

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Макуев Валентин Анатольевич

Должность: Заместитель директора по учебной работе

Дата подписания: 10.07.2025 09:52:55

Уникальный программный идентификатор:

a0887579b7e63594c87851bc1bb030c7c4482fa1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Мытищинский филиал

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

(национальный исследовательский университет)»

(МФ МГТУ им. Н. Э. Баумана)



Заместитель директора

по учебной работе

МФ МГТУ им. Н. Э. Баумана

Макуев В.А.

«25» июня 2021 г.

Факультет ЛТ «Факультет лесного хозяйства, лесопромышленных

технологий и садово-паркового строительства»

Кафедра ЛТ5 «Проектирование объектов лесного комплекса»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

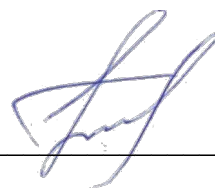
Процессы и аппараты химической технологии

Автор программы:

Сапожников И.В., доцент (к.н.), кандидат технических наук, доцент, sapozhnikov.i.v@bmstu.ru

Утверждена на заседании кафедры «Проектирование объектов лесного комплекса»
Протокол № 12 заседания кафедры «ЛТ5» от 15.06.2021 г.

Начальник Отдела образовательных программ
Шевлякова А.А



Рабочая программа одобрена на 2022/2023 учебный год.
Протокол № 10 заседания кафедры «ЛТ5» от 13.04.2022 г.
Лист переутверждения рабочей программы дисциплины / практики.

Рабочая программа одобрена на 2023/2024 учебный год.
Протокол № 7 заседания кафедры «ЛТ5» от 21.04.2023 г.
Лист переутверждения рабочей программы дисциплины / практики.

Рабочая программа одобрена на 2024/2025 учебный год.
Протокол № 12 заседания кафедры «ЛТ5» от 18.04.2024 г.
Лист переутверждения рабочей программы дисциплины / практики.

Рабочая программа одобрена на 2025/2026 учебный год.
Протокол № 09.04.05-04/9 заседания кафедры «ЛТ5» от 22.04.2025 г.
Лист переутверждения рабочей программы дисциплины / практики.

ОГЛАВЛЕНИЕ

с.

1. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	6
3. Объем дисциплины	7
4. Содержание дисциплины, структурированное по модулям учебной дисциплины с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий	8
5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	20
6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации студентов по дисциплине	21
7. Перечень учебной литературы и дополнительных материалов, необходимых для освоения дисциплины	22
8. Перечень ресурсов сети интернет, рекомендуемых для самостоятельной работы при освоении дисциплины	23
9. Методические указания для студентов по освоению дисциплины	24
10. Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая перечень программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных	26
11. Описание материально-технической базы, необходимой для изучения дисциплины ..	27

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Настоящая рабочая программа дисциплины устанавливает требования к знаниям и умениям студента, а также определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа разработана в соответствии с:

- Самостоятельно устанавливаемым образовательным стандартом (СУОС 3++) по направлению подготовки (уровень бакалавриата): 18.03.01 «Химическая технология»;
- Основной профессиональной образовательной программой по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология»;
- Учебным планом МГТУ им. Н.Э. Баумана по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

При освоении дисциплины планируется формирование компетенций, предусмотренных ОПОП на основе СУОС 3++ по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» (уровень бакалавриата)

Код компетенции по СУОС 3++	Формулировка компетенции
	Общепрофессиональные компетенции собственные
ОПКС-4 (18.03.01)	Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья, применяя современное оборудование и учитывая экологические требования
ОПКС-5 (18.03.01)	Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные с целью усовершенствования технологии на основе углубления знаний и выводов о химизме изучаемых процессов

Для категорий «знать, уметь, владеть» планируется достижение результатов обучения (РО), вносящих на соответствующих уровнях вклад в формирование компетенций, предусмотренных основной профессиональной образовательной программой (табл. 1).

Таблица 1. Индикаторы достижения компетенции

1	2	3
Компетенция: код по СУОС 3++, формулировка	Индикаторы	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
ОПКС-4 (18.03.01) Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья, применяя современное оборудование и учитывая экологические требования	ЗНАТЬ - параметры технологического процесса и его разновидностей в условиях использования различного сырья, применяемые приборы контроля его параметров, методы анализа исходного сырья и готовой продукции, способы интенсификации процесса с целью повышения выхода и улучшения качества конечного продукта УМЕТЬ - применять теоретические знания для усовершенствования технологического процесса на основе аналитического контроля и характеристик конечного продукта с целью улучшения его качества	Лекции Семинары Лабораторные работы Самостоятельная работа (в том числе выполнение курсовой работы) Активные и интерактивные формы (методы) обучения: обсуждение практических примеров на лекциях и семинарах
ОПКС-5 (18.03.01) Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные с целью усовершенствования технологии на основе углубления знаний и выводов о химизме изучаемых процессов	ЗНАТЬ - теоретические основы химических технологий и влияние различных факторов на процессы, происходящие при их реализации	Лекции Семинары Лабораторные работы Самостоятельная работа (в том числе выполнение курсовой работы) Активные и интерактивные формы (методы) обучения: обсуждение практических примеров на лекциях и семинарах

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в блок Б1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы бакалавриата по направлению 18.03.01 «Химическая технология».

Изучение дисциплины предполагает предварительное освоение следующих дисциплин учебного плана:

- Физика;
- Общая и неорганическая химия;
- Математика.

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для следующих дисциплин образовательной программы:

- Моделирование технологических процессов;
- Очистка и рекуперация промышленных выбросов;
- Комплексная химическая переработка древесины.

Освоение учебной дисциплины связано с формированием компетенций с учетом матрицы компетенций ОПОП для направления (уровень бакалавриата): 18.03.01 Химическая технология.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общий объем дисциплины составляет 12 зачетных единиц (з.е.), 432 академических часа (324 астрономических часа). В том числе: 1 семестр – 5 з.е. (180 ак.ч.), 2 семестр – 5 з.е. (180 ак.ч.), 3 семестр – 2 з.е. (72 ак.ч.).

