МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Химико-технологический факультет

УТВЕРЖДЕНО
Химико-технологический факультет

Декан Шишкин Е.В.
г.

Процессы и аппараты химической технологии

рабочая программа дисциплины (модуля, практики)

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

Учебный план Направление 18.03.01 Химическая технология

Профиль **Химическая технология полимеров**

Квалификация **бакалавр**

Срок обучения **4 года**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **12 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах: экзамены 5, 6

Семестр(Курс.Номер семестра на курсе)	**5(3.1)**		**6(3.2)**		Итого	
	УП	ПП	УП	ПП	УП	ПП
Лекции	32	32	32	32	64	64
Практические	16	16	16	16	32	32
Лабораторные	32	32	32	32	64	64
Итого ауд.	80	80	80	80	160	160
Контактная работа	80.35	80.35	80.35	80.35	160.7	160.7
Сам. работа	100	100	100	100	200	200
Часы на контроль	35.65	35.65	35.65	35.65	71.3	71.3
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 Шибитова Наталия Валентиновна 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 18.03.01 Химическая технология (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 922)

составлена на основании учебного плана:
Направление 18.03.01 Химическая технология

Профиль: Химическая технология полимеров

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:
Химико-технологический факультет
Председатель НМС факультета: Шишкин Е.В.

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.

Цель изучения дисциплины заключаются в освоении теоретических знаний в области процессов и аппаратов химической технологии, а также приобретение умений применять эти знания в профессиональной деятельности при решении, как конкретных производственных задач, так и перспективных вопросов, связанных с рационализацией процессов и совершенствованием аппаратов химических производств; формирование профессиональных компетенций, необходимых выпускнику.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- изучить теоретические основы процессов и аппаратов химической технологии;
- знакомство с устройством и принципом работы машин и аппаратов, в которых эти процессы протекают;
- знакомство с методами расчета основных видов технологического оборудования с целью его подбора, определения ресурсных возможностей и выдачи рекомендаций по его модернизации и проектированию;
- изучение способов повышения эффективности работы технологического оборудования;
- изучение методов интенсификации процессов химической технологии;
- знакомство с перспективными направлениями развития науки о процессах и аппаратах химической технологии.

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

Цикл (раздел) ОП:	Б1.О
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Инженерная и компьютерная графика
2.2	**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

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 правила и условности при выполнении конструкторской документации проекта.

Результаты обучения: студент знает стандарты, методические и нормативные материалы, сопровождающие процессы производства;основы выбора оборудования в соответствии с техническим заданием; современный уровень развития техники и технологии;

УК-2.2: Знает основы расчета на прочность, жесткость и устойчивость элементов оборудования химической промышленности.

Результаты обучения: студент знает особенности проведения технологического процесса; основные методики расчета элементов оборудования на прочность;

УК-2.3: Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности.

Результаты обучения: студент знает основные типы аппаратов химической технологии, их принцип действия, конструктивные особенности, факторы, влияющие на производительность и экономичность промышленных установок; пути интенсификации и тенденции развития высокоэффективных технологических процессов и оборудования; методики расчета оборудования; рабочие режимы проведения технологического процесса;

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/	5	0	
1.1.1	Предмет и задачи дисциплины. Классификация процессов химической технологии. Методы изучения процессов химической технологии. /Лек/	5	1	Эк
1.2	Гидромеханические процессы /Тема/	5	0	
1.2.1	Гидростатика. Основное уравнение гидростатики и его практическое применение. Течение жидкостей в трубах. Режимы течения жидкости. Определение потерь давления и расхода. Уравнения Пуазейля и Дарси-Вейсбаха. Расчет трубопровода. /Лек/	5	2	Эк

1.2.2	Гидродинамика.Классификация жидкостей. Физические свойства жидкостей. Силы, действующие в жидкости. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Кинематические и геометрические характеристики потока. Законы сохранения и переноса в гидромеханике. Уравнения неразрывности переноса количества движения и энергии. Перемещение частиц в жидкости в поле силы тяжести и в поле центробежных сил. Сила сопротивления среды и скорость перемещения частиц в жидкости при этом. /Лек/	5	2	Эк
1.2.3	Гидромеханические процессы и аппараты. Классификация процессов разделения. Осаждение в поле сил тяжести. Фильтрация жидкости через слой пористого и зернистого материала. Разновидности пористых и зернистых материалов и их характеристики. Закономерности фильтрационных течений через пористые и зернистые материалы. Псевдоожиженный слой и параметры его состояния. Теория подобия в процессах и аппаратах химической технологии. /Лек/	5	3	Эк
1.2.4	Отстаивание. Конструкции отстойников и определение их размеров. Центрифугирование. Конструкции отстойных центрифуг. Определение производительности и потребляемой мощности центрифуги. Циклонирование. Конструкции циклонов. Определение размеров и гидродинамического сопротивления циклонов. Батарейные циклоны. /Лек/	5	2	Эк
1.2.5	Очистка газов. Промышленные аэрозоли. Гравитационная, инерционная, мокрая, фильтрационная и электрическая очистка газов. Конструкции газоочистного оборудования. /Лек/	5	2	Эк
1.3	Промышленные способы перемешивания. /Тема/	5	0	
1.3.1	Характеристики процесса. Определение числа оборотов и мощности при перемешивании жидкостей. Конструкции мешалок и области их применения. /Лек/	5	2	Эк
1.4	Транспортировка жидкостей. /Тема/	5	0	
1.4.1	Конструкции насосов и принципы их работы. Характеристики центробежного насоса и его работа на трубопровод. Подбор насоса и регулирование его работы. Параллельное и последовательное соединения насосов. /Лек/	5	2	Эк
1.5	Тепловые процессы и аппараты. /Тема/	5	0	
1.5.1	Характеристики теплового потока. Способы передачи тепла. Теплопроводность. Закон Фурье. теплопроводность плоской, цилиндрической и многослойной стенки. Лучистый теплообмен. Закон Стефана-Больцмана. Расчет теплообмена излучением. Конвекция и теплоотдача. Закон Ньютона-Рихмана. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена. Математическая уравнение конвективного теплообмена. Подобие тепловых процессов. Числа теплового подобия и критериальные уравнения теплоотдачи. /Лек/	5	5	Эк
1.5.2	Теплоотдача. Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи и его определение, определение средней движущей силы теплопередачи. Теплопередача при нестационарном режиме. /Лек/	5	2	Эк
1.5.3	Нагревание. Способы нагревания. Нагревание топочными газами и определении расхода топлива. нагревание электрическим током и определение мощности нагревательного элемента. Нагревание с помощью промежуточных парообразных и жидких теплоносителей. Конструкции теплообменных аппаратов для нагревания и расчет их поверхности теплообмена. /Лек/	5	3	Эк, К
1.5.4	Охлаждение до обычных температур. Способы охлаждения. Определение расходов охлаждающей воды и воздуха. Конструкции теплообменных аппаратов для охлаждения водой или воздухом и определение их основных параметров. /Лек/	5	2	Эк, К
1.5.5	Конденсация. Способы конденсации. Конденсаторы смешения и поверхностные. Конструкции конденсаторов различных типов. Расчет конденсаторов смешения и поверхностных. Подбор стандартных конструкций кожухотрубчатых конденсаторов. /Лек/	5	2	Эк, К

