последовательные и логичные ответы на все вопросы /
25-34 баллов / правильное изложение основного материала; последовательные ответы на все вопросы с нарушением логической последовательности без существенных неточностей /
15-25 баллов / изложение основного материала с нарушением логической последовательности; частичные ответы на все вопросы /
0-14 баллов / изложение части основного материала с нарушением логической последовательности; ошибки в формулировках при частичных ответах на вопросы /
Вопросы к зачёту (5 семестр):
I. Теоретические вопросы:
1. Основные понятия теории переноса субстанции. Субстанция, поток субстанции, удельный поток субстанции, концентрация, объемный источник (сток) субстанции.
2. Уравнения сохранения субстанции. Материальный и тепловой балансы.
3. Молекулярный, конвективный и турбулентный механизмы переноса. Выражения для потоков массы, энергии и импульса за счет различных механизмов. Аналогия процессов переноса.
4. Уравнение переноса субстанции Умова. Природа субстанции.
5. Классификация технологических процессов. Газообразное, жидкое, твёрдое и плазменное состояние вещества.
6. Уравнение Ньютона-Петрова. Вязкость. Природа вязкости, связь с молекулярной структурой вещества для газов, жидкостей, полимерных материалов.
7. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Кривая течения.
8. Гидростатика: абсолютный и относительный покой, поле давления и поверхности равного давления, Основное уравнение гидростатики.
9. Опыты Рейнольдса. Ламинарное, переходное и турбулентное течения. Слоистые течения.
10. Уравнение Навье-Стокса. Граничные и начальные условия. Интегральные преобразования уравнений Навье-Стокса.
11. Интегральное уравнение Бернулли. Физический смысл его членов.
12. Гидродинамика: характеристики движения сред. Идеальная и реальная жидкость.
13. Уравнение неразрывности. Сжимаемая и несжимаемая (капельная) жидкости. Понятие о расходах. Средняя скорость.
14. Распределение скоростей в ламинарном потоке. Связь между средней и максимальной скоростью. Уравнение Пуазейля.
15. Движение жидкостей и газов в трубах и каналах различной формы. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр трубопровода.
16. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Уравнение Дарси-Вейсбаха. Потери давления по длине трубопровода. Коэффициент линейных потерь в трубопроводах.
17. Местные сопротивления. Сопротивление реальных трубопроводов.
18. Теория турбулентности. Турбулентное течение в круглых трубах. Влияние турбулентности на интенсивность процессов, протекающих в жидкости.
19. Теория подобия гидромеханических процессов. Основные и производные числа подобия. Уравнение связи между числами подобия. Теоремы подобия.
20. Гомогенные и гетерогенные системы, методы описания их состава. Классификация неоднородных систем и методов их разделения.
21. Движение одиночной твердой частицы в жидкой среде. Силы, действующие на частицу. Коэффициент сопротивления. Числа подобия Рейнольдса, Архимеда и Лященко. Уравнение связи. Формула Тодеса. Стесненное коллективное движение частиц.
22. Эффективность протекания процессов переноса импульса в центробежном поле. Способы создания поля центробежных сил. Центробежные числа подобия.
23. Течение жидкости и газа через неподвижный зернистый слой. Гидродинамика зернистого слоя. Геометрические и кинематические характеристики зернистого слоя. Моно- и полидисперсные зернистые слои.
24. Капиллярная модель зернистого слоя. Понятие о действительной и фиктивной скоростях.
25. Фильтрование. Скорость фильтрования. Основное уравнение процесса. Режимы фильтрования.
26. Фильтрование при постоянной разности давления. Константы фильтрования. Время фильтрования. Фильтрование при постоянной скорости. Повышение эффективности процессов фильтрования.
27. Гидродинамика псевдоожиженного слоя. Перепад давления и пределы существования псевдоожиженного слоя.
28. Перемешивание в химической технологии. Способы перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания.
29. Характер движения жидкости в аппаратах с мешалками. Классификация и конструкции мешалок. Определение мощности мешалки.
30. Способы интенсификации гидромеханических процессов.
II. Конструкции аппаратов:
1. Отстойник с гребковой мешалкой.
2. Отстойник с коническими полками.

3. Отстойник для разделения эмульсий.
4. Пылеосадительная камера.
5. Пенный аппарат для очистки газов.
6. СкрубберВентури.
7. Циклон.
8. Батарейныйциклон.
9. Нутч-фильтр.
10. Листовой фильтр.
11. Рамный фильтр-пресс.
12. Барабанный вакуум-фильтр.
13. Ленточный вакуум-фильтр.
14. Центрифуга со шнековой выгрузкой осадка.
15. Центрифуга с ножевым устройством для удаления осадка.
16. Сепаратор.
17. Сверхцентрифуга.
18. Схема барботажного и циркуляционного перемешивания.
19. Конструкции мешалок.
Вопросы к зачёту (6 семестр):
I. Теоретические вопросы:
1. Элементарные виды переноса теплоты. Теплопроводность и механизм переноса энергии. Закон теплопроводности Фурье
2. Конвективный теплообмен: гидродинамический и тепловой пограничные слои на плоской пластине
3. Кондуктивный теплообмен в плоской и цилиндрической стенке, термическая проводимость и термическое сопротивление стенки.
4. Лучистый теплообмен
5. Теплообмен в трубах, участки гидродинамической и тепловой стабилизации
6. Теплоотдача при естественной конвекции.
7. Теплоотдача при вынужденной конвекции. Течение в трубах и змеевике, обтекание труб.
8. Плёночное течение. Теплоотдача при перемешивании жидкостей.
9. Теплоперенос при турбулентном течении. Физическая модель процесса. Ламинарный и вязкий подслой.
10. Физическая модель процесса теплопереноса вблизи стенки. Уравнение теплоотдачи Ньютона. Коэффициент теплоотдачи.
11. Уравнение конвективно-кондуктивного переноса теплоты
12. Числа подобия тепловых процессов, их физический смысл
13. Общий вид критериальных уравнений при вынужденном движении теплоносителя в трубах
14. Теплообмен при изменении агрегатного состояния. Число фазового превращения. Теплообмен при конденсации пара. Режимы конденсации. Уравнение связи. Влияние неконденсирующихся газов.
15. Теплообмен при кипении жидкости. Режимы кипения. Кризисы кипения. Уравнение связи.
16. Промышленные способы нагревания и охлаждения. Промышленные теплоносители. Тепловой баланс
17. Теплопередача. Модель переноса. Уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи.
18. Теплопередача при изменении температур теплоносителей. Схемы движения теплоносителей. Средняя разность температур
19. Способы выпаривания. Влияние циркуляции на интенсивность процесса.
20. Общая и полезная разности температур при проведении процесса выпаривания.
21. Природа температурных потерь. Определение температурной, гидростатической и гидравлической депрессий
22. Материальный и тепловой балансы простого выпаривания.
23. Схемы многокорпусных выпарных установок.
24. Материальный и тепловой балансы многокорпусной выпарной установки.
25. Способы распределения полезной разности температур по корпусам.
26. Методика расчета многокорпусной выпарной установки
II. Конструкции аппаратов:
1. Кожухотрубный теплообменник.
2. Многоходовый кожухотрубный теплообменник.
3. Тплообменник типа «труба в трубе».
4. Орсительный теплообменник.
5. Пластинчатый теплообменник.
6. Спиральный теплообменник.
7. Выпарной аппарат с центральной циркуляционной трубой.
8. Выпарной аппарат с вынесенной греющей камерой и естественной циркуляцией раствора.
9. Выпарной аппарат с принудительной циркуляцией раствора.
10. Схема прямоточной выпарной установки.
11. Схема противоточной выпарной установки.
Оценочное средство "экзамен" проводится с целью оценки знаний и умений студентов по изученному в 7 семестре материалу курса и предусматривает устный или письменный ответ на два теоретических вопроса, проиллюстрированный поясняющими уравнениями и рисунками и схему аппарата с пояснением основных конструктивных элементов аппарата и принципа его действия. Экзамен может проводиться в форме машинного тестирования (компьютерного опроса).
Шкала оценивания:
35-40 баллов / полное изложение программного материала; последовательные и логичные ответы на все вопросы, схема конструкции аппарата приведена с обозначениями основных конструктивных элементов и описанием принципа действия /

