

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Процессы и аппараты химической технологии

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

04.04.01 - Химия

Направленность образовательной программы

Химическая технология для микроэлектроники

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.04 Процессы и аппараты химической технологии относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1-н: Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-1-н-1: Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий ПК-1-н-2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	ПК-1-н-1: Знает основные законы гидромеханических, тепловых и массообменных процессов. Умеет решать практические задачи по расчету аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов. Владеет навыками анализа технической документации, подбора оборудования, подготовки заявки на приобретение и ремонт оборудования. ПК-1-н-2: Знает аппаратное оформление технологического процесса и средства для контроля параметров процесса. Умеет осуществлять подбор оборудования для проведения технологического процесса. Владеет навыками управления параметрами технологического процесса.	Кolloквиум Контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-1-хтм: Способен использовать современные методы решения практических задач оптимизации	ПК-1-хтм-1: Определяет наиболее эффективные подходы к решению практических задач в области химии веществ высокой чистоты	ПК-1-хтм-1: Знает процессы и аппараты химической технологии получения веществ высокой чистоты. Умеет оптимизировать работу процессов и аппаратов	Кolloквиум	Экзамен: Контрольные вопросы

технологических процессов в области инженерной химии	ПК-1-хтм-2: Определяет эффективные параметры технологических процессов современной химической промышленности	<p>химической технологии получения веществ высокой чистоты.</p> <p>Владеет навыками расчета процессов и аппаратов химической технологии получения веществ высокой чистоты.</p> <p>ПК-1-хтм-2:</p> <p>Знает основные процессы химического производства, принципы проектирования технологических процессов химического производства.</p> <p>Умеет определять эффективные параметры технологических процессов современной химической промышленности.</p> <p>Владеет навыком экспериментальных исследований оптимизации технологических процессов современной химической промышленности.</p>		
ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	<p>ПК-2-н-1: Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных</p> <p>ПК-2-н-2: Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в выбранной области химии и/или смежных с химией науках</p>	<p>ПК-2-н-1:</p> <p>Знает какие базы данных существуют, как они устроены.</p> <p>Умеет составлять запросы для поиска необходимой информации на научных и образовательных порталах.</p> <p>Владеет понятийным аппаратом базовых математических и естественнонаучных дисциплин.</p> <p>ПК-2-н-2:</p> <p>Знает методы планирования и проведения экспериментальных исследований.</p> <p>Умеет проводить обработку и интерпретацию результатов экспериментальных исследований.</p> <p>Владеет методами выполнения наблюдений и</p>	Коллоквиум	Экзамен: Контрольные вопросы

		измерений с учетом требований техники безопасности.		
ПК-3-н: Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-3-н-1: Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными ПК-3-н-2: Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	ПК-3-н-1: Знает методы интерпретации, обработки и систематизации экспериментальных данных. Умеет работать с научно-технической литературой и базами данных. Владеет навыками анализа научно-технической документации. ПК-3-н-2: Знает методы организации научно-технических работ. Умеет планировать научно-техническую деятельность. Владеет инструментами организации и планирования научно-технической деятельности.	Задачи	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	78
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего	в том числе
--	-------	-------------

	(часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Гидромеханические процессы	46	10	10	20	26
Тепловые процессы	46	10	10	20	26
Массообменные процессы	50	12	12	24	26
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	180	32	32	66	78

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Гидромеханические процессы.

- 1.1. Основные понятия.
- 1.2. Гидростатика, основные уравнения гидростатики.
- 1.3. Гидродинамика.
 - 1.3.1. Уравнение неразрывности потока.
 - 1.3.2. Уравнение Эйлера.
 - 1.3.3. Уравнение Навье-Стокса.
 - 1.3.4. Уравнение Бернулли.
 - 1.3.5. Практическое применение уравнения Бернулли
- 1.4. Критерии подобия.
- 1.5. Насосы. Классификация насосов.
- 1.6. Основные характеристики насосной установки.
- 1.7. Мощность и КПД насосов.

Тема 2. Тепловые процессы.

- 2.1. Основные понятия.
- 2.2. Виды переноса тепла. Удельные тепловые потоки.
- 2.3. Конвективный теплоперенос. Число Нуссельта.
- 2.4. Теплоперенос излучением.
- 2.5. Теплопередача. Коэффициент теплопередачи. Расчет коэффициентов теплопередачи.
- 2.6. Классификация теплообменников.
- 2.7. Расчет теплообменных аппаратов.

Тема 3. Массообменные процессы.

- 3.1. Классификация массообменных процессов.
- 3.2. Способы выражения и пересчета концентраций.
- 3.3. Равновесие. Общие положения.
- 3.4. Диффузионный и конвективный массоперенос.
- 3.5. Массопередача. Уравнение массопередачи.
- 3.6. Средняя движущая сила процесса массопередачи.
- 3.7. Абсорбция. Материальный баланс, уравнение рабочих линий и средняя движущая сила процесса абсорбции.
- 3.8. Ректификация. Материальный баланс ректификационной колонны непрерывного действия.