1.5.6	Выпаривание. Техническое осуществление этого процесса. Однократное и многократное выпаривание. Изменение параметров процесса по корпусам для многократной выпарной установки. Определение расхода греющего пара. Определение полезной разности температур и ее распределение по корпусам. Схемы многократных выпарных установок. Конструкции выпарных аппаратов. Методика приближенного расчета многократной выпарной установки. /Лек/	5	2	Эк
1.6	Массообменные процессы. /Тема/	6	0	
1.6.1	Общие сведения о массообменных аппаратах. Массообменные системы. Классификация массообменных процессов. Принцип работы основных массообменных аппаратов. Массоперенос в системах со свободной границей раздела фаз. Основные характеристики и понятия этого процесса. Молекулярная диффузия. Первый закон Фика. Конвективная диффузия и массотдача. Закон Щукарева. Подобие массообменных процессов, критериальные уравнения массоотдачи. /Лек/	6	7	Эк
1.6.2	Основы расчета массообменных аппаратов. Равновесные и рабочие концентрации, их уравнения и изображение на фазовых диаграммах. Движущая сила массопередачи и ее определение. Основное уравнение массопередачи. Общее число единиц переноса и высота общей единицы переноса и их определение. Теоретическая и действительная ступень концентрирования и их определение. /Лек/	6	6	Эк
1.6.3	Определение основных размеров колонных массообменных аппаратов. Определение диаметра колонного аппарата. Определение высоты рабочей части колонного массообменного аппарата. Определение гидравлического сопротивления насадочных и тарельчатых аппаратов. /Лек/	6	2	Эк
1.6.4	Абсорбция. Область применения. Равновесие в системах газ-жидкость. Изображение процесса в фазовой диаграмме. Материальный баланс процесса и определение расхода абсорбента. Пути интенсификации процесса абсорбции. Неизотермическая абсорбция. Хемосорбция. Схемы абсорбционных установок и конструкции абсорберов. /Лек/	6	3	Эк, К
1.6.5	Ректификация. Область применения. Равновесие в системах пар-жидкость. Устройство и принцип работы ректификационной колонны. Материальный и тепловой баланс. Флегмовое число и определение его рабочего значения. Построение процесса ректификации на фазовой диаграмме. Влияние флегмового числа на размеры ректификационной колонны и энергетические показатели ее работы. Азеотропная и экстрактивная ректификация. Принцип ректификации многокомпонентной смеси. Неполные ректификационные колонны. /Лек/	6	6	Эк, К
1.6.6	Жидкостная экстракция. Область применения. Способы представления равновесного состояния трехкомпонентных расслаиваемых смесей. Основные способы проведения экстракции. Расчет ступенчатых и дифференциально-контактных экстракторов с использованием разных фазовых диаграмм. Конструкции различных типов экстракторов и их сравнительная характеристика. /Лек/	6	2	Эк
1.6.7	Адсорбция. Область применения. Адсорбенты и их свойства. Изотермы адсорбции. Время адсорбционного действия адсорбера и его определение. Работа адсорбера непрерывного действия. Расчет адсорберов периодического и непрерывного действия. Конструкции адсорберов. Десорбция. /Лек/	6	2	Эк
1.6.8	Сушка. Область применения. Способы сушки. Свойства влажного материала. Кривая сушки и кривая скорости сушки. Массоперенос при сушке. Материальный и тепловой баланс конвективной сушилки. Продолжительность сушки. Изображение процесса сушки на энтальпийной диаграмме для влажного воздуха. Расчет поверхности тепло- и массообмена и габаритных размеров сушильной камеры. Конструкции сушилок. /Лек/	6	3	Эк, К
1.7	Перспективы развития науки о процессах и аппаратах химической технологии. /Тема/	6	0	
1.7.1	Перспективные методы интенсификации технологических процессов. Высокоэффективные контактные устройства для массообменных аппаратов. /Лек/	6	1	Эк
2	**Раздел 2. Практические занятия**			
2.1	Гидромеханические процессы /Тема/	5	0	
2.1.1	Режимы движения жидкости. Основные характеристики движения жидкостей. /Пр/	5	1	Эк

2.1.2	Расчет сопротивлений и потерь напора при движении жидкости по трубопроводу. /Пр/	5	2	Эк
2.1.3	Осаждение под действием центробежной силы. Расчет отстойников, сепараторов, циклонов. /Пр/	5	2	Эк
2.1.4	Расчет пенного газопромывателя /Пр/	5	2	Эк
2.2	Промышленные способы перемешивания. /Тема/	5	0	
2.2.1	Процесс перемешивание. Мешалки. Расход энергии при механическом перемешивании. /Пр/	5	2	Эк
2.3	Транспортировка жидкостей. /Тема/	5	0	
2.3.1	Расчет и выбор насосного оборудования. /Пр/	5	2	Эк
2.4	Тепловые процессы и аппараты. /Тема/	5	0	
2.4.1	Расчет теплообменных аппаратов. Подбор теплообменников. /Пр/	5	2	Эк, К
2.4.2	Выпаривание. Расчет однокорпусных и многокорпусных выпарных аппаратов. /Пр/	5	2	Эк
2.4.3	Правила составления опросных листов на технологическое оборудование. /Пр/	5	1	Эк
2.5	Массообменные процессы. /Тема/	6	0	
2.5.1	Расчет массообменных аппаратов. Методики. /Пр/	6	4	Эк
2.5.2	Расчет тарельчатой ректификационной колонны. Типы тарелок. /Пр/	6	3	Эк, К
2.5.3	Расчет насадочного абсорбера. Типы насадок. /Пр/	6	3	Эк, К
2.5.4	Методика расчета экстрактора. /Пр/	6	2	Эк
2.5.5	Методика расчета адсорбера. /Пр/	6	2	Эк
2.5.6	Методика расчета сушилок. Диаграмма Рамзина. /Пр/	6	2	Эк, К
3	**Раздел 3. Лабораторные работы**			
3.1	Лабораторные работы /Тема/	6	0	
3.1.1	Определение вязкости жидкости на капиллярном вискозиметре. /Лаб/	5	4	Эк, Ко
3.1.2	Определение поля скоростей в круглой трубе /Лаб/	5	4	Эк, Ко
3.1.3	Исследование гидравлических сопротивлений трубопровода /Лаб/	5	5	Эк, Ко
3.1.4	Исследование процесса свободного осаждения под действием сил тяжести /Лаб/	5	5	Эк, Ко
3.1.5	Исследование гидравлики псевдоожиженного слоя /Лаб/	5	4	Эк, Ко
3.1.6	Изучение работы кожухотрубчатого и пластинчатого теплообменников /Лаб/	5	5	Эк, Ко
3.1.7	Исследование процесса фильтрования на элементе вакуум-фильтра /Лаб/	5	5	Эк, Ко
3.1.8	Изучение процесса простой перегонки /Лаб/	6	6	Эк, Ко
3.1.9	Изучение процесса сушки под вакуумом /Лаб/	6	5	Эк, Ко
3.1.10	Исследование гидродинамики насадочных аппаратов /Лаб/	6	5	Эк, Ко
3.1.11	Исследование процесса сушки в «кипящем» слое /Лаб/	6	5	Эк, Ко
3.1.12	Определение влажности материала с использованием устройства ЭЛЕКС-7 /Лаб/	6	6	Эк, Ко
3.2	Отчет лабораторных работ /Тема/	6	0	
3.2.1	Контрольный отчет лабораторных работ /Лаб/	6	5	Эк, Ко
4	**Раздел 4. Самостоятельная работа**			
4.1	Введение /Тема/	5	0	
4.1.1	Методы изучения процессов химической технологии. /Ср/	5	1	Эк
4.2	Гидромеханические процессы /Тема/	5	0	
4.2.1	Классификация жидкостей. /Ср/	5	4	Эк
4.2.2	Гидростатика. /Ср/	5	10	Эк
4.2.3	Отстаивание. /Ср/	5	8	Эк
4.2.4	Очистка газов. /Ср/	5	8	Эк
4.3	Промышленные способы перемешивания. /Тема/	5	0	
4.3.1	Характеристики процесса. Определение числа оборотов и мощности при перемешивании жидкостей. Конструкции мешалок и области их применения. /Ср/	5	10	Эк
4.4	Транспортировка жидкостей. /Тема/	5	0	
4.4.1	Расчет и выбор насосного оборудования. /Ср/	5	10	Эк