Таблица 2. Объём дисциплины по видам учебных занятий (в академических часах)

Виды учебной работы	Объем по семестрам, акад. ч.			
	Всего	Количество семестров освоения дисциплины		
		1	2	3
Объем дисциплины	432	180	180	72
Аудиторная работа*	198	90	72	36
Лекции (Л)	90	36	36	18
Семинары (С)	54	18	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	54	36	18	0
Самостоятельная работа (СР)	234	90	108	36
Проработка учебного материала лекций	11.25	4.5	4.5	2.25
Подготовка к семинарам	6.75	2.25	2.25	2.25
Подготовка к лабораторным работам	34	24	10	0
Выполнение расчетно-графической работы	66	27	12	27
Выполнение курсовой работы	36	0	36	0
Подготовка к экзамену	30	0	30	0
Подготовка к рубежному контролю	3	0	3	0
Другие виды самостоятельной работы	47	32.25	10.25	4.5
Вид промежуточной аттестации		Зачёт	Экзамен ДЗчт	Зачёт

*в том числе, в форме практической подготовки

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО МОДУЛЯМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Таблица 3. Содержание дисциплины

№ п/п	Тема (название) модуля	Виды занятий*, часы				Компетенции, закрепленные за темой (код по СУОС 3++)	Текущий контроль результатов обучения		
		Л	С	ЛР	СР		Срок (неделя)	Формы	Баллы (мин/
1 семестр									
1	Закономерности технологических процессов	12	6	12	30	ОПКС-4, ОПКС-5	6	Лабораторные работы № 1	3/5
								Расчетно-графическая работа № 1	15/25
								ИТОГО:	18/30
2	Основы гидромеханических процессов	12	6	12	30	ОПКС-4, ОПКС-5	12	Лабораторные работы № 2	3/5
								Расчетно-графическая работа № 2	21/35
								ИТОГО:	24/40
3	Неоднородные смеси	12	6	12	30	ОПКС-4, ОПКС-5	18	Лабораторные работы № 3	3/5
								Расчетно-графическая работа № 3	15/25
								ИТОГО:	18/30
	ИТОГО за семестр	36	18	36	90	-	-	-	60/100
2 семестр									
4	Тепловые процессы	12	6	8	14	ОПКС-4, ОПКС-5	6	Лабораторные работы № 4	2/3
								Расчетно-графическая работа № 4	7/12
								ИТОГО:	9/15
5	Теплообменные аппараты	12	6	8	14	ОПКС-4, ОПКС-5	12	Лабораторные работы № 5	2/3
								Расчетно-графическая работа № 5	7/12

								ИТОГО:	9/15
6	Кристаллизация и выпаривание	12	6	2	14	ОПКС-4, ОПКС-5	18	Лабораторные работы № 6	2/3
								Рубежный контроль	22/37
								ИТОГО:	24/40
7	Курсовая работа	-	-	-	36	-	-	-	36/100
8	Экзамен	-	-	-	30	-	-	-	18/30
	ИТОГО за семестр	36	18	18	108	-	-	-	60/100
3 семестр									
9	Сорбция	6	6	0	12	ОПКС-4, ОПКС-5	6	Расчетно-графическая работа № 6	18/30
								ИТОГО:	18/30
10	Дистилляция и ректификация	6	6	0	12	ОПКС-4, ОПКС-5	12	Расчетно-графическая работа № 7	18/30
								ИТОГО:	18/30
11	Пропитка и сушка	6	6	0	12	ОПКС-4, ОПКС-5	18	Расчетно-графическая работа № 8	24/40
								ИТОГО:	24/40
	ИТОГО за семестр	18	18	0	36	-	-	-	60/100

*в том числе, в форме практической подготовки

Содержание дисциплины, структурированное по темам (модулям)

№, п/п	Наименование модуля, содержание	Часы
1	«Закономерности технологических процессов»	
	Лекции	12
1.1	Процессы и объекты химической технологии. Предмет и задачи курса. Свойства типовых процессов химической технологии. Статика процесса. Кинетика процесса. Классификация типовых процессов химической технологии. Общие принципы расчета типовых процессов. Свойства древесины как объекта химической технологии.	2
1.2	Состояние системы и обратимые процессы. Термодинамические параметры системы. Экстенсивные и интенсивные параметры. Замкнутые, открытые, изолированные и адиабатные системы. Идеальный газ, равновесные состояния и обратимые процессы. Уравнение состояния. Функции состояния. Энтропия. Кинетическая теория газов. Уравнение Менделеева - Клапейрона. Степень свободы системы. Распределение Максвелла и Больцмана.	2
1.3	Статика и кинетика технологических процессов. Контрольный объем и поверхность. Плотность, удельный объем и удельный вес среды. Поток и плотность потока субстанции. Давление и касательные напряжения. Диффузия, коэффициент диффузии, закон Фика. Теплопроводность, коэффициент теплопроводности. Закон Фурье. Термодинамические силы и потоки. Принципы Онзагера и Кюри.	2
1.4	Материальный баланс и перенос субстанции. Понятие градиента и дивергенции, оператор Лапласа. Теорема переноса Рейнольдса и Остроградского-Гаусса. Закон сохранения массы. Материальный баланс. Уравнение неразрывности. Диффузионный поток, закон Фика. Источники и стоки массы, фазовые превращения и химические реакции. Дифференциальный закон сохранения массы. Уравнение диффузии. Условия однозначности для уравнений переноса массы	2
1.5	Тепловой баланс и уравнение теплопроводности. Полная и внутренняя энергия. Закон сохранения энергии. Тепловой баланс. Адиабатический перенос тепла. Уравнение переноса энтропии. Конвективный и кондуктивный поток тепла, плотность потока. Интегральная форма закона сохранения энергии. Источники и стоки тепла. Дифференциальный закон переноса энергии. Условия однозначности для уравнений переноса тепла.	2
1.6	Закон сохранения импульса. Уравнение Навье. Закон сохранения импульса в интегральной форме. Идеальная жидкость. Уравнения Эйлера. Уравнение Бернулли. Вязкость, динамический и кинематический коэффициент вязкости. Уравнения Навье. Закон Ньютона и гипотеза Стокса. Условия однозначности для уравнений переноса импульса.	2
	Семинары	6
C1.1	Термодинамические параметры системы. Уравнения состояния	2
C1.2	Законы термодинамики. Термодинамические циклы	2
C1.3	Реальные газы и пары. $I - x$ диаграмма влажного воздуха.	2
	Лабораторные работы	12
ЛР1.1	Изучение системы измерения расхода жидкости	3
ЛР1.2	Изучение режимов движения жидкости	3
ЛР1.3	Изучение уравнение Бернулли для потока жидкости	3

ЛР1.4	Определение константы расходомера Вентури	3
	Самостоятельная работа	30
СР1.1	Проработка учебного материала лекций	1.5
СР1.2	Подготовка к семинарам	0.75
СР1.3	Подготовка к лабораторным работам	8
СР1.4	Выполнение расчетно-графической работы	9
СР1.5	Другие виды самостоятельной работы	10.75
2	«Основы гидромеханических процессов»	
	Лекции	12
2.1	Физические свойства жидкостей. Уравнение состояния. Условие равновесия фаз. Правило фаз Гиббса. Реальные газы и пары. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Закон Клаузиуса – Клапейрона. Насыщенность, давление насыщения, степень насыщения. Абсолютная и относительная влажность. Влагосодержание. $I - x$ диаграмма. Объемные коэффициенты сжатия. Модуль объемной упругости. Вязкость. Первый и второй коэффициенты вязкости.	2
2.2	Равновесие жидкостей и газов. Основное уравнение гидростатики. Изобары. Приборы для измерения давления. Закон Паскаля. Сила суммарного гидростатического давления жидкости на плоскую поверхность, ее точка приложения. Сила давления жидкости на криволинейную поверхность. Закон Архимеда. Относительный покой (равновесие) жидкости.	2
2.3	Движение жидкостей и газов. Линия тока, трубка тока, элементарная струйка, поток жидкости. Живое сечение, смоченный периметр гидравлический радиус. Расход и средняя скорость в живом сечении. Уравнение Бернулли, коэффициент Кориолиса. Гидравлические потери. Режимы течения жидкости. Законы течения жидкостей в трубах. Местные сопротивления. Пленочное течение жидкости. Двухфазные потоки. Основные параметры двухфазных потоков. Течение волокнистых суспензий. Истечение жидкости при постоянном уровне: истечение через отверстие в дне аппарата, истечение через отверстие в боковой стенке аппарата. Истечение жидкости при переменном уровне. Истечение жидкости через водослив. Истечение газов. Объемные дозаторы. Напускные устройства. Измерение расхода жидкостей.	2
2.4	Анализ размерностей и теория подобия. Основы моделирования. Математическое и физическое моделирование. Основы теории подобия. Безразмерные формы для уравнений переноса субстанции. Критерии подобия. Метод анализа размерностей. Теория пограничного слоя. Диффузионный, тепловой и динамический пограничный слой. Ядро потока. Уравнения Прандтля. Граничные условия. Толщина диффузионного, теплового и динамического пограничного слоя. Гидродинамическая и термодиффузионная аналогия. Тройная аналогия Рейнольдса	2
2.5	Машины для перемещения жидкостей. Классификация насосов. Основные параметры насосов: подача, напор, высота всасывания, потребляемая мощность. Поршневые насосы: устройство и принцип действия, особенности работы, рабочая характеристика, достоинство и недостатки. Ротационные насосы. Центробежные насосы: устройство и принцип действия, основное уравнение центробежных насосов, законы	2

	пропорциональности, работа насоса на сеть, совместная работа насосов, многоступенчатые насосы, подобие центробежных насосов, коэффициент быстроходности, выбор насосов. Насосы для перемещения волокнистых суспензий и других неньютоновских жидкостей. Классификация компрессорных машин. Вентиляторы. Газодувки: турбогазодувки, ротационные газодувки. Компрессоры: поршневые, ротационные, осевые, турбокомпрессоры. Вакуум – насосы	
2.6	Трубопроводы и сети. Расчет простого трубопровода. Параллельное и последовательное соединение трубопроводов. Работа насоса на сеть. Расчет разветвленного и замкнутого трубопровода. Расчет трубопровода с непрерывной раздачей жидкости. Гидравлический удар. Расчет газопроводов.	2
	Семинары	6
C2.1	Основное уравнение гидростатики.	2
C2.2	Уравнение Бернулли. Гидравлический и пьезометрический уклон	2
C2.3	Соединение трубопроводов. Работа насоса на сеть.	2
	Лабораторные работы	12
ЛР2.1	Определение коэффициента потерь напора по длине трубопровода	3
ЛР2.2	Определение коэффициентов потерь местных сопротивлений	3
ЛР2.3	Определение параметров работы насоса на сеть	3
ЛР2.4	Изучение основного уравнения гидростатики	3
	Самостоятельная работа	30
СР2.1	Проработка учебного материала лекций	1.5
СР2.2	Подготовка к семинарам	0.75
СР2.3	Подготовка к лабораторным работам	8
СР2.4	Выполнение расчетно-графической работы	9
СР2.5	Другие виды самостоятельной работы	10.75
3	«Неоднородные смеси»	
	Лекции	12
3.1	Перемешивание и диспергирование. Способы получения неоднородных смесей. Перемешивание жидких сред: механическое, пневматическое, поточное. Типы мешалок. Расход энергии при механическом перемешивании. Псевдооживление твердого зернистого материала: псевдооживленные системы, структура взвешенного слоя, гидродинамические характеристики взвешенного слоя, расчет аппаратов с взвешенным слоем.	2
3.2	Смесители и гомогенизаторы. Лопастные и шнековые смесители. Смесовые барабаны. Ультразвуковая гомогенизация. Смешение при высоком давлении. Конструкции гомогенизаторов. Распыление жидкостей.	2
3.3	Гравитационное осаждение. Законы сопротивления текучей среды. Гравитационное осаждение. Гидравлическая крупность. Отстойники. Конструкционные особенности и недостатки. Расчет отстойников и методы повышения эффективности их работы.	2
3.4	Осаждение в поле центробежных сил. Инерционное осаждение. Циклоны и гидроциклоны. Центрифуги. Аппараты для мокрой очистки газов	2
3.5	Фильтрация. Способы фильтрования, общая характеристика процесса, режимы фильтрования, основной закон фильтрования,	2

	фильтрование с образованием несжимаемого осадка фильтрование с образованием сжимаемого осадка, фильтрование с закупориванием пор фильтрующей перегородки. Фильтры и фильтрующие перегородки. Расчет фильтров	
3.6	Пневмотранспорт и очистка газов. Пневмотранспортные установки. Гидродинамические характеристики потока газовзвеси: скорость транспортирования, режим транспортирования и потери давления. Расчет пневмотранспортных систем и выбор основного оборудования.	2
	Семинары	6
СЗ.1	Расчет механической мешалки	2
СЗ.2	Гравитационное осаждение. Расчет отстойников	2
СЗ.3	Фильтры и фильтрующие перегородки. Расчет фильтров	2
	Лабораторные работы	12
ЛРЗ.1	Изучение работы циклона	3
ЛРЗ.2	Определение скорости витания древесных частиц	3
ЛРЗ.3	Исследование скорости гравитационного осаждения	3
ЛРЗ.4	Исследование гидродинамики взвешенного слоя	3
	Самостоятельная работа	30
СРЗ.1	Проработка учебного материала лекций	1.5
СРЗ.2	Подготовка к семинарам	0.75
СРЗ.3	Подготовка к лабораторным работам	8
СРЗ.4	Выполнение расчетно-графической работы	9
СРЗ.5	Другие виды самостоятельной работы	10.75
4	«Тепловые процессы»	
	Лекции	12
4.1	Теплопроводность. Температурное поле и температурный градиент. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности твердых тел. Коэффициент теплопроводности жидкостей и газов. Стационарная теплопроводность однослойной и многослойной плоской, цилиндрической и сферической стенки.	2
4.2	Тепловое излучение. Тепловое излучение. Спектральная плотность излучения. Закон Кирхгофа. Закон Рэлея – Джинса. Формула Вина. Плотность излучения Планка. Закон Стефана-Больцмана, степень черноты.	2
4.3	Теплоотдача. Теплоотдача. Тепловой пограничный слой. Система уравнений теплоотдачи. Закон Ньютона - Рихмана. Дифференциальное уравнение теплоотдачи. Общий вид критериальных уравнений теплоотдачи в условиях вынужденной, естественной и смешанной конвекции. Коэффициенты теплоотдачи при конденсации и испарении жидкости.	2
4.4	Теплопередача. Уравнение теплопередачи. Термическое сопротивление теплопередачи для многослойной стенки. Уравнение теплового баланса для стационарного теплообмена. Понятие о водяном эквиваленте. Средний температурный напор. Нестационарный теплообмен между твердым телом и внешней средой (жидкостью или газом).	2
4.5	Теплообмен. Тепловой баланс. Режимы движения теплоносителей. Конечные температуры теплоносителей. Теплопередача. Средний температурный напор.	2
4.6	Нестационарный теплоперенос. Линейное нестационарное уравнение	2