25-34 баллов / правильное изложение основного материала; последовательные ответы на все вопросы с нарушением логической последовательности без существенных неточностей, схема конструкции аппарата приведена с небольшими неточностями /
15-25 баллов / изложение основного материала с нарушением логической последовательности; частичные ответы на все вопросы, в схеме конструкции аппарата допущены ошибки /
0-14 баллов / изложение части основного материала с нарушением логической последовательности; ошибки в формулировках при частичных ответах на вопросы, схема конструкции аппарата не приведена /
Вопросы к экзамену (7 семестр):
I. Теоретические вопросы:
1. Массообменные процессы в технологических процессах. Концентрация, как количественная величина, определяющая интенсивность и потенциал массопереноса, многокомпонентные фазы. Молекулярный массоперенос. Коэффициент диффузии. Природа молекулярной диффузии в газах и жидкостях.
2. Конвективный массоперенос. Уравнение конвективного массопереноса. Диффузионный пограничный слой.
3. Уравнение массоотдачи. Физическая модель массоотдачи. Коэффициент массоотдачи, физический смысл и размерность.
4. Подобие массообменных процессов. Числа подобия. Уравнение связи массообменных процессов.
5. Материальный баланс массообменных аппаратов. Уравнение линий рабочих концентраций. Выбор концентраций для описания массообменных процессов.
6. Равновесие в массообменных процессах. Основные понятия о химической термодинамике. Химический потенциал. Линия равновесных концентраций для идеальных и реальных систем. Коэффициент равновесия.
7. Теории массопереноса через поверхность контакта фаз. Уравнение массопередачи. Движущая сила процесса массопередачи. Коэффициент массопередачи, физический смысл и размерность.
8. Массоперенос при изменении концентраций в фазах. Средняя разность концентраций.
9. Модифицированное уравнение массопередачи. Число единиц переноса. Высота единицы переноса.
10. Определение числа единиц переноса в аппаратах с непрерывной поверхностью контакта фаз.
11. Определение высоты аппаратов с непрерывной поверхностью контакта фаз.
12. Теоретическая и действительная ступени изменения концентрации. КПД ступени.
13. Определение числа действительных ступеней изменения концентраций построением кинетической кривой.
14. Способы создания поверхности контакта фаз, типы колонных аппаратов. Насадочные колонны, насадочные тела, их геометрические характеристики.
15. Режимы работы насадочных колонн. Оптимальная скорость и гидравлическое сопротивление насадочных колонн.
16. Определение диаметра и высоты насадочных колонн.
17. Режимы работы тарельчатых колонн. Рабочая скорость и гидравлическое сопротивление тарельчатых колонн.
18. Определение диаметра и высоты тарельчатых колонн.
19. Абсорбция. Основные понятия. Основные физико-химические закономерности. Линия равновесных концентраций.
20. Материальный баланс и линия рабочих концентраций процесса абсорбции. Минимальный и оптимальный расход абсорбента.
21. Ректификация и перегонка. Основные понятия. Физико-химические закономерности. Идеальные и реальные растворы. Изотермы Рауля.
22. Схема и материальный баланс ректификационной установки непрерывного действия.
23. Линии рабочих концентраций. Графическое изображение процесса ректификации.
24. Минимальное и оптимальное флегмовые числа.
25. Тепловой баланс ректификационной колонны, кипятильника, дефлегматора и подогревателя исходной смеси.
26. Экстрагирование. Схема процесса и основные понятия. Выбор экстрагента.
27. Прямоугольная и треугольная диаграммы при графическом изображении процесса. Равновесие при экстрагировании. Бинодальная кривая, хорды равновесия.
28. Одноступенчатое экстрагирование. Расчет по прямоугольной и треугольной диаграммам. Многоступенчатое экстрагирование. Экстрагирование в перекрестном токе.
29. Противоточное экстрагирование. Колонные экстракторы. Определение числа ступеней противоточного экстрагирования по прямоугольной и треугольной диаграммам. Расчет экстракторов.
30. Сушка материалов. Схема процесса и основные понятия. Материальный баланс сушильной установки. Удельный расход воздуха.
31. Тепловой баланс сушильной установки.
32. Изображение процесса сушки в I-x диаграмма. Теоретическая и действительная сушилки.
33. Кинетика процесса сушки. Скорость сушки. Кривая скорости сушки. Влияние на скорость сушки различных факторов процесса.
34. Связь влаги с материалом. Первый период сушки и второй периоды сушки.
35. Адсорбция. Схема и основные понятия.
36. Адсорбенты. Равновесие при адсорбции.
37. Расчет адсорберов периодического и непрерывного действия.
II. Конструкции аппаратов:
1. Конструкции тарелок провального и беспровального типа.
2. Типы и классификация насадок.
3. Конструкции абсорберов: пленочного, насадочного и тарельчатого типов.
4. Конструкции ректификационных колонн: насадочного и тарельчатого типов.
5. Конструкции адсорберов: с неподвижным слоем адсорбента, с движущимся слоем адсорбента, с псевдоожиженным слоем адсорбента.
6. Конструкции экстракторов: колонный тарельчатый экстрактор, шнековый экстрактор.
7. Конструкции сушилок: ленточная, барабанная, с кипящим слоем, распылительная.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