4.5	Тепловые процессы и аппараты. /Тема/	5	0	
4.5.1	Теплоотдача. /Ср/	5	6	Эк
4.5.2	Нагревание. /Ср/	5	5	Эк
4.5.3	Охлаждение до обычных температур. /Ср/	5	2	Эк
4.5.4	Конденсация. /Ср/	5	3	Эк
4.5.5	Выпаривание. /Ср/	5	3	Эк
4.6	Массообменные процессы. /Тема/	6	0	
4.6.1	Основы расчета массообменных аппаратов. /Ср/	6	5	Эк
4.6.2	Определение основных размеров колонных массообменных аппаратов. /Ср/	6	5	Эк
4.6.3	Абсорбция. /Ср/	6	10	Эк
4.6.4	Ректификация. /Ср/	6	10	Эк
4.6.5	Жидкостная экстракция. /Ср/	6	10	Эк
4.6.6	Адсорбция. /Ср/	6	10	Эк
4.6.7	Сушка. /Ср/	6	10	Эк
4.7	Перспективы развития науки о процессах и аппаратах химической технологии. /Тема/	6	0	
4.7.1	Перспективные методы интенсификации технологических процессов. Высокоэффективные контактные устройства для массообменных аппаратов. /Ср/	6	10	Эк
4.8	Контрольная работа /Тема/	6	0	
4.8.1	Расчет теплообменного аппарата /Ср/	5	30	Эк,К
4.8.2	Расчет массообменного аппарата /Ср/	6	30	Эк,К
5	**Раздел 5. Промежуточная аттестация**			
5.1	Экзамен 5 семестр /Тема/	5	0	
5.1.1	Контактная работа с ППС /КоРа/	5	0.35	
5.1.2	Подготовка к экзамену /Экзамен/	5	35.65	Эк
5.2	Экзамен 6 семестр /Тема/	6	0	
5.2.1	Подготовка к экзамену /Экзамен/	6	35.65	Эк
5.2.2	Контактная работа с ППС /КоРа/	6	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 правила и условности при выполнении конструкторской документации проекта.
Результаты обучения по УК-2.1: студент знает стандарты, методические и нормативные материалы, сопровождающие процессы производства;основы выбора оборудования в соответствии с техническим заданием;современный уровень развития техники и технологии;
УК-2.2: Знает основы расчета на прочность, жесткость и устойчивость элементов оборудования химической промышленности.
Результаты обучения УК-2.2: студент знает особенности проведения технологического процесса; основные методики расчета элементов оборудования на прочность;
УК-2.3: Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности.
Результаты обучения УК-2.3: студент знает: основные типы аппаратов химической технологии, их принцип действия, конструктивные особенности, факторы, влияющие на производительность и экономичность промышленных установок; пути интенсификации и тенденции развития высокоэффективных технологических процессов и оборудования;методики расчета оборудования; рабочие режимы проведения технологического процесса;
I. Оценочное средство «контрольная работа» (5, 6 семестр)
Контрольная работа - это деятельность обучающихся по освоению учебного материала, которая осуществляется по заданию при методическом руководстве и контроле преподавателя, но без его непосредственного участия.
Цель контрольной работы - оценить уровень умений и навыков студентов.
Контрольная работа относится к самостоятельной работе студентов, на которую в соответствии с рабочей программой дисциплины и согласно нормам времени для расчета учебной нагрузки из раздела «Консультации» и «Контроль» отводится 10 академических часов. Контрольная работа выполняется студентами по индивидуальным вариантам задания.

Контрольная работа выполняется на бумаге формата А4. Основной текст – шрифт Times New Roman, 14 кегль, полуторный интервал, выравнивание по ширине. Размер полей: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 20 мм. Основной текст записки выполняется на листах без рамки, номера страниц проставляют арабскими цифрами в правом нижнем углу без точки. На титульном листе и задании номера страниц не ставят, но включают в общую нумерацию страниц. Абзацы в тексте начинают с отступом 1,5 см.

Каждый раздел начинается с новой страницы с указанием его номера по содержанию. Номера и заголовки разделов, подразделов нумеруют арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Переносы слов в заголовках, в названиях рисунков и таблиц не допускаются. После заголовка перед текстом оставляют одну пустую строку.

Формулы и уравнения следует выделять из текста в отдельную строку и располагать по центру страницы. Нумерация формул по правому краю в круглых скобках (нумеруются только те формулы, на которые есть ссылка в тексте). Формулы нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией или в пределах каждого раздела.

Набирать формулы следует в редакторе формул Equation. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу должны быть приведены непосредственно под формулой с новой строки.

Иллюстрации (рисунки, схемы, диаграммы) должны располагаться непосредственно после текста, в котором они упоминаются, или на следующей странице. Располагать рисунки и подписи к ним следует по центру страницы. Рисунки нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией или в пределах каждого раздела. Слово «Рисунок» и название располагают после поясняющих его данных.

Таблицы должны располагаться непосредственно после текста, в котором они упоминаются, или на следующей странице. Таблицы нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией или в пределах каждого раздела. В конце заголовков таблиц точки не ставят. Слово «Таблица» пишут слева без абзацного отступа.

При переносе таблицы на новую страницу пишутся слова «Продолжение таблицы 1» без абзацного отступа.

Ссылки на использованную литературу дают по тексту в квадратных скобках [1], внутри которых ставится номер источника по «Списку использованных источников», приводимого в конце пояснительной записки. Список использованных источников составляют по мере упоминания источников или в алфавитном порядке.

Варианты заданий контрольных работ по теме «Расчет теплообменного аппарата» (5 СЕМЕСТР)

ЗАДАНИЕ 1

Рассчитать необходимую поверхность кожухотрубчатого аппарата, в межтрубном про-странстве которого при атмосферном давлении конденсируются пары органической жидкости в количестве G, кг/ч. Тепло конденсации отводится водой с начальной температурой Тн, и температурой на выходе Тк. Подобрать нормализованный теплообменный аппарат.

ЗАДАНИЕ 2

В трубном пространстве кипятильника при атмосферном давлении испаряется G, кг/ч рабочей среды. Насыщенный водяной пар конденсируется в межтрубном пространстве на наружной поверхности труб при абсолютном давлении Р, Па. Определить необходимую поверхность теплопередачи и расход греющего пара. Подобрать нормализованный теплообменный аппарат.

ЗАДАНИЕ 3

Рассчитать и подобрать нормализованный теплообменный аппарат для охлаждения G, кг/ч рабочей среды от Тн до Тк.

ЗАДАНИЕ 4

Рассчитать и подобрать нормализованный теплообменный аппарат для нагревания G, кг/ч рабочей среды от Тн до Тк .

Варианты заданий контрольных работ по теме «Расчет сушилки с кипящим слоем» (6 СЕМЕСТР)

1. Рассчитать сушилку с псевдоожиженным слоем для высушивания влажного материала нагретым воздухом при следующих условиях:

1)Производительность сушилки по высушенному материалу Gк = … кг/с.

2) Содержание фракций частиц в материале:

- диаметром от … мм до … мм - …%;
- диаметром от … мм до … мм - …%.

3) Влажность материала:

- начальная wн = …%;
- конечная wк = …%.

4) Температура влажного материала T1 = …С.

5) Удельные потери тепла в окружающую среду на 1кг испаренной влаги qп = 20,6 кДж/кг (что соответствует примерно 1% тепла, затрачиваемого на испарение 1кг воды).

6) Параметры свежего воздуха:

- температура t0 = … С;
- относительная влажность …%.

7) Давление в сушилке атмосферное.

8) Температура воздуха после калорифера t1 = … С.

Варианты заданий согласовываются для каждого студента.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «контрольная работа» (5, 6 семестр)

10 БАЛЛОВ - Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 93-100% вопросов): полное изложение программного материала, последовательные, грамотные, логически излагаемые ответы, свободное владение материалом.

9 БАЛЛОВ - Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 85-92% вопросов): грамотное, последовательное, логическое изложение программного материала, без существенных неточностей.

8 БАЛЛОВ - Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 77-84% вопросов): правильное изложение основного материала, нарушение логической последовательности, без существенных неточностей.

7 БАЛЛОВ - Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 69-76% вопросов): изложение основного материала с нарушением логической последовательности, недостаточно правильные формулировки.

6 БАЛЛОВ - Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 64-68% вопросов): нарушение

последовательности изложения материала.
0 БАЛЛОВ - Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем 60% вопросов).
II. Оценочное средство «лабораторная работа» (5, 6 семестр)
Отчет лабораторной работы - средство текущего контроля усвоения учебного материала.
Цель проведения работы – оценить качество выполнения обучающимися лабораторных работ и уровень овладения ими навыками и техникой эксперимента.
Все выполняемые студентом лабораторные работы оформляются в виде протокола в отдельной тетради.
Отчет лабораторной работы включает представление оформленного протокола лабораторной работы и устный ответ по контрольным вопросам методических указаний к выполнению соответствующей лабораторной работы.
Протокол лабораторной работы включает цели и задачи, теоретическую часть по теме работы, схему лабораторной установки и план проведения работы, которые обучающийся оформляет дома при подготовке к лабораторной работе.
При неправильно оформленном протоколе, обучающийся не допускается к выполнению лабораторной работы.
При проведении экспериментальной работы в протоколе отражают личные наблюдения и лично проведенную обучающимся работу. Результаты проведенной лабораторной работы вносятся в протокол в виде таблиц и выводов.
Критерии и шкала оценивания по оценочному средству "Лабораторная работа"
Лабораторная работа выполнена самостоятельно, в полном объеме, без замечаний и получены правильные ответы на контрольные вопросы (правильные ответы даны на 90-100% вопросов). Протокол лабораторной работы оформлен правильно без замечаний - отлично.
Лабораторная работа выполнена самостоятельно, в полном объеме, без замечаний, но допущены ошибки при ответе на контрольные вопросы (правильные ответы даны на 76-89% вопросов) - хорошо.
При выполнении лабораторной работы были допущены ошибки, были допущены ошибки при ответе на контрольные вопросы (правильные ответы даны на 61-75% вопросов) - удовлетворительно.
При выполнении лабораторной работы были допущены ошибки, даны неправильные ответы на контрольные вопросы (правильные ответы даны менее чем 60% вопросов) - неудовлетворительно.
Контрольные вопросы к лабораторной работе «Определение вязкости жидкости на капиллярном вискозиметре»:
1. Понятие вязкости. Закон Ньютона-Петрова.
2. Размерность коэффициентов вязкости.
3. Связь между коэффициентами кинематической и динамической вязкости.
4. Связь между касательным напряжением и градиентом скорости для неньютоновских и ньютоновских жидкостей.
Контрольные вопросы к лабораторной работе «Определение поля скоростей в круглой трубе»:
1. Какие режимы течения можно наблюдать в потоках жидкостей. С помощью каких физических моделей можно пояснить характер поведения жидкости в условиях таких течений?
2. Что понимают под кинематическими характеристиками потока, и каковы особенности этих характеристик для турбулентного режима.
3. Что понимают под полем физической величины и поля каких физических величин могут существовать в потоке жидкости. Как можно классифицировать эти поля?
4. Как выглядит поле скоростей при ламинарном и турбулентном течении в трубе ньютоновской жидкости.
5. Как выглядит поле скоростей при ламинарном течении в трубе псевдопластической жидкости.
6. Как выглядит поле скоростей при течении вязкопластической жидкости
7. Что понимают под расходом жидкости? Как можно выразить расход и каково соотношение между разными способами его выражения?
8. Что понимают под средней скоростью течения жидкости в потоке, и каково соотношение между разными способами его выражения?
9. Какова связь между расходом жидкости и средней скоростью его течения? Как можно определить расход жидкости, если известен профиль ее местной скорости в сечении потока.
10. По каким признакам можно судить о режиме течения жидкости в трубе?
Контрольные вопросы к лабораторной работе «Исследование гидравлических сопротивлений трубопровода»:
1. Какая техническая система называется трубопроводом. Из каких элементов состоит трубопровод?
2. Что понимают под потерями давления в элементах трубопровода. Какова природа этих потерь?
3. Какие трубы называется гладкими и шероховатыми, гидравлически гладкими и гидравлически шероховатыми?
4. Как расчетным путем определяются потери давления в элементах трубопровода?
5. С помощью, каких критериальных зависимостей определяются коэффициенты трения труб. Как выглядит зависимость для разных режимов течения жидкости?
6. Как при расчетах трубопровода определяются коэффициенты местных сопротивлений?
7. Что понимают под «характеристикой сети». Как можно ее получить. Для чего нужна характеристика сети?
Контрольные вопросы к лабораторной работе «Исследование процесса свободного осаждения под действием сил тяжести»:
1. Дать определение процесса осаждения.
2. Что такое свободное и стесненное осаждение?
3. Какие силы действуют на частицу, погруженную в жидкость?
4. Устройство и принцип действия отстойника.
5. Что называется дисперсной системой, дисперсной фазой и дисперсионной средой?
6. Каким образом можно рассчитать скорость осаждения частиц?
7. Почему прибегают к критериальным уравнениям для расчета скорости осаждения.
8. Дать характеристику режимов осаждения.
9. Раскрыть физический смысл критериев Re и Ar.
10. От каких параметров, и каким образом зависит скорость осаждения?
11. Как изменится скорость осаждения сферической частицы в ламинарном режиме, если ее диаметр увеличится в 2 раза?

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 «Изучение работы кожухотрубчатого и пластинчатого теплообменников»:
1. С помощью, каких элементарных процессов переноса тепловой энергии осуществляется ее перенос в промышленных условиях. Что понимают под теплоотдачей и теплопередачей?
2. Какие существуют схемы относительного перемещения теплоносителей и как выглядят для них температурные графики?
3. Как записывается основное уравнение теплопередачи. Какие задачи могут решаться с помощью этого уравнения?
4. Что является движущей силой процесса теплопередачи и как она определяется?
5. Как определяется коэффициент теплопередачи. Каково физическое содержание этого коэффициента?
6. Как определяется коэффициент теплоотдачи. Каково физическое содержание этого коэффициента?
7. Какова структура критериальных уравнений теплоотдачи, и какие факторы определяют эту структуру?
8. Запишите критериальные уравнения для определения коэффициента теплоотдачи при течении теплоносителя в трубах для развитого турбулентного, переходного и ламинарного режимов.
9. Как определяются средние температуры теплоносителей?
10. Изложите методику определения температуры стенки.
11. Запишите числа теплового подобия и поясните, какие факторы или состояние процесса они учитывают?
Контрольные вопросы к лабораторной работе «Исследование процесса фильтрования на элементе вакуум-фильтра»:
1. Каково назначение процесса фильтрования?
2. Как осуществляется процесс фильтрования и что является движущей силой этого процесса?
3. Как создается разность давления в фильтрах?
4. Какие материалы используются в качестве фильтровальных перегородок?
5. Какие существуют способы фильтрования?
7. Как классифицируются осадки по степени их сжимаемости?
8. Что понимают под скоростью фильтрования и удельным объемом фильтрата?
9. Какие параметры влияют на скорость фильтрования, как она зависит от этих параметров? Какова размерность этих параметров?
10. Каков физический смысл удельного сопротивления осадка?
11. Какие факторы и как влияют на величину удельного сопротивления осадка?
12. Как записывается уравнение для расчета фильтрования суспензий при постоянной скорости фильтрования?
13. Как записывается уравнение для расчета фильтрования суспензий при постоянном перепаде давления с образованием несжимаемого осадке на несжимаемой перегородке и какие расчеты можно выполнять с помощью этого уравнения?
14. Как записываются выражения для констант фильтрования?
15. Как определяются константы фильтрования, удельное сопротивление осадка и сопротивление фильтровальной перегородки и какова методика их определения?
16. Каковы соотношения между константами фильтрования для двух процессов фильтрования, отличающихся, при прочих равных условиях, только величиной разности перепадов давления?
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?
11. Схема устройства лабораторной установки для изучения процесса простой перегонки, принцип ее работы.
12. Методика проведения эксперимента.
Контрольные вопросы к лабораторной работе «Изучение процесса сушки под вакуумом»:
1. Дать определения сушки, влажности, скорости сушки. Записать формулы.
2. Что является движущей силой процесса сушки? Понятие равновесной влажности.
3. От чего зависит равновесная влажность?
4. Изобразить изотерму десорбции при постоянном давлении.
5. Виды влаги их физический смысл.
6. Нарисовать кривую сушки, указать все точки и области на ней.
7. Нарисовать кривую скорости сушки. Вид кривых скорости сушки для различных материалов.