	теплопроводности. Принцип максимума. Метод разложения Фурье. Метод функции теплового источника. Метод интегральных преобразований. Число Фурье и Био.	
	Семинары	6
C4.1	Термическое сопротивление многослойных стенок	2
C4.2	Расчет стационарного и нестационарного теплообмена	2
C4.3	Лучистый теплообмен	2
	Лабораторные работы	8
ЛР4.1	Моделирование процессов нестационарной теплопередачи	4
ЛР4.2	Изучение полей температур при прогреве тел конечных размеров	4
	Самостоятельная работа	14
СР4.1	Проработка учебного материала лекций	1.5
СР4.2	Подготовка к семинарам	0.75
СР4.3	Подготовка к лабораторным работам	4
СР4.4	Выполнение расчетно-графической работы	6
СР4.5	Другие виды самостоятельной работы	1,75
5	«Теплообменные аппараты»	
	Лекции	12
5.1	Классификация теплообменного оборудования. Теплопередающие и теплоиспользующие установки. Классификация теплообменных аппаратов по принципу действия (рекуперативные, регенеративные, смесительные), по виду взаимного движения теплоносителей (прямоточные, перекрестного тока, противоточные), по назначению. Аппараты периодического и непрерывного действия. Классификация теплоиспользующих установок по назначению: выпарные и кристаллизационные, сушильные, перегонные, ректификационные, адсорбционные.	2
5.2	Расчет теплообменного оборудования. Виды расчета теплообменников: тепловой конструктивный, поверочный, гидравлический, прочностной, технико-экономический. Классификация методов расчета теплообменных аппаратов. Основные инженерные методы расчета теплообменных аппаратов. Оптимизация конструктивных и режимных параметров при расчете тепло-массообменного оборудования.	2
5.3	Рекуперативные теплообменные аппараты. Рекуперативные теплообменные аппараты, их классификация, назначение и области применения. Основные конструкции: кожухотрубные, секционные теплообменники, теплообменники с оребренными трубами, пластинчатые теплообменники, их виды, змеевиковые и спиральные теплообменники. Схемы относительного движения теплоносителей. Распределение температур в трубах и каналах теплообменников. Эффективность теплообменников. Последовательность теплового конструктивного расчета теплообменника. Особенности расчета теплообменников с фазовыми переходами теплоносителя. Особенности расчета теплообменников в случае зависимости коэффициента теплоотдачи от температуры поверхности теплообмена. Теплообменные аппараты с оребрением поверхности. Технологии оребрения. Характеристики ребер. Расчет теплообменников с оребрением. Рекуперативные теплообменники периодического действия. Температурные графики и расчет рекуперативных	2

	теплообменников периодического действия.	
5.4	Регенеративные теплообменные аппараты. Регенеративные теплообменные аппараты, область их применения, конструкции и принцип действия. Преимущества и недостатки регенеративных теплообменников по сравнению с рекуперативными. Теплообменники с неподвижной и подвижной насадками. Виды применяемых насадок. Изменение температур в насадке регенеративного теплообменника. Коэффициент аккумуляции насадки. Тепловой расчет регенеративных теплообменников. Виды теплообмена в регенераторе. Объемный коэффициент теплопередачи. Расчет коэффициента теплопередачи в регенераторе. Температурный гистерезис. Сравнение тепловой эффективности работы регенератора и рекуператора. Влияние характеристик насадки на тепловую эффективность регенератора	2
5.5	Смесительные теплообменники. Принцип действия, области применения и конструкции смесительных теплообменников. Полые, насадочные, пенные скрубберы. Смесительные теплообменники с взвешенным слоем насадки. Скрубберы Вентури. Контактные аппараты с активной насадкой. Испарители и конденсаторы смесительного типа. Оросительные камеры центральных кондиционеров. Расчет смесительных теплообменников. Процессы обработки воздуха в прямоточных и противоточных скрубберах. Тепловой баланс смесительного аппарата. Построение процесса изменения состояния воздуха в смесительном теплообменнике. Средняя разность температур в смесительном теплообменнике. Коэффициенты теплопередачи в смесительных теплообменниках. Вентиляторные, башенные, атмосферные и радиаторные градирни. Их конструкции и сравнение. Методы и особенности расчета градирен.	2
5.6	Конденсация и охлаждение. Конденсационные теплообменники для глубокой утилизации теплоты влажных газов: продуктов сгорания, вентиляционных выбросов, отработанного сушильного агента; конструкции, принцип действия, методы расчета. Деаэраторы, их назначение, виды, конструкции, принципы действия, основы расчета. Системы оборотного водоснабжения промышленных предприятий. Аппараты воздушного охлаждения.	2
	Семинары	6
C5.1	Конструктивный расчет рекуперативных теплообменных аппаратов	2
C5.2	Тепловой и массовый баланс смесительного теплообменного аппарата	2
C5.3	Тепловой расчет регенеративных теплообменников	2
	Лабораторные работы	8
ЛР5.1	Поверочный расчет рекуперативных теплообменных аппаратов	4
ЛР5.2	Тепловой расчет смесительных теплообменников	4
	Самостоятельная работа	14
СР5.1	Проработка учебного материала лекций	1.5
СР5.2	Подготовка к семинарам	0.75
СР5.3	Подготовка к лабораторным работам	4
СР5.4	Выполнение расчетно-графической работы	6
СР5.5	Другие виды самостоятельной работы	1,75
6	«Кристаллизация и выпаривание»	
	Лекции	12
6.1	Выпарные аппараты и установки. Общая характеристика процесса и	2