- 3.9. Определение диаметра и высоты ректификационной колонны непрерывного действия.
- 3.10. Тепловой баланс ректификационной колонны непрерывного действия.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 16 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

1. Принципы проектирования химических производств.
2. Принципы составления материального и теплового балансов.
3. Области протекания химико-технологических процессов (ХТП).
4. Влияние физико-химических факторов на ХТП.
5. Способы увеличения скорости ХТП.
6. Классификация тепловых процессов.
7. Гидродинамика. Уравнение Бернулли.
8. Критерии гидродинамического подобия.
9. Обобщенное уравнение конвективного теплообмена.
10. Передача тепла теплопроводностью.
11. Основные критерии теплового подобия.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ПК-1-хтм:

1. Материальный баланс, уравнение рабочих линий и средняя движущая сила процесса абсорбции.
2. Определение числа и высоты единиц переноса абсорбера.
3. Механизм и материальный баланс ректификационной колонны непрерывного действия.

4. Рабочее и минимальное флегмовое число.
5. Теоретическая тарелка и ее высота.
6. Уравнение рабочих линий укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны непрерывного действия.
7. Определение диаметра и высоты ректификационной колонны непрерывного действия.
8. Тепловой баланс ректификационной колонны непрерывного действия.
9. Уравнение Фенске.
10. Иерархия системного анализа химического предприятия.
11. Физическое, математическое и аналоговое моделирование.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:

1. Отличие эффективности теплопередачи при прямотоке и противотоке теплоносителей.
2. Коэффициент и фактор разделения ректификацией жидких смесей.
3. Константы, инварианты, критерии и теоремы подобия.
4. Химико-технологическая система и ее системный анализ.
5. Иерархия эффектов взаимодействия физико-химической системы.
6. Три этапа создания химических производств.
7. Кристаллизация из растворов и расплавов.

Критерии оценивания (оценочное средство - Коллоквиум)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.

Оценка	Критерии оценивания
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

Вариант 1.

Скруббер для поглощения паров ацетона из воздуха орошается чистой водой в количестве 3000 кг/ч при 20 °С и атмосферном давлении. Исходная паровоздушная смесь содержит 6 об.% ацетона. Расход чистого воздуха в поступающей смеси равен 1400 м³/ч (считая на нормальные условия). Степень поглощения ацетона 98%. Уравнение линии равновесия: $Y^* = 1.68X$ (кмоль ацетона/кмоль воды (воздуха)). Определите поверхность массопередачи, если коэффициент массопередачи равен $K_y = 0.4$ кмоль ацетона/[м² · ч · (кмоль ацетона/кмоль воздуха)].

Вариант 2.

В абсорбере из воздуха водой поглощается примесь SO₂, причем ее концентрация в воздухе уменьшается с 3.06 до 0.20 масс.%. Уравнение рабочей линии – $1.2x + 0.0006$. Равновесие между жидкостью и газом в этом интервале описывается уравнением $y^* = 1.1x$. Построить рабочую диаграмму абсорбера и определить число единиц переноса аналитическим методом и графическим построением.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продемонстрированы основные умения. При решении задач могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми

Оценка	Критерии оценивания
	недочетами.
не зачтено	Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отсутствия решения.

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н:

Вариант 1.

В ректификационной колонне непрерывного действия разделяется смесь метанола и воды, содержащая 30 мол.% низкокипящего компонента (НК). Дистиллят содержит 92 мол.%, а кубовый остаток 4 мол.% НК. Найти уравнения рабочих линий и построить рабочую диаграмму этой системы, а также определить число теоретических тарелок, фактор и коэффициент разделения. Равновесные составы жидкости и пара в мол.% хлороформа:

x	0	2	4	6	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
y	0	13.4	23	30.4	41.8	57.9	66.5	72.9	77.9	82.5	87	91.5	95.8	100
*														

Вариант 2.

Из ректификационной колонны выходит 1100 кг/ч дистиллята с содержанием 98.5 масс.% легколетучего компонента и 3650 кг/ч кубового остатка с содержанием 96.6 масс.% второго компонента. Число флегмы – 2.94. Определить: (а) массовый процент легколетучего компонента в питании колонны; (б) количество пара (кг/ч), поступающего из колонны в дефлегматор.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продemonстрированы основные умения. При решении задач могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отсутствия решения.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------

зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

1. Принципы проектирования химических производств.
2. Принципы составления материального и теплового балансов.
3. Области протекания химико-технологических процессов (ХТП).
4. Влияние физико-химических факторов на ХТП.
5. Способы увеличения скорости ХТП.
6. Классификация тепловых процессов.
7. Гидродинамика. Уравнение Бернулли.
8. Критерии гидродинамического подобия.
9. Обобщенное уравнение конвективного теплообмена.
10. Передача тепла теплопроводностью.
11. Основные критерии теплового подобия.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1-хтм

1. Материальный баланс, уравнение рабочих линий и средняя движущая сила процесса абсорбции.