8. Понятие гигроскопической влажности.
9. Понятие абсолютной и относительной влажности.
10. Изобразить изотерму десорбции при постоянной температуре.
Контрольные вопросы к лабораторной работе «Исследование гидродинамики насадочных аппаратов»:
1. Какова функция и назначение насадок? Перечислить способы создания поверхности контакта фаз.
2. Нарисовать схему устройства насадочного аппарата со спецификацией к ней.
3. Характеристики насадок, их формулы, единицы измерения. Перечислить типа насадок.
4. Понятие фиктивной скорости, скорости движения в каналах насадок. Записать формулы.
5. Указать на графике гидродинамические режимы работы насадочной колонны и точки перехода.Понятие градиента давления.
6. Формула гидравлического сопротивления при движении газа через сухую насадку и через орошаемую насадку.
7. Как по графику определить безразмерный коэффициент «С».
8. Записать формулы для определения диаметра и высоты насадочной колонны и указать величины, входящие в них.
9. Как определяется коэффициент массопередачи?
10. Понятие оптимальной скорости в аппарате и формула для ее расчета.
Контрольные вопросы к лабораторной работе «Исследование процесса сушки в "кипящем слое"»:
1. Для каких процессов применяются аппараты с зернистым слоем?
2. Что такое "кипящий слой"?
3. Какая скорость ожижающей среды называется скоростью уноса?
4. Как устроена диаграмма I-x влажного воздуха и, каким образом определяются параметры влажного воздуха?
5. Основное преимущество "кипящего слоя" перед плотным зернистым слоем?
6. Как определить высоту "кипящего слоя"?
7. Основная гидравлическая зависимость "кипящего слоя".
8. Методика проведения эксперимента.
Контрольные вопросы к лабораторной работе «Определение влажности материала с использованием устройства «ЭЛЕКС-7»:
1. Что называется сушкой? Движущая сила процесса сушки.
2. Что называется равновесной влажностью? Изотермы десорбции.
3. Чем определяется механизм процесса сушки? Понятие о свободной и связанной влаге.
4. Как изменяется влажность материала в процессе сушки? Перечислите существующие формы связи влаги с материалом.
5. Методика определения влажности материала с помощью устройства «ЭЛЕКС-7».
3. Оценочное средство «экзамен» (5, 6 семестр)
Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «экзамен» (5,6 семестр)
Ответ дан на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов): полное изложение программного материала, последовательные, грамотные, логически излагаемые ответы, свободное владение материалом - отлично.
Ответ дан на среднем уровне (правильные ответы даны на 76-89% вопросов): грамотное, последовательное, логическое изложение программного материала, без существенных неточностей - хорошо.
Ответ дан на низком уровне (правильные ответы даны на 61-75% вопросов): правильное изложение основного материала, нарушение логической последовательности, недостаточно правильные формулировки - удовлетворительно.
Ответ дан на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем 60% вопросов) - неудовлетворительно.
Вопросы к экзамену (5 семестр):
I Гидромеханические процессы и аппараты:
1. Понятие «жидкости» в гидромеханике и классификация «жидкостей». Понятие о гидростатике и гидродинамике.
2. Силы, действующие в жидкости. Понятие об абсолютном, избыточном давлении и вакууме. Способы выражения давления. Соотношения между системными и внесистемными единицами давления.
3. Физические свойства жидкостей. Вязкость. Закон Ньютона-Петрова. Единицы вязкости и соотношения между ними. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Кривые течения. Эффективная вязкость и ее зависимость от градиента скорости для различных неньютоновских жидкостей.
4. Кинематические характеристики потоков. Понятие о поле скоростей и ускорений.
5. Геометрические характеристики потоков и их использование в расчетах.
6. Расход жидкости и способы его выражения. Понятие о средней скорости и ее использование при выполнении практических расчетов.
7. Неразрывность потока. Выражение этого условия для потока в дифференциальной и интегральной форме. Следствие из этого условия для потоков с переменным сечением.
8. Уравнение движения для реальной и идеальной жидкости. Физическое содержание этого уравнения и отдельных его слагаемых. Для каких целей может быть использовано это уравнение в гидромеханике?
9. Гидростатика. Абсолютный и относительный покой. Дифференциальные уравнения гидростатики. Для каких целей могут быть использованы эти уравнения?
10. Основное уравнение гидростатики.
11. Некоторые случаи практического приложения основного закона гидростатики (определение давления с помощью дифференциального манометра, закон Паскаля, закон сообщающихся сосудов, сила гидростатического давления на стенку и т.д.)
12. Полная удельная механическая энергия в потоке жидкости. Понятие о напоре. Составляющие напора в потоке.
13. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной и реальной жидкости и потока реальной жидкости. Энергетическое и геометрическое содержание слагаемых этого уравнения и метод их практического определения.
14. Некоторые случаи практического приложения уравнения Бернулли (устройство и принцип работы струйного насоса и дроссельных расходомеров).
15. Методы изучения процессов химической технологии. Понятие о теории подобия, ее методах изучения процессов

