МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (ФГБОУ ВО «МГТУ»)

Кафедра химии

Методические указания

к самостоятельной работе студентов

по дисциплине Б1.В.02.ДВ.01.02 Основы оптимизации химических процессов

для направления подготовки (специальности)

04.04.01 Химия
Профиль Физическая и коллоидная химия
Квалификация выпускника, уровень подготовки магистр

Форма обучения: очная

Методические указания к самостоятельной работе рассмотрены и одобрены на заседани кафедры-разработчика		
Химии		
название кафедры		
<u>24.06.2019</u> протокол № <u>12</u>		

ОГЛАВЛЕНИЕ

1.	Общие организационно-методические указания	3
2.	Тематический план	3
3.	Список рекомендуемой литературы.	4
4.	Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины	5

1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания разработаны в соответствии с ФГОС ВО для направления подготовки 04.04.01 Химия, утвержденным приказом № 655 от 13 июля 2017 г. и УП, утвержденным Ученым советом МГТУ (Протокол № 7 от 28.02.2019), а также рабочей программой по дисциплине «Основы оптимизации химических процессов», утвержденной на заседании кафедры химии МГТУ.

Минимум содержания дисциплины «Основы оптимизации химических процессов» для самостоятельной работы составляет 26 часов: «Основные понятия и принципы моделирования и оптимизации моделей. Классификация математических моделей химических процессов. Численные методы. Кинетические модели процессов химической технологии и их оптимизация. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Математические модели гидродинамики и их оптимизация. Математические модели теплообменных процессов и их оптимизация. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация. Математические модели процессов в системах «жидкость—пар» и их оптимизация. Статистические модели химических процессов и их оптимизация».

В результате освоения программы дисциплины «Основы оптимизации химических процессов» магистр должен:

знать:

- основы моделирования химических процессов и оптимизации моделей;
- методы реализации математических моделей на ЭВМ;

уметь:

 применять существующее программное обеспечение для решения химикотехнологических задач;

владеть:

- навыками построения математических моделей химических процессов;
- навыками составления программ, моделирующих химические процессы.

Процесс изучения дисциплины «Основы оптимизации химических процессов» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО для направления подготовки 04.04.01 Химия:

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции
1	ПК-1-н.	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках
2	ПК-3-н.	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках

Целью дисциплины «Основы оптимизации химических процессов» является подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой магистра и учебным планом направления 04.04.01 Химия, что предполагает освоение обучаемыми теоретических знаний и приобретения практических навыков в области планирования эксперимента и обработки результатов.

Задачи дисциплины:

– дать необходимые теоретические знания, практические умения и навыки по основам планирования эксперимента и обработки результатов, позволяющие успешно использовать их в профессиональной деятельности.

2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

1. Введение. Основные понятия и принципы моделирования и оптимизации моделей Основные понятия и принципы моделирования. Физическое и математическое моделирование, достоинства и недостатки различных методов моделирования химических процессов. Классификация математических моделей, детерминированные и статистические модели химических процессов. Схема разработки математические модели химических процессов. Схема разработки математические модели химических процессов. Схема разработки математические модели химических процессов. 2 3. Численные методы Численые методы интетрирования. 2 4. Кинетические модели процессов химической технологии и их оптимизация Кинетических моделей. Методы расчета констати скоростей в уравнений. Численые методы решения дифференциальных уравнений, алгоритмы решения систем дифференциальных уравнений, алгоритмы решения систем дифференциальных уравнений на ЭВМ. 3 5. Численные методы решения дифференциальных уравнений исленные методы решения дифференциальных уравнений идрального вытестем дифиреренциальных уравнений на увам математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математическое описание зон идеального перемещивания, идеