

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 Ученого совета ННГУ
протокол № 12 от 09.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины
Специальные 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, очно-заочная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.05 Специальные 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: Знать: основные законы гидромеханических, тепловых и массообменных процессов; Уметь: решать практические задачи по расчету аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов; Владеть: навыками анализа технической документации, подбора оборудования, подготовки заявки на приобретение и ремонт оборудования ПК-1-н.2: Знать: аппаратурное оформление технологического процесса и средства для контроля параметров процесса Уметь: осуществлять подбор оборудования для проведения технологического процесса Владеть: навыками управления параметрами технологического процесса;	Задачи	Экзамен: Контрольные вопросы

<p><i>ПК-1-хтм:</i> Способен использовать современные методы решения практических задач оптимизации технологических процессов в области инженерной химии</p>	<p><i>ПК-1-хтм.2:</i> Определяет эффективные параметры технологических процессов современной химической промышленности</p>	<p><i>ПК-1-хтм.2:</i> Знать: основные процессы химического производства, принципы проектирования технологических процессов химического производства. Уметь: определять эффективные параметры технологических процессов современной химической промышленности. Владеть: Навыком экспериментальных исследований оптимизации технологических процессов современной химической промышленности</p>	<p>Задачи</p>	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>
<p><i>ПК-2-н:</i> Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках</p>	<p><i>ПК-2-н.2:</i> Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в области инженерной химии и химической технологии материалов микроэлектронной техники</p>	<p><i>ПК-2-н.2:</i> Знать: методы планирования и проведения экспериментальных исследований Уметь: проводить обработку и интерпретацию результатов экспериментальных исследований; Владеть: методами выполнения наблюдений и измерений с учетом требований техники безопасности</p>	<p>Задания</p>	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>
<p><i>ПК-3-н:</i> 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</p>	<p><i>ПК-3-н.1:</i> Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными <i>ПК-3-н.2:</i> Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов</p>	<p><i>ПК-3-н.1:</i> Знать: методы интерпретации, обработки и систематизации экспериментальных данных Уметь: работать с научно-технической литературой и базами данных Владеть: навыками анализа научно-технической документации <i>ПК-3-н.2:</i> Знать: методы организации научно-технических работ</p>	<p>Задачи</p>	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>

		<p>Уметь:</p> <p>планировать научно-техническую деятельность</p> <p>Владеть:</p> <p>инструментами организации и планирования научно-технической деятельности</p>		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная	очно-заочная
Общая трудоемкость, з.е.	6	6
Часов по учебному плану	216	216
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	36	36
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16	18
- КСР	2	2
самостоятельная работа	108	124
Промежуточная аттестация	54 экзамен	36 экзамен

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)		в том числе									
			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					
	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о		
Массообменные процессы	160	178	36	36	16	18	52	54	108	124		
Аттестация	54	36										
КСР	2	2							2	2		
Итого	216	216	36	36	16	18	54	56	108	124		

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс:

Корытцева А.К., Петьков В.И. Промышленные химико-технологические процессы

<https://mooc.unn.ru/course/view.php?id=68>.

- учебно-методические пособия

1. Петьков В.И., Корытцева А.К. Химические реакторы: Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2013. – 75 с.
2. Клапшин Ю.П., Щелоков И.А. Теплообменные процессы в химической технологии. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. – 24 с.
3. Корытцева А.К. Тепловые режимы химических реакторов: Учебно-методическое пособие. – – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. – 48 с.

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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

Задача 1

Определить диаметр проходного канала трубы, транспортирующей воду(или другую среду) при заданном расходе и температуре (пример: расход 2 кг/с, температура 60 °С)

Задача 2

Выполнить расчет гидравлического сопротивления трубопровода, диаметром 25 мм, с 10 поворотами, длиной 50 м. Расход жидкости 0,2 м³/с..

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

Задача 1

Оценить погрешность экспериментальных данных, выбрав и обосновав самостоятельно методику обработки результатов измерений

Задача 2

Обработать массив экспериментальных данных с получением гладкой аппроксимации измеренных величин

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1-хтм

Задача 1

Провести расчет ректификационной колонны для разгонки смеси спирт-вода, исходным расходом 10 кг/с, XF = 0,4, XW = 0,9, XW = 0,05

Задача 2

Провести расчет ректификационной колонны для разгонки смеси этанол-ацетон, исходным расходом 10 кг/с, XF = 0,4, XW = 0,9, XW = 0,05

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Продемонстрированы все основные знания и умения, решены все задачи в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
отлично	Продемонстрированы все основные знания и умения, решены все

Оценка	Критерии оценивания
	задачи в полном объеме с отдельными несущественным недочетами.
очень хорошо	Уровень знаний требуемый для решения задач в полном объеме. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все задачи.
хорошо	Продемонстрированы все основные умения. Решены все задачи с негрубыми ошибками в полном объеме, но некоторые с недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований для решения задачи. Имели место грубые ошибки. При решении задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала, требуемого для решения задачи. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений, требуемых для решения задачи.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

Задание 1.

Описать основные виды нерегулярных насадок.

Задание 2

Описать основные виды регулярных насадок

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Продемонстрированы все основные знания и умения, требуемые для выполнения задания. Задание выполнено в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных заданий
отлично	Продемонстрированы все основные знания и умения, требуемые для выполнения задания. Решены все задания в полном объеме с отдельными несущественным недочетами.
очень хорошо	Уровень знаний требуемый для выполнения задания в полном объеме. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все задания.
хорошо	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все задания с негрубыми ошибками в полном объеме, но некоторые с недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Решены типовые задания с негрубыми ошибками. Выполнены

Оценка	Критерии оценивания
	все задания, но не в полном объеме.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований для выполнения заданий. Имели место грубые ошибки. Не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала, требуемого для выполнения заданий. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений.