химической технологии и их практического использования.
18. Режимы течения жидкостей в трубах и каналах. Понятие о местной, пульсационной и средней скорости течения. Профили скоростей для разных режимов течения и соотношения для них средней и максимальной скорости.
19. Уравнение полей давления и скорости для ламинарного течения жидкости в трубе.
20. Уравнение расхода для ламинарного течения жидкости в трубе (уравнение Пуайзеля).
21. Определение гидравлического сопротивления прямых труб (и каналов некруглого сечения). Критериальные уравнения для определения коэффициента трения жидкостей в трубах.
22. Местные сопротивления, виды местных сопротивлений и определение их гидравлического сопротивления.
23. Понятие о промышленном трубопроводе. Трубы гладкие и шероховатые, гидравлически гладкие и шероховатые. Определение гидравлического сопротивления промышленного трубопровода.
24. Режимы движения частиц в жидкости. Сила сопротивления среды и ее определение (независимо от природы движущей силы). Законы Стокса, Алена и Ньютона.
25. Определение силы сопротивления среды при осаждении частиц в поле силы тяжести. Формулы Стокса, Алена и Ньютона для скорости осаждения частиц.
26. Определение режима осаждения частиц по их диаметру (метод Лященко).
27. Критериальные зависимости для определения скорости осаждения и диаметра частиц.
28. Определение скорости осаждения частиц неправильной формы.
29. Физическая картина процесса осаждения частиц в поле центробежных сил. Фактор разделения и его физический смысл. Формы записи фактора разделения удобные для анализа процессов центрифугирования и циклонирования.
30. Основные характеристики и соотношения для зернистого слоя. Капиллярная модель зернистого слоя.
31. Определение гидравлического сопротивления зернистого слоя. Закон Дарси.
32. Физическая картина процесса псевдоожижения.График зависимости гидравлического сопротивления псевдоожиженного слоя от скорости фильтрации в широком диапазоне скоростей фильтрации для моно- и полидисперсного слоя. Характерные зоны.
33. Гидравлическое сопротивление псевдоожиженного слоя.
34. Критериальные уравнения для псевдоожиженного слоя и задачи, решаемые с помощью этих уравнений.
35. Классификация гетерогенных систем и методов их разделения, уравнения материального баланса для аппаратов (машин) по разделению гетерогенных систем.
36. Отстаивание. Устройство и принцип работы отстойника. Свободное и стесненное осаждение при отстаивании. Определение производительности и размеров отстойников. Классификация отстойников.
37. Отстойное центрифугирование. Схема устройства и принцип работы простейшей центрифуги. Определение средней скорости осаждения при центрифугировании.
38. Индекс производительности, его физическое содержание и факторы, влияющие на его величину.
39. Циклонирование. Схема устройства и принцип работы циклона, определение гидравлического сопротивления и диаметра циклона, показатель эффективности работы циклона и пути его повышения.
40. Схема устройства и принцип работы простейшего фильтра, фильтрующие материалы и способы создания движущей силы процесса фильтрования. Основное дифференциальное уравнение фильтрования (с образованием несжимаемого осадка).
41. Расчетное уравнение для фильтрования при постоянной разности давлений. Константы фильтрования и методика их определения.
42. Расчетное уравнение для фильтрования с постоянной скоростью. Классификация фильтров.
43. Очистка газов. Степень очистки газов. Способы промышленной очистки газов от твердых и жидких частиц. Физические основы разных способов очистки газов и их сравнительная характеристика.
44. Гравитационная и инерционная очистка газов. Схема устройства и принцип работы аппаратов этого способа очистки газов.
45. Очистка газов фильтрованием. Физические основы процесса. Виды фильтровальных перегородок. Конструкции фильтров с этими видами перегородок.
46. Мокрая очистка газов. Устройство и принцип работы аппаратов для мокрой очистки газов.
47. Электрическая очистка газов. Схема устройства и принцип работы электрофильтров.
48. Сравнительная характеристика и выбор газоочистных аппаратов, способы повышения степени очистки газов в аппаратах.
49. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Схема устройства и принцип работы простейшего аппарата с механическим перемешиванием. Методы снижения размеров воронки. Классификация механических мешалок и области применения их разных типов.
50. Модифицированные числа подобия для перемешивания, критериальные зависимости для перемешивания. Определение мощности перемешивания и числа оборотов вала мешалки.
51. Способы транспортирования жидкостей и газов в химической промышленности. Классификация насосов и вентиляторов и принцип их работы. Основные параметры насосов и вентиляторов.
52. Динамика центробежных машин. Основное уравнение центробежных машин. Энергетические характеристики центробежных машин, универсальные характеристики насосов и вентиляторов.
53. Гидравлические характеристики трубопровода. Работа насоса на трубопровод. Совместная характеристика и рабочая точка.
54. Параллельное и последовательное соединение насосов. Построение напорных характеристик для таких групп насосов.
55. Выбор насоса.
56. Изобразить схему устройства и пояснить принцип работы следующих аппаратов и машин для проведения гидромеханических процессов, (рисунки указаны по учебнику: Касаткин А.Г. «Основные процессы и аппараты хим. технологии»):
1) Отстойник с наклонными перегородками (рис. V-3);

2) Отстойник непрерывного действия с гребковой мешалкой (рис. V-4);
3) Многоярусные отстойник закрытого типа (рис. V -6);
4) Отстойник непрерывного действия с коническими полками (рис. V-7);
5) Отстойник непрерывного действия для разделения эмульсий (рис. V-8);
6) Пылеосадительная камера (рис. V -38);
7) Нутч-фильтр, работающий под давлением (рис. V-13);
8) Фильтр-пресс с вертикальными рамами (рис. V-14... V-16);
9) Автоматизированный фильтр-пресс с горизонтальными рамами (ФПАКМ) (рис. V-19 и V20);
10) Барабанный вакуум-фильтр с наружной поверхностью фильтрования (рис. V-21);
11) Ленточный вакуум-фильтр (рис. V-25);
12) Горизонтальная центрифуга с ножевым устройством для удаления осадка (рис. V-30);
13) Центрифуга с пульсирующим поршнем для цыгрузки осадка (рис. V-31);
14) Центрифуга со шнековым устройством для выгрузки осадка (рис. V-32);
15) Гидроциклон (рис. V-37);
16) Циклон конструкции НИИОгаз (рис. V-40);
17) Батарейный циклон (рис. V-41.. V-42);
18) Батарейный рукавный фильтр с механическим встряхиванием и обратной продувкой ткани (рис. V-44);
19) Полый и насадочный скруббер (описание конструкции на с.248-249);
20) Центробежный скруббер конструкции ВТИ (рис. V-47);
21) Схема скруббера Вентури (рис. V-48);
22) Барботажный (пенный) пылеуловитель (рис. V-49);
23) Схема трубчатого и пластинчатого электрофильтров (рис. V-52, V-53);
24) Лопастная (рис. VI-4), якорная (рис. VI-6), рамная (рис. VI-7) и листовая (рис. VI-8) мешалки;
25) Пропеллерная мешалка (рис. VI-8) и пропеллерная мешалке с диффузором (рис. VI-9);
26) Турбинные мешалки (рис. VI-10).
II Тепловые процессы и аппараты:
1. Основные понятия и характеристики теплового потока, температурное поле. Градиент температуры. Тепловой поток и плотность теплового потока.
2. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, ею физическое содержание и ориентировочные значения для некоторых материалов.
3. Уравнения теплопроводности для плоской, цилиндрической и многослойной стенки.
4. Тепловое излучение. Законы лучистого теплообмена, определение расхода тепла при теплообмене излучением. Следствие из закона Кирхгофа и его практическое использование в технике.
5. Конвективный теплообмен. Теплоотдача. Физическая картина теплоотдачи. Тепловой пограничный слой и его взаимосвязь с гидродинамическим пограничным слоем.
6. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи и его физическое содержание. Факторы, влияющие на величину этого коэффициента. Определение коэффициента теплоотдачи. Ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи для некоторых случаев теплообмена.
7. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Математическая модель теплоотдачи и задачи, решаемые с помощью этой модели.
8. Подобие процессов теплоотдачи. Числа теплового подобия. Критериальные уравнения теплоотдачи. Факторы, определяющие вид этих уравнений и границы их применения.
9. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния теплоносителя. Типовые элементы поверхностей теплообмена в тепловых аппаратах. Структура критериальных уравнений теплоотдачи в условиях естественной и вынужденной конвекции.
10. Факторы, влияющие на величину коэффициента теплоотдачи без изменения агрегатного состояния теплоносителя (на основании анализа критериальных уравнений показать влияние гидродинамических факторов, теплофизических свойств теплоносителя и т.д. на величину коэффициента теплоотдачи).
11. Теплопередача. Схемы относительного движения теплоносителей в теплообменниках и их сравнительная оценка.
12. Тепловой баланс в процессах теплопередачи. Формы записи уравнения теплового баланса. Понятие о водяном эквиваленте.
13. Основное уравнение теплопередачи при постоянных и переменных температурах теплоносителей. Коэффициент теплопередачи, его физическое содержание и определение.
14. Средняя движущая сила процесса теплопередачи и ее определение.
15. Средние температуры теплоносителей и их определение.
16. Нагревание. Источники тепла и способы нагревания.
17. Нагревание топочными газами. Особенности, достоинства и недостатки этого способа нагревания. Схема устройства и принцип работы трубчатой печи. Определение расхода топлива.
18. Нагревание электрическим током. Достоинства этого способа нагревания. Конструкции электрических печей в зависимости от способа превращения электроэнергии в тепловую и принцип их работы. Расчет мощности нагревательного устройства.
19. Нагревание водяным паром. Особенности и достоинства нагревания водяным паром. Способы нагревания водяным паром. Определение расхода греющего пара.
20. Определение расхода греющего пара, поверхности теплообмена и размеров трубного пучка теплообменника при нагревании глухим паром.
21. Нагревание промежуточными высокотемпературными теплоносителями (ВОТ). Область применения. Схемы обогрева с помощью ВОТ. Вещества, используемые в качестве ВОТ.
22. Конденсация. Способы конденсации паров. Типы промышленных конденсаторов и принцип их работы. Определение