2. Определение числа и высоты единиц переноса абсорбера.
3. Механизм и материальный баланс ректификационной колонны непрерывного действия.
4. Рабочее и минимальное флегмовое число.
5. Теоретическая тарелка и ее высота.
6. Уравнение рабочих линий укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны непрерывного действия.
7. Определение диаметра и высоты ректификационной колонны непрерывного действия.
8. Тепловой баланс ректификационной колонны непрерывного действия.
9. Уравнение Фенске.
10. Иерархия системного анализа химического предприятия.
11. Физическое, математическое и аналоговое моделирование.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

1. Отличие эффективности теплопередачи при прямотоке и противотоке теплоносителей.
2. Коэффициент и фактор разделения ректификацией жидких смесей.
3. Константы, инварианты, критерии и теоремы подобия.
4. Химико-технологическая система и ее системный анализ.
5. Иерархия эффектов взаимодействия физико-химической системы.
6. Три этапа создания химических производств.
7. Кристаллизация из растворов и расплавов.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н

1. Основные понятия и характеристики движения жидкости.
2. Основы теории подобия. Теоремы подобия.
3. Основы теории подобия. Критерии подобия.
4. Основы теории подобия. Критериальное уравнение гидродинамики.
5. Метод анализа размерностей.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

Оценка	Критерии оценивания
	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно».
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично».
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо».
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо».
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно».
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо».

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Ануфриенко А. Л. Процессы и аппараты химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы : учеб. пособие для практ. занятий и самостоят. работы студентов / Ануфриенко А. Л., Калекин В. С. - Омск : ОмГТУ, 2017. - 124 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ОмГТУ - Химия. - ISBN 978-5-8149-2413-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=728726&idb=0>.
2. Разинов А. И. Процессы и аппараты химической технологии / Разинов А. И., Клинов А. В., Дзяконов Г. С. - Казань : КНИТУ, 2017. - 860 с. - Рекомендовано федеральным учебно-методическим объединением по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 18.00.00 «Химические технологии» в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Химическая технология». - Книга из коллекции КНИТУ - Химия. - ISBN 978-5-7882-2154-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=825817&idb=0>.
3. Поникаров И. И. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки : учебник / Поникаров И. И., Гайнуллин М. Г. - 6-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 604 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции Лань - Химия. - ISBN 978-5-8114-4988-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?>

Action=FindDocs&ids=707845&idb=0.

4. Касаткин Андрей Георгиевич. Основные процессы и аппараты химической технологии : [учеб. для хим.-технол. специальностей вузов]. - Изд. 9-е, испр. - М. : Химия, 1973. - 750 с. : ил. - 2.76., 11 экз.
5. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии : учеб. для вузов : в 2 кн. Кн. 1 / под ред. В. Г. Айнштейна. - 2006. - 912 с. : ил. - ISBN 5-98704-089-2 : 264.00., 50 экз.
6. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии : учеб. для вузов : в 2 кн. Кн. 2 / под ред. В. Г. Айнштейна. - 2006. - 872 с. : ил. - ISBN 5-98704-090-6 : 264.00., 50 экз.
7. Фролов Владимир Федорович. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии" : учеб. пособие по одноименной дисциплине. - СПб. : Химиздат, 2003. - 608 с. : ил. - ISBN 5-93808-039-8 : 185.00., 49 экз.

Дополнительная литература:

1. Дьяконов В. Г. Основы теплопередачи и массообмена / Дьяконов В. Г., Лонцаков О. А. - Казань : КНИТУ, 2015. - 244 с. - Книга из коллекции КНИТУ - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-7882-1813-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=825613&idb=0>.
2. Дытнерский Юрий Иосифович. Процессы и аппараты химической технологии : учеб. для вузов : в 2 ч. Ч. 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. - [2-е изд.]. - М. : Химия, 1995. - 399,[1] с. : ил. - (Для высшей школы). - 25.00., 1 экз.
3. Дытнерский Юрий Иосифович. Процессы и аппараты химической технологии : учеб. для вузов : в 2 ч. Ч. 2. Массообменные процессы и аппараты. - [2-е изд.]. - М. : Химия, 1995. - 367,[1] с. : ил. - (Для высшей школы). - 25.00., 1 экз.
4. Кафаров Виктор Вячеславович. Математическое моделирование основных процессов химических производств : [учеб. пособие для хим.-технол. специальностей вузов]. - М. : Высшая школа, 1991. - 399, [1] с. - ISBN 5-06-002066-5 : 1.80., 14 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронной библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС) нового поколения. Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронной библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой также предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает

доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Белоусов Артем Сергеевич, кандидат химических наук.

Заведующий кафедрой: Сулейманов Евгений Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.09.2023 г., протокол № 1.