	назначение. Выпарные аппараты: с естественной циркуляцией раствора, с принудительной циркуляцией раствора, пленочные. Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания. Свойства растворов. Основные конструкции выпарных аппаратов. Выпарные установки: прямоточные, противоточные, с параллельным и смешенным питанием корпусов.	
6.2	Массовый и тепловой баланс выпарной установки. Материальный баланс выпарного аппарата. Экономичность выпарки. Температурная депрессия: гидродинамическая, концентрационная и гидростатическая. Теплопередача при выпаривании растворов. Тепловой расчет выпарных аппаратов. Тепловой баланс прямоточной вакуум-выпарной установки. Материальный баланс прямоточной вакуум-выпарной установки	2
6.3	Расчет многокорпусных выпарных установок. Полезная разность температур многокорпусной выпарки. Распределение полезной разности температур многокорпусной выпарки по корпусам. Тепловая нагрузка корпусов многокорпусной выпарки. Методы приближенного и точного расчета тепловых нагрузок корпусов. Предел числа корпусов многокорпусных выпарных установок.	2
6.4	Опреснительные и испарительные аппараты. Опреснительные и испарительные установки, их назначение, виды и принцип действия. Основные конструкции опреснительных и испарительных аппаратов. Термодинамические основы процессов опреснения. Тепловые схемы опреснительных и испарительных установок, методика расчета. Материальный и тепловой балансы.	2
6.5	Принцип работы и конструкции кристаллизаторов. Общая характеристика процесса кристаллизации. Способы кристаллизации. Равновесие при кристаллизации. Кинетика процесса. Зарождение кристаллов. Влияние условий кристаллизации на свойства кристаллов. Устройство и конструкции кристаллизаторов, схемы их соединения и расчет. Массовый и тепловой баланс кристаллизаторов.	2
6.6	Мембранные процессы. Процесс мембранного разделения растворов. Типы, конструкции мембран и процессы в них. Аппараты для мембранного разделения смесей. Расчет аппарата с полупроницаемой мембраной.	2
	Семинары	6
С6.1	Тепловой баланс прямоточной вакуум-выпарной установки	2
С6.2	Распределение тепловой нагрузки корпусов многокорпусной выпарки	2
С6.3	Термодинамические основы зарождения кристаллов	2
	Лабораторные работы	2
ЛР6.1	Массовый и тепловой баланс кристаллизаторов	2
	Самостоятельная работа	14
СР6.1	Проработка учебного материала лекций	1.5
СР6.2	Подготовка к семинарам	0.75
СР6.3	Подготовка к лабораторным работам	2
СР6.4	Подготовка к рубежному контролю	3
СР6.5	Другие виды самостоятельной работы	6.75
7	Курсовая работа	36
СР7.1	Выполнение курсовой работы	36

8	Экзамен	30
СР8.1	Подготовка к экзамену	30
9	«Сорбция»	
	Лекции	6
9.1	Основы массопереноса. Классификация массообменных процессов в системах с подвижной границей раздела фаз. Элементарные стадии массообмена между подвижными фазами. Фазовое равновесие в системах жидкость - жидкость, жидкость - газ. Кривая равновесия. Определение направления переноса. Диффузионный пограничный слой. Уравнение массоотдачи. Массопередача в системах с подвижной границей раздела фаз. Материальный баланс массопередачи. Уравнение массопередачи. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений. Средняя движущая сила массопередачи.	2
9.2	Абсорбция. Фазовое равновесие при абсорбции. Материальный и тепловой балансы. Колонные аппараты. Насадки, насадочные колонны. Гидродинамические режимы работы насадочных и барботажных колонн. Теоретическая ступень изменения концентрации. Определение числа тарелок в барботажных колоннах. Расчет абсорберов. Абсорбция во взвешенном слое.	2
9.3	Адсорбция. Суть процесса и область применения. Характеристика адсорбентов. Иониты. Фазовое равновесие при адсорбции. Изотермы адсорбции. Материальный баланс процесса адсорбции. Кинетика адсорбции. Расчет адсорберов с неподвижным слоем адсорбента, непрерывного действия и во взвешенном слое. Уравнение адсорбции.	2
	Семинары	6
С9.1	Решение системы уравнений диффузионного пограничного слоя	2
С9.2	Определение числа тарелок в насадочных сорбционных колоннах	2
С9.3	Расчет адсорберов с неподвижным слоем адсорбента	2
	Самостоятельная работа	12
СР9.1	Проработка учебного материала лекций	0.75
СР9.2	Подготовка к семинарам	0.75
СР9.3	Выполнение расчетно-графической работы	9
СР9.4	Другие виды самостоятельной работы	1.5
10	«Дистилляция и ректификация»	
	Лекции	6
10.1	Перегонка жидкостей. Перегонные установки. Конструкции и принцип действия. Физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки. Виды смесей жидких компонентов. Идеальные смеси. Закон Рауля. Фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей, их построение. Азеотропия. Простая и непрерывная перегонка. Уравнение простой перегонки. Основы кинематики массообмена. Материальный и тепловой баланс простой перегонки. Перегонка с дефлегмацией и водяным паром. Фракционная и равновесная перегонка. Молекулярная дистилляция.	2
10.2	Ректификация. Схема ректификационной установки непрерывного и периодического действия. Материальный баланс Уравнения рабочих линий. Построение рабочих линий на диаграмме Расчет флегмового числа. Влияние числа флегмы на работу ректификационной колонны. Построение ступеней изменения концентрации. Тепловой баланс.	2

	Разделение многокомпонентных смесей. Специальные виды ректификации.	
10.3	Экстракция. Экстрагирование твердых тел. Физические основы экстракции. Диаграмма тройных смесей. Одноступенчатое экстрагирование. Многоступенчатое противоточное экстрагирование. Экстрагирование жидкостей. Диаграмма фазового равновесия. Противоточное экстрагирование одним растворителем. Экстрагирование двумя растворителями. Конструкции экстракционных аппаратов.	2
	Семинары	6
С10.1	Построение фазовых диаграмм состояния смесей жидкостей.	2
С10.2	Расчет числа флегмы ректификационной колонны	2
С10.3	Прямоточная и противоточная экстракция одним растворителем	2
	Самостоятельная работа	12
СР10.1	Проработка учебного материала лекций	0.75
СР10.2	Подготовка к семинарам	0.75
СР10.3	Выполнение расчетно-графической работы	9
СР10.4	Другие виды самостоятельной работы	1.5
11	«Пропитка и сушка»	
	Лекции	6
11.1	Сушка сыпучих материалов. Основные способы сушки. Равновесие при конвективной сушке. Формы связи влаги с материалом. Равновесная влажность. Диаграмма Рамзина для влажного воздуха. Изображение изменения состояния воздуха при его нагреве, насыщении влагой и смешении. Материальный и тепловой баланс конвективной сушилки. Удельный расход сушильного агента и тепла. Теоретическая сушилка. Диаграмма процесса сушки в теоретической сушилке. Удельный расход тепла в теоретической сушилке. Расчет процессов сушки по диаграмме Рамзина. Сушилки для сушки измельченной древесины.	2
11.2	Специальные виды сушки. Варианты конвективной сушки. Кинетика конвективной сушки. Изменение параметров влажного материала в процессе сушки. Периоды конвективной сушки. Продолжительность сушки влажного материала в конвективных сушилках. Контактная сушка. Общая характеристика процесса. Тепловой баланс. Радиационная сушка и диэлектрическая сушка. Пневматическая сушилка. Атмосферные сушилки непрерывного и периодического действия. Турбинные сушилки.	2
11.3	Пропитка материалов. Капиллярная пропитка. Пропитка под давлением. Диффузионная пропитка. Электрокинетические эффекты. Электроосмотическая пропитка. Пропитка токами высокой частоты. Установки для пропитки древесины.	2
	Семинары	6
С11.1	Определение параметров газовой смеси по диаграмме Рамзина	2
С11.2	Материальный и тепловой баланс конвективной сушилки.	2
С11.3	Электрокинетические эффекты пропитки древесины	2
	Самостоятельная работа	12
СР11.1	Проработка учебного материала лекций	0.75
СР11.2	Подготовка к семинарам	0.75
СР11.3	Выполнение расчетно-графической работы	9

CP11.4	Другие виды самостоятельной работы	1.5
--------	------------------------------------	-----

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов по дисциплине обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Рабочая программа дисциплины.
2. Учебная литература и дополнительные материалы [Раздел 7 Рабочей программы дисциплины].
3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» [Раздел 8 Рабочей программы дисциплины].
4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины [Раздел 9 Рабочей программы дисциплины], обеспечивающие самостоятельную работу студента при подготовке к учебным занятиям, выполнении домашних работ, подготовке к контрольным мероприятиям и аттестациям.
5. Комплект индивидуальных заданий.

Студенты получают доступ к указанным материалам начиная с первого занятия по дисциплине.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине базируется на перечне компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы (раздел 1). ФОС обеспечивает объективный контроль достижения всех результатов обучения, запланированных для дисциплины.

ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, владений и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана.

ФОС является приложением к данной рабочей программе дисциплины.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Литература по дисциплине

1. Гончаренко, Е. Е. Химическая кинетика и катализ: метод. указания к выполнению лабораторных работ : учебно-методическое пособие / Е. Е. Гончаренко, Ф. З. Бадаев, А. М. Голубев. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 48 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/58566>
2. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 1. Гидромеханические процессы и аппараты Учебное пособие для СПО / Гужель Ю.А. - 2021. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/105152.html>.
3. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 2. Тепловые процессы и аппараты Учебное пособие для СПО / Гужель Ю.А. - 2021. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/105153.html>.
4. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 3. Массообменные процессы и аппараты Учебное пособие для СПО / Гужель Ю.А. - 2021. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/105154.html>.
5. Процессы и аппараты химической технологии Учебное пособие / Разинов А.И., Клинов А.В., Дьяконов Г.С. - 2017. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/75637.html>.
6. Процессы и аппараты химической технологии Методические указания к самостоятельной работе. - 2014. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/62571.html>.
7. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. В 5 Ч. ЧАСТЬ 1 2-е изд., пер. и доп. Учебник для вузов / Комиссаров Ю. А. , Гордеев Л. С. , Вент Д. П. ; Под ред. Комиссаров Ю.А. - 2020. - URL: <https://urait.ru/book/DC8FCA91-0449-4F37-8150-BAC965097746>.
8. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. В 5 Ч. ЧАСТЬ 2 2-е изд., пер. и доп. Учебник для вузов / Комиссаров Ю. А. , Гордеев Л. С. , Вент Д. П. ; Под ред. Комиссаров Ю.А. - 2020. - URL: <https://urait.ru/book/6682D9AC-5BA9-4DAF-A274-44B5CA48A97D>.
9. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. В 5 Ч. ЧАСТЬ 3 2-е изд., пер. и доп. Учебник для вузов / Комиссаров Ю. А. , Гордеев Л. С. , Вент Д. П. ; Под ред. Комиссаров Ю.А. - 2020. - URL: <https://urait.ru/book/7ABA3EDE-3F9A-41D6-AB5E-6128F2A35CFB>.
10. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. В 5 Ч. ЧАСТЬ 4 2-е изд., пер. и доп. Учебник для вузов / Комиссаров Ю. А. , Гордеев Л. С. , Вент Д. П. ; Под ред. Комиссаров Ю.А. - 2020. - URL: <https://urait.ru/book/64B1A84D-1205-42C1-A34F-46F3192F56E9>.
11. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. В 5 Ч. ЧАСТЬ 5 2-е изд., пер. и доп. Учебник для вузов / Комиссаров Ю. А. , Гордеев Л. С. , Вент Д. П. ; Под ред. Комиссаров Ю.А. - 2020. - URL: <https://urait.ru/book/BFDA4FE3-5308-428B-BBE0-9F6A87B41568>.

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ СЕТИ ИНТЕРНЕТ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Сайт кафедры ЛТ5-МФ «Проектирование объектов лесного комплекса»: <https://mf.bmstu.ru/info/faculty/lt/caf/lt5/>.
2. Открытая информационная группа кафедры в социальной сети «ВКонтакте»: <http://vk.com/bmstu1830>.
3. Российская государственная библиотека: <http://www.rsl.ru>.
4. Государственная публичная научно-техническая библиотека России: <http://www.gpntb.ru>.
5. Библиотека МГТУ им. Н.Э. Баумана: <http://library.bmstu.ru>.
6. Научно-техническая библиотека КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана: <https://bmstu-kaluga.ru/library>.
7. Научно-техническая библиотека МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана: <https://mf.bmstu.ru/info/library/>.
8. Научная электронная библиотека: <http://eLIBRARY.RU>.
9. Электронно-библиотечная система издательства «Лань»: <http://e.lanbook.com>.
10. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru>.
11. Электронно-библиотечная система «IPRbooks»: <http://www.iprbookshop.ru>.
12. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Юрайт»: <https://biblio-online.ru>.
13. Центральная библиотека образовательных ресурсов Минобрнауки РФ: www.edulib.ru.
14. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов: <http://school-collection.edu.ru>.
15. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов: <http://fcior.edu.ru>.
16. Сайт Издательства МГТУ им. Н.Э. Баумана <https://bmstu.press/>.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание нижеследующие положения.

Дисциплина построена по модульному принципу, каждый модуль представляет собой логически завершённый раздел курса. В первом семестре три модуля. Во втором семестре четыре модуля (включая экзамен), выполняется курсовая работа. В третьем семестре три модуля.

На первом занятии студент получает информацию для доступа к комплексу учебно-методических материалов по дисциплине.

Лекционные занятия посвящены рассмотрению ключевых, базовых положений курса и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную проработку.

Семинарские занятия проводятся для закрепления усвоенной информации, приобретения навыков ее применения для решения практических задач в предметной области дисциплины.

Лабораторные работы предназначены для приобретения опыта практической реализации основной профессиональной образовательной программы. Методические указания к лабораторным работам прорабатываются студентами во время самостоятельной подготовки. Необходимый уровень подготовки контролируется перед проведением лабораторных работ.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, практикумов, лабораторных работ и индивидуальных и(или) групповых консультаций, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка может включать в себя отдельные занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Самостоятельная работа студентов включает следующие виды: в первом семестре проработка учебного материала лекций, подготовка к семинарам, подготовка к лабораторным работам, выполнение расчетно-графической работы, во втором семестре проработка учебного материала лекций, подготовка к семинарам, подготовка к лабораторным работам, выполнение курсовой работы, подготовка к экзамену, выполнение расчетно-графической работы, в третьем семестре проработка учебного материала лекций, подготовка к семинарам, выполнение расчетно-графической работы. Результаты всех видов работы студентов формируются в виде их личного рейтинга, который учитывается на промежуточной аттестации. Самостоятельная работа предусматривает не только проработку материалов лекционного курса, но и их расширение в результате поиска, анализа, структурирования и представления в компактном виде современной информации из всех возможных источников.

Текущий контроль проводится в течение каждого модуля, его итоговые результаты складываются из оценок по следующим видам контрольных мероприятий:

- Расчетно-графическая работа;
- Рубежный контроль;
- Лабораторные работы.

Освоение дисциплины и ее успешное завершение на стадии промежуточной аттестации возможно только при регулярной работе во время семестра и планомерном прохождении текущего контроля. Набрать рейтинг по всем модулям в каждом семестре,

пройти по каждому модулю плановые контрольные мероприятия в течение экзаменационной сессии невозможно.

Для завершения работы в семестре студент должен выполнить все контрольные мероприятия.

Промежуточная аттестация по результатам первого семестра по дисциплине проходит в форме зачета. Промежуточная аттестация по результатам второго семестра проходит в форме дифференцированного зачетаэкзамена, контролирующего освоение ключевых, базовых положений дисциплины, составляющих основу остаточных знаний по ней. Промежуточная аттестация по результатам третьего семестра проходит в форме зачета.

Методика оценки по рейтингу

Студент, выполнивший все предусмотренные учебным планом задания и сдавший все контрольные мероприятия, получает итоговую оценку по дисциплине за семестр в соответствии со шкалой:

Рейтинг	Оценка на экзамене, дифференцированном зачете	Оценка на зачете
85 – 100	отлично	Зачтено
71 – 84	хорошо	Зачтено
60 – 70	удовлетворительно	Зачтено
0 – 59	неудовлетворительно	Не зачтено

Оценивание дисциплины ведется в соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ

Информационные технологии:

- Электронная информационно-образовательная среда МГТУ им. Н.Э. Баумана обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программам практик, формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы. Предусмотрена возможность синхронного и асинхронного взаимодействия студентов и преподавателей посредством технологий и служб по пересылке и получению электронных сообщений между пользователями компьютерной сети Интернет.
- e-mail преподавателя для оперативной связи: sapozhnikov.i.v@bmstu.ru

Программное обеспечение:

- Mathcad
- Office
- Windows
- КОМПАС-3D

Информационные справочные системы:

- Информационно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>;
- Информационно-правовая система «Консультант Плюс» <http://www.consultant.ru>;

Профессиональные базы данных:

- Ресурс «Машиностроение» <http://www.i-mash.ru>.
- Портал машиностроения <http://www.mashportal.ru>.

**11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ,
НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Перечень материально-технического обеспечения дисциплины

№, п/п	Вид занятий	Вид и наименование оборудования
1	Лекции	специально оборудованные аудитории с мультимедийными средствами, средствами звуковоспроизведения и имеющими выход в сеть Интернет; помещения для проведения аудиторных занятий, оборудованные учебной мебелью; аудитории оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет; студии; компьютерные классы.
2	Семинары	специально оборудованные аудитории с мультимедийными средствами, средствами звуковоспроизведения и имеющими выход в сеть Интернет; помещения для проведения аудиторных занятий, оборудованные учебной мебелью; аудитории оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет; студии; компьютерные классы.
3	Лабораторные работы	специально оборудованные аудитории с мультимедийными средствами, средствами звуковоспроизведения и имеющими выход в сеть Интернет; помещения для проведения аудиторных занятий, оборудованные учебной мебелью; аудитории оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет; студии; компьютерные классы.
4	Самостоятельная работа	библиотека, имеющая рабочие места для студентов; выставочные залы; аудитории, оснащенные компьютерами с доступом к сети Интернет. Социокультурное пространство университета позволяет студенту качественно выполнять самостоятельную работу.

ЛИСТ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ

1). П.7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

7. Перечень учебной литературы и дополнительных материалов, необходимых для освоения дисциплины

Литература по дисциплине:

1. Гончаренко, Е. Е. Химическая кинетика и катализ: метод. указания к выполнению лабораторных работ : учебно-методическое пособие / Е. Е. Гончаренко, Ф. З. Бадаев, А. М. Голубев. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 48 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/58566>
2. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 1. Гидромеханические процессы и аппараты Учебное пособие для СПО / Гужель Ю.А. - 2021. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/105152.html>.
3. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 2. Тепловые процессы и аппараты Учебное пособие для СПО / Гужель Ю.А. - 2021. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/105153.html>.
4. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 3. Массообменные процессы и аппараты Учебное пособие для СПО / Гужель Ю.А. - 2021. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/105154.html>.
5. Процессы и аппараты химической технологии Учебное пособие / Разинов А.И., Клинов А.В., Дьяконов Г.С. - 2017. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/75637.html>.
6. Процессы и аппараты химической технологии Методические указания к самостоятельной работе. - 2014. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/62571.html>.
7. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. В 5 Ч. ЧАСТЬ 5 2-е изд., пер. и доп. Учебник для вузов / Комиссаров Ю. А. , Гордеев Л. С. , Вент Д. П. ; Под ред. Комиссаров Ю.А. - 2020. - URL: <https://urait.ru/book/BFDA4FE3-5308-428B-BBE0-9F6A87B41568>.
8. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. В 5 Ч. ЧАСТЬ 1 2-е изд., пер. и доп. Учебник для вузов / Комиссаров Ю. А. , Гордеев Л. С. , Вент Д. П. ; Под ред. Комиссаров Ю.А. - 2022. - URL: <https://urait.ru/book/2F5C4430-0384-42B5-BFAF-7CD05F6CB7D9>.
9. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. В 5 Ч. ЧАСТЬ 4 2-е изд., пер. и доп. Учебник для вузов / Комиссаров Ю. А. , Гордеев Л. С. , Вент Д. П. ; Под ред. Комиссаров Ю.А. - 2022. - URL: <https://urait.ru/book/A2AF44E2-1C06-4FAA-A874-FED5F0801856>.
10. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. В 5 Ч. ЧАСТЬ 3 2-е изд., пер. и доп. Учебник для вузов / Комиссаров Ю. А. , Гордеев Л. С. , Вент Д. П. ; Под ред. Комиссаров Ю.А. - 2022. - URL: <https://urait.ru/book/6D8E6BAB-8C67-4104-B714-B326BBC43647>.
11. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. В 5 Ч. ЧАСТЬ 2 2-е изд., пер. и доп. Учебник для вузов / Комиссаров Ю. А. , Гордеев Л. С. , Вент Д. П. ; Под ред. Комиссаров Ю.А. - 2022. - URL: <https://urait.ru/book/4163B772-8490-4F70-BC4A-1C2DCA209E34>.

2). П.10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

10. Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая перечень программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных

Программное обеспечение:

- Foxit Reader
- Mathcad
- OpenOffice
- КОМПАС-3D

Преподаватель кафедры:

Сапожников И.В., доцент (к.н.), кандидат технических наук, доцент, sapozhnikov.i.v@bmstu.ru

ЛИСТ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ

1). П.7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

7. Перечень учебной литературы и дополнительных материалов, необходимых для освоения дисциплины

Литература по дисциплине:

1. Гончаренко, Е. Е. Химическая кинетика и катализ: метод. указания к выполнению лабораторных работ : учебно-методическое пособие / Е. Е. Гончаренко, Ф. З. Бадаев, А. М. Голубев. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 48 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/58566>
2. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 1. Гидромеханические процессы и аппараты Учебное пособие для СПО / Гужель Ю.А. - 2021. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/105152.html>.
3. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 2. Тепловые процессы и аппараты Учебное пособие для СПО / Гужель Ю.А. - 2021. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/105153.html>.
4. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 3. Массообменные процессы и аппараты Учебное пособие для СПО / Гужель Ю.А. - 2021. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/105154.html>.
5. Процессы и аппараты химической технологии Учебное пособие / Разинов А.И., Клинов А.В., Дьяконов Г.С. - 2017. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/75637.html>.
6. Процессы и аппараты химической технологии Методические указания к самостоятельной работе. - 2014. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/62571.html>.

2). П.10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

10. Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая перечень программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных

Программное обеспечение:

- LibreOffice
- Mathcad

Преподаватель кафедры:

Сапожников И.В., доцент (к.н.), кандидат технических наук, доцент, sapozhnikov.i.v@bmstu.ru

ЛИСТ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ

1). П.7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

7. Перечень учебной литературы и дополнительных материалов, необходимых для освоения дисциплины

Литература по дисциплине:

1. Гончаренко Е. Е., Бадаев Ф. З., Голубев А. М. Химическая кинетика и катализ : метод. указания к выполнению лабораторных работ / Гончаренко Е. Е., Бадаев Ф. З., Голубев А. М. - Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. - 48 с.
2. Гужель Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 2. Тепловые процессы и аппараты : учебное пособие / Гужель Ю. А. - Амурский государственный университет, 2020.
3. Гужель Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 1. Гидромеханические процессы и аппараты : учебное пособие / Гужель Ю. А. - Амурский государственный университет, 2019.
4. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 1. Гидромеханические процессы и аппараты Учебное пособие для СПО / Гужель Ю.А. - 2021. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/105152.html>.
5. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 2. Тепловые процессы и аппараты Учебное пособие для СПО / Гужель Ю.А. - 2021. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/105153.html>.
6. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 3. Массообменные процессы и аппараты Учебное пособие для СПО / Гужель Ю.А. - 2021. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/105154.html>.
7. Процессы и аппараты химической технологии Учебное пособие / Разинов А.И., Клинов А.В., Дьяконов Г.С. - 2017. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/75637.html>.
8. Процессы и аппараты химической технологии Методические указания к самостоятельной работе. - 2014. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/62571.html>.

2). П.10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

10. Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая перечень программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных

Программное обеспечение:

- LibreOffice
- Mathcad
- Mozilla Firefox

Преподаватель кафедры:

Сапожников И.В., доцент (к.н.), кандидат технических наук, доцент, sapozhnikov.i.v@bmstu.ru

ЛИСТ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ

1). П.7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

7. Перечень учебной литературы и дополнительных материалов, необходимых для освоения дисциплины

Литература по дисциплине:

1. Гончаренко Е. Е., Бадаев Ф. З., Голубев А. М. Химическая кинетика и катализ : метод. указания к выполнению лабораторных работ / Гончаренко Е. Е., Бадаев Ф. З., Голубев А. М. - Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. - 48 с.
2. Гужель Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 2. Тепловые процессы и аппараты : учебное пособие / Гужель Ю. А. - Амурский государственный университет, 2020.
3. Гужель Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 1. Гидромеханические процессы и аппараты : учебное пособие / Гужель Ю. А. - Амурский государственный университет, 2019.
4. Никифоров Ю. В., Казакова А. А., Алехина М. Б. Процессы диффузии и адсорбции в инженерных задачах. Примеры расчета : учебное пособие / Никифоров Ю. В., Казакова А. А., Алехина М. Б. - Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. - 106 с. - ISBN 978-5-7038-5205-7.
5. Комиссаров, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 1242 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19103-5.

2). П.10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

10. Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая перечень программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных

Программное обеспечение:

- 7-Zip
- Arch Linux
- LibreOffice
- Mozilla Firefox

Преподаватель кафедры:

Сапожников И.В., доцент (к.н.), кандидат технических наук, доцент, sapozhnikov.i.v@bmstu.ru