расхода охлаждающей воды.
23. Определение расхода охлаждающей воды, поверхности теплообмена и размеров трубного пучка поверхностного конденсатора.
24. Определение расхода охлаждающей воды и основных размеров конденсатора смешения (барометрического).
25. Выпаривание. Сущность процесса выпаривания. Принцип работы промышленных выпарных аппаратов. Промышленные способы проведения процесса выпаривания.
26. Однокорпусное (однократное) выпаривание. Схема устройства и принцип работы установки.
27. Определение производительности однокорпусной выпарной установки, тепловой нагрузки и расхода греющего пара.
28. Определение поверхности теплообмена греющей камеры выпарного аппарата. Температурный график однокорпусной выпарной установки, температурные потери и определение полезной разности температур для выпарного аппарата.
29. Многокорпусное (многократное) выпаривание. Сущность многократного выпаривания. Принципиальные схемы и принцип работы многокорпусных выпарных установок. Распределение параметров процесса по корпусам.
30. Определение производительности до испаренной влаге и упаренному раствору многокорпусной выпарной установки и отдельных корпусов.
31. Определение тепловой нагрузки и расхода греющего пара для отдельных корпусов.
32. Определение полезной разности температур и способы ее распределения по корпусам.
33. Оптимальное число корпусов многокорпусной выпарной установки.
34. Изобразить схему устройства и пояснить принцип работы следующих аппаратов для проведения тепловых процессов и их конструктивных элементов (рисунки указаны по учебнику: Касаткин А.Г. «Основные процессы и аппараты хим.технологии»):
1) Электропечь сопротивления (рис. VIII-9);
2) Кожухотрубчатые одноходовой и многоходовой теплообменники (рис. VIII-11);
3) Способы размещения труб в теплообменниках (рис. VIII-12);
4) Кожухотрубчатые теплообменники с компенсирующими устройствами (рис. VIII-14);
5) Двухтрубчатый теплообменник (труба в трубе) (рис. VIII-16);
6) Змеевиковый теплообменник (рис. VIII-17);
7) Оросительный теплообменник (рис. VIII-18);
8) Пластинчатый теплообменник (рис. VIII-19... VIII-20);
9) Спиральный теплообменник (рис. VIII-24);
10) Аппарат с рубашкой (рис. VIII-25);
11) Варианты исполнения змеевиков (рис. VIII-26);
12) Блочный теплообменник из графита (рис. VIII-27);
13) Барометрический конденсатор (рис. VIII-29);
14) Выпарной аппарат с внутренней нагревательной камерой и центральной циркуляционной трубкой (рис. IX-9);
15) Выпарной аппарат с выносной нагревательной камерой (рис. IX-12);
16) Выпарной аппарат с вынесенной зоной кипения (рис. IX-14);
17) Выпарной аппарат с принудительной циркуляцией (рис. IX-17);
18) Роторный прямоточный выпарной аппарат (рис.IX-16).
Вопросы к экзамену (6 семестр):
1. Классификация массообменных процессов. Способы выражения концентрации и расходов фаз.
2. Способы создания поверхности контакта фаз и принцип работы основных видов массообменных аппаратов.
3. Аналогия между внутрифазным тепло- и массопереносом. Поле концентраций. Градиент концентрации. Плотность потока распределяемого компонента.
4. Закон молекулярной диффузии (первый закон Фика). Коэффициент молекулярной диффузии и его физическое содержание.
5. Конвективная диффузия. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии и для массообмена около межфазной поверхности.
6. Массоотдача. Физическая картина массоотдачи. Диффузионный пограничный слой. Влияние гидродинамических факторов на толщину диффузионного пограничного слоя.
7. Законы массоотдачи (закон Щукарева). Коэффициент массоотдачи и его физическое содержание. Факторы, влияющие на величину коэффициента массоотдачи. Методы определения этого коэффициента.
8. Подобие в процессах массоотдачи. Числа диффузионного подобия. Критериальные уравнения массоотдачи. Факторы, определяющие вид этих уравнений.
9. Фазовое равновесие. Равновесные концентрации, уравнения и линии равновесия. Использование законов фазового равновесия для получения уравнений равновесия для отдельных процессов (привести примеры).
10. Рабочие концентрации. Уравнения и линии рабочих концентраций. Методика получения уравнений рабочих линий (привести примеры). Условие прямолинейности рабочих линий.
11. Основное уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи и его физическое содержание и определение. Движущая сила процесса массопередачи.
12. Определение средней движущей силы процесса массопередачи.
13. Общее число единиц переноса (ОЧЕП) и способы его определения. Общая высота единицы переноса и ее определение. Определение высоты аппарата с помощью ОЧЕП.
14. Теоретическая и действительная ступень изменения концентрации (ТСК и ДСК). КПД тарелки и колонны. Высота, эквивалентная ТСК. Определение числа ТСК и ДСК. Определение высоты рабочей части аппаратов с помощью ТСК и ДСК.
15. Определение диаметра колонных массообменных аппаратов (насадочных и тарельчатых).
16. Способы определения высоты рабочей части колонных массообменных аппаратов (насадочных и тарельчатых).