6.1. Рекомендуемая литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год.	Электронный адрес
Л.1	Дытнерский Ю. И.	Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты: учебник	Москва: Химия, 2002	
Л.2	Дытнерский Ю. И.	Массообменные процессы и аппараты: учебник	Москва: Химия, 2002	
Л.3	Касаткин А. Г.	Основные процессы и аппараты химической технологии: учеб. для вузов	Москва: Альянс, 2008	
Л.4	Шибитова Н. В., Шибитов Н. С.	Расчет и обоснование выбора теплообменного аппарата: учеб. пособие	Волгоград: ВолгГТУ, 2012	
Л.5	Шибитов Н. С., Шибитова Н. В., Голованчиков А. Б.	Моделирование гидродинамических и массообменных процессов и применение современных контактных устройств в колонных аппаратах: монография	Волгоград: ВолгГТУ, 2016	
Л.6	Шибитова Н. В., Шибитов Н. С., Голованчиков А. Б.	Аппараты воздушного охлаждения: учеб. пособие	Волгоград: ВолгГТУ, 2019	
Л.7	Айнштейн В. Г., Захаров М. К., Носов Г. А.	Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. В 2 кн.: учебник	М.: Логос: Высш. шк., 2002	
Л.8	Дытнерский Ю. И.	Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию	М.: Альянс, 2008	
Л.9	Смирнов Н. Н., Барабаш В. М., Карпов К. А.	Альбом типовой химической аппаратуры (принципиальные схемы аппаратов): учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2019	
Л.10	Тимонин А. С.	Инженерно-экологический справочник	Москва: Инфра-Инженерия, 2019	
Л.11	Тимонин А. С.	Оборудование нефтегазопереработки, химических и нефтехимических производств: учебник для вузов. В 2 кн.	Москва: Инфра-Инженерия, 2019	
Л.12	Баранов Д. А.	Процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие	Санкт-Петерберг: Лань, 2018	https://e.lanbook.com/book/98234?category_pk=3863#book_name
Л.13	Титова Л. М., Алексанян И. Ю., Нугманов А. Х.-Х.	Массообменные процессы в химической и пищевой технологии. Лабораторные и практические занятия: учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2021	https://reader.lanbook.com/book/168726#224

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	ЭБС ВолгГТУ
Э2	БнД ВИНИТИ

6.3 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	Microsoft Office PowerPoint 2007 - программа для создания презентаций
6.3.1.2	Microsoft Office Excel 2007 - табличный процессор
6.3.1.3	Adobe Acrobat Reader DC - бесплатное решение для просмотра файлов PDF

6.4 Перечень информационных справочных систем и электронных библиотечных систем (ЭБС)

6.3.2.1	Библиотека (ИБЦ) http://library.vstu.ru/sci-nci
6.3.2.2	Электронная информационно-образовательная среда университета, https://eos2.vstu.ru/
6.3.2.3	ЭБС "Лань", https://e.lanbook.com/
6.3.2.4	ЭБС "Book.ru", https://www.book.ru/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) /ОБОРУДОВАНИЕ

7.1	Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа / учебная доска, учебная мебель, интерактивная трибуна, видеопроектор /
7.2	Аудитория для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации / учебная доска, учебная мебель, компьютерная техника с необходимым программным обеспечением и доступом в Интернет и в электронную информационную образовательную среду университета /

7.3	Лаборатория процессов и аппаратов химических производств / рабочее место обучающегося, специализированное напольное и настольное оборудование /
7.4	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся / учебная мебель, компьютерная техника с доступом в Интернет и в электронную информационную образовательную среду университета /

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

Организация образовательного процесса по дисциплине "Процессы и аппараты химической технологии" регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачёт дисциплины " Процессы и аппараты химической технологии " (переаттестации её части), если она была освоена в процессе предшествующего обучения. Перезачёт (переаттестация её части) освобождает обучающегося от необходимости повторного освоения дисциплины (полностью или частично).

Учебный процесс при преподавании курса " Процессы и аппараты химической технологии " основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями, практическими занятиями и лабораторными работами. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путём активизации самостоятельной работы студентов в электронной информационной образовательной среде.

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана. На первой лекции лектор информирует студентов о рекомендуемой литературе и электронных источниках информации по дисциплине, с указанием, какой учебник (учебное пособие) является базовым.

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают основные разделы дисциплины " Процессы и аппараты химической технологии ". Основной формой проведения практических занятий является решение конкретных задач. Каждому практическому занятию предшествует самостоятельная подготовка студента, включающая: ознакомление с содержанием практического занятия по методическим указаниям; проработку теоретической части по лекционному материалу и учебникам, рекомендованным в методических указаниях.

Лабораторные работы предполагают выполнение и отчёт заданий по темам, рассмотренным на лекционных и закреплённых на практических занятиях. Каждому лабораторному занятию предшествует самостоятельная подготовка студента, включающая: ознакомление с содержанием практического занятия по методическим указаниям; проработку теоретической части по лекционному материалу и учебникам, рекомендованным в методических указаниях.

Самостоятельная работа студентов включает изучение законспектированного на лекционных занятиях материала, дополнение его с учётом рекомендованной по данной теме литературы, самостоятельную подготовку к практическим занятиям и лабораторным работам, самостоятельное выполнение и оформление заданий контрольной работы, аналогичных выполненным на занятиях.

В течении семестра для студентов проводятся групповые текущие консультации по учебной дисциплине.

Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн), в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учётом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ (при необходимости).

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учётом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств. Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания. При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.