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 отдельными 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	При решении стандартных	Имеется минимальн	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрирован

	навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	задач не продемонстрир ованы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторым и недочетами	базовые навыки при решении стандартны х задач с некоторым и недочетами	базовые навыки при решении стандартны х задач без ошибок и недочетов	навыки при решении нестандарт ных задач без ошибок и недочетов	творческий подход к решению нестандартны х 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».
	удовлетворитель но	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	неудовлетворите льно	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

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Экзамен

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Оценка	Критерии оценивания
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными 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.
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 ошибки. 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. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

Контрольные вопросы к экзамену по дисциплине «Специальные процессы и аппараты химической технологии»

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Классификация основных процессов химической технологии. Основные общие характеристики процессов.	ПК-3-н
2. Виды процессов массопередачи. Схема процесса переноса вещества. Фазовое равновесие. 3. Материальный баланс и уравнение рабочей линии массообменного процесса. 4. Диффузионный и конвективный перенос вещества. Механизм процессов массопереноса. 5. Массоотдача. Уравнение массоотдачи. Критериальное уравнение массоотдачи.	ПК-2-н

6. Массопередача. Уравнение массопередачи. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений. 7. Средняя движущая сила процессов массопередачи. 8. Модифицированные уравнения массопередачи.	
9. Равновесие при абсорбции. Материальный баланс абсорбции. 10. Уравнение рабочей линии процесса абсорбции при противотоке и прямотоке фаз, рециркуляцией абсорбента. 11. Материальный баланс абсорбции. Определение рабочего расхода абсорбента. 12. Дистилляция и ректификация. Фазовое равновесие в системе жидкость-пар. 13. Простая и фракционная перегонка. Материальный баланс. 14. Ректификация. Допущения, принятые при рассмотрении процесса. Материальный баланс. 15. Уравнение рабочих линий для укрепляющей и исчерпывающей части ректификационной колонны. 16. Минимальное и действительное флегмовое число при расчете ректификации. 17. Материальный и тепловой балансы ректификационной колонны. 18. Экстракция. Принципиальные схемы экстракции. Равновесие в системе жидкость-жидкость. 19. Материальный баланс экстракции. Принципиальные схемы однократной и многократной экстракции. 20. Адсорбция. Промышленные адсорбенты и их основные характеристики. 21. Равновесие в процессах адсорбции. Скорость адсорбции. Уравнение Шилова. 22. Расчет периодических и непрерывно действующих адсорберов. 23. Сушка. Параметры влажного воздуха. I-X диаграмма влажного воздуха. 24. Изображение процессов изменения состояния воздуха на I-X диаграмме (нагревание, охлаждение, сушка, смешение). 25. Равновесие в процессах сушки. Формы связи влаги с материалом. 26. Материальный баланс сушки. Баланс влаги в сушильном агенте. 27. Тепловой баланс конвективной сушилки. Теоретическая сушилка. 28. Тепловой баланс контактной сушилки. 29. Скорость сушки. Испарение влаги с поверхности и ее перемещение внутри материала. 30. Сущность процесса мембранного разделения смесей. (Основные характеристики, обратный осмос, ультрафильтрация, испарение через мембрану, диализ, электродиализ, диффузионное разделение газов.) 31. Мембраны. Кинетика процессов мембранного разделения смесей. Влияние различных факторов на процесс мембранного разделения смесей.	ПК-1-н
32. Расчет основных размеров массообменных аппаратов с непрерывным контактом фаз. 33. Расчет основных размеров массообменных аппаратов с ступенчатым контактом фаз. 34. Экономия энергии в ректификационных установках. 35. Варианты процесса сушки. Достоинства и недостатки вариантов.	ПК-1-хтм-2

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

Основная литература:

1. Холланд Чарльз Д. Многокомпонентная ректификация / пер. с англ. Б. Ц. Генкиной ; под ред. В. М. Платонова. - М. : Химия, 1969. - 351 с. : черт. - 1.53.
2. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 1 : учебник для вузов / Айнштейн В. Г., Захаров М. К., Носов Г. А., Захаренко В. В., Зиновкина Т. В., Таран А. Л., Костанян А. Е.; Захаров М. К., Носов Г. А., Захаренко В. В., Зиновкина Т. В., Таран А. Л., Костанян А. Е. - 10-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 916 с. - Книга из коллекции Лань - Химия. - ISBN 978-5-507-46494-4.
3. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 2 : учебник для вузов / Айнштейн В. Г., Захаров М. К., Носов Г. А., Захаренко В. В., Зиновкина Т. В., Таран А. Л., Костанян А. Е., Под р. А.; Захаров М. К., Носов Г. А., Захаренко В. В., Зиновкина Т. В., Таран А. Л., Костанян А. Е. - 9-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 876 с. - Книга из коллекции Лань - Химия. - ISBN 978-5-507-45124-1.

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

Не используется

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (интерактивная доска), техническими средствами обучения, а также компьютерной техникой (корп.2, ауд. 152).

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 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Петухов Антон Николаевич, кандидат химических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии (протокол № 1 от 29 сентября 2022 г.)