17. Определение гидравлического сопротивления колонных массообменных аппаратов (насадочных и тарельчатых). Режимы работы насадочных и тарельчатых колонн.
18. Абсорбция, физическая сущность процесса абсорбции, закономерности фазового равновесия в системах газ-жидкость. Уравнения линий равновесия.
19. Схема устройства и принцип работы абсорбера. Десорбция и способы ее осуществления.
20. Способы выражения расхода фаз при абсорбции. Уравнение материального баланса процесса. Уравнение рабочей линии при абсорбции.
21. Способы увеличения движущей силы в процессах абсорбции.
22. Определение оптимального орошения при абсорбции.
23. Неизотермическая абсорбция. Построение линии равновесия при неизотермической абсорбции.
24. Работа абсорбера с рециркуляцией абсорбента. Многоступенчатая абсорбционная установка без рециркуляции абсорбента и с рециркуляцией.
25. Ректификация, физическая сущность процесса ректификации, закономерности фазового равновесия в системах пар-жидкость. Уравнения линий равновесия.
26. Схема устройства и принцип работы ректификационной установки непрерывного действия.
27. Уравнение материального баланса для ректификационной колонны. Выражение материальных потоков в безразмерной форме. Флегмовое число.
28. Уравнение теплового баланса для ректификационной колонны, определение расхода греющего пара и охлаждающей воды.
29. Уравнение линий рабочих концентраций для ректификационной колонны и их изображение на фазовой диаграмме.
30. Минимальное, максимальное и оптимальное флегмовое число. Способы определения минимального и оптимального значений флегмового числа.
31. Определение средних расходов и средних температур материальных потоков в ректификационной колонне.
32. Ректификация многокомпонентных смесей.
33. Специальные воды ректификации (азеотропная и экстрактивная).
34. Работа ректификационных колонн в режимах укрепления (обогащения) и исчерпывания (отгона). Изображение процессов для этих колонн на фазовых диаграммах.
35. Адсорбция. физическая сущность процесса адсорбции и промышленные способы его осуществления. Промышленные адсорбенты, закономерности фазового равновесия при адсорбции. Статическая и динамическая активность адсорбента. Изотермы адсорбции. Десорбция.
36. Физическая картина процесса адсорбции в аппаратах в неподвижным слоем адсорбента. Рабочий слой адсорбента. Концентрационные графики. Фронт адсорбции. Динамика фронта адсорбции.
37. Способы выражения расхода фаз и концентраций при адсорбции. Изображение процесса адсорбции на фазовой диаграмме. Массопередача при адсорбции.
38. Время поглотительного действия адсорбера и его определение.
39. Определение высоты слоя адсорбента для адсорберов периодического и непрерывного действия. Определение диаметра адсорбера.
40. Жидкостная экстракция. Физическая сущность процесса, принципиальная схема процесса экстрагирования и способ ее промышленной реализации (классификация конструкций экстракторов, схема их устройства и принцип работы). Экстрагент и его свойства.
41. Закономерности фазового равновесия в процессах экстракции, треугольная диаграмма и ее использование для расчетов процесса экстракции (биноидальная кривая, коноды, фигуративная точка, линия смешения и т.д.)
42. Ступень экстрагирования и изображение процесса ступени в треугольной диаграмме.
43. Уравнение рабочей линии для ступени экстрагирования и ее изображение на фазовой диаграмме.
44. Многоступенчатая экстракция при перекрестном токе, принципиальная схема процесса и область применения.
45. Многоступенчатая противоточная экстракция. Принципиальная схема процесса.
46. Определение высоты рабочей зоны и диаметра дифференциально-контактного экстрактора.
47. Сушка. Физическая сущность процесса, способы сушки. Формы связи влаги с материалом. Изотермы сорбции и десорбции. Диаграмма состояния влажного материала.
48. Кривая сушки. Кривая скорости сушки. Кривая нагрева влажного материала. Характерные участки для этих кривых. Особенности процесса сушки на этих участках.
49. Физическая картина процесса массопереноса. Взаимозависимость тепло- и массопереноса. Закономерности переноса влаги внутри материала и с внешней стороны.
50. Определение времени сушки.
51. Материальный баланс конвективной сушилки. Определение производительности сушилки по испаренной влаге и расхода сушильного агента.
52. Тепловой баланс сушки. Определение расхода тепла на сушку, теоретическая сушилка.
53. Изображение процесса сушки на диаграмме. Энтальпия и влагосодержание воздуха на Iх-диаграмме. Определение удельных расходов воздуха и теплоты на сушку с помощью этой диаграммы.
54. Определение поверхности тепло- и массообмена и размеров сушильной камеры.
55. Принципиальные схемы сушилок с промежуточным подогревом и рециркуляцией воздуха. Особенности процессов сушки по этим схемам и их изображение на диаграмме «энтальпиявлагосодержание воздуха».
56. Изобразить схему устройства, пояснить принцип работы следующих массообменных аппаратов и их конструктивных элементов (рисунки указаны по учебнику: Касаткин А.Г. «Основные процессы и аппараты хим. технологии», 1971):
1) Поверхностный абсорбер (рис. XI-6);
2) Оросительный абсорбер (рис. XI-7);
3) Трубчатый абсорбер (рис. XI-9);
4) Абсорбер с плоскопараллельной насадкой (рис. XI-10);

5) Насадочный абсорбер (рис. XI-12);
6) Полый распыливающий абсорбер (рис. XI-28);
7) Роторный центробежный абсорбер (рис. X1-30);
8) Эмульгационная насадочная колонна (рис. XI-14);
9) Схема абсорбционной установки с рециркуляцией жидкости и десорбцией (рис. X1-35);
10) Типы насадок (рис. X1-15);
11) Тарельчатая колонна со сливными устройствами (рис. X-116);
12) Ситчатая колонна рис. (X1-12);
13) Схема работы колпачковой тарелки (рис. X1-19);
14) Схема работы колпачка (рис. X1-20);
15) Колпачковая тарелка с различными переливами жидкости (рис. XI-21);
16) Устройство капсюльного колпачка (рис. XI-22);
17) Пластинчатая тарелка (рис. XI-24);
18) Колонна с тарелками без сливных устройств (рис. XI -25);
19) Провальные тарелки (рис. XI-27);
20) Схема непрерывно действующей ректификационной установки (рис.XII-14).
21) Схема установки для простой перегонки с дефлегмацией (рис.XII-9).
22) Схема установки перегонки с водяным паром (рис.XII-10).
23) Схема периодически действующей ректификационной установки (рис.XII-15).
24) Устройство и работа кристаллизаторов:(рис.XVI-4), (рис.XVI-5), (рис.XVI-6), (рис.XVI9), (рис.XVI-10), (рис.XVI-11).
25) Конструкции экстракторов: (рис.XIII-19), (рис.XIII-21), (рис.XIII-22), (рис.XIII-23), (рис.XIII-24).
26) Кострукции адсорберов: (рис.XIV-5), (рис.XIV-6), (рис.XIV-7).
27) Конструкции сушилок: (рис.XV-18), рис.XV-19), (рис.XV-20), (рис.XV-21), (рис.XV-22), (рис.XV-24), (рис.XV-26), (рис.XV-27), (рис.XV-28), (рис.XV-32), (рис.XV-35), (рис.XV-36), (рис.XV-37).
57. Требования, предъявляемые к абсорбенту.
58. Требования, предъявляемые к адсорбенту.
59. Требования, предъявляемые к экстрагенту.

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	Дытнерский Ю. И.	Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию	М.: Альянс, 2008	
Л.8	Смирнов Н. Н., Барабаш В. М., Карпов К. А.	Альбом типовой химической аппаратуры (принципиальные схемы аппаратов): учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2019	
Л.9	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.10	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	Б-311 Учебная лаборатория (ПАХПП, ХТФ): столы (15 шт), учебная доска, лабораторные установки: по определению вязкости жидкости на капиллярном вискозиметре; по изучению гидравлики псевдоожиженного слоя; по определению поля скоростей в круглой трубе; по исследованию гидравлических сопротивлений трубопровода; по исследованию процесса свободного осаждения под действием сил тяжести; по исследованию процесса фильтрования на элементе вакуум-фильтра; по изучению процесса сушки под вакуумом; по исследованию гидродинамики насадочных аппаратов.
7.2	Б-312 Учебная лаборатория (ПАХПП, ХТФ): лабораторная установка для изучения многоступенчатой фильтрации; лабораторная установка по разделению частиц в поле сил тяжести, изучению закона Бернулли, наблюдению ламинарного и турбулентного режимов течения, определению вязкости жидкости; лабораторная установка для испытания различных конструкций теплообменников.
7.3	Б-301 Учебная лаборатория (ПАХПП, ХТФ): лабораторная установка по изучению процесса простой перегонки
7.4	Б-313 Компьютерный класс (ПАХПП, ХТФ): столы (10 шт), компьютеры (10 шт) с возможностью подключения к сети Интернет
7.5	Ауд*. Лекционная аудитория (312 ГУК): столы, стулья, кафедра, учебная доска, мультимедийная система. ГУК 100: студенческий читальный зал: столы, стулья, компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет». ИБЦ

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 тьюторами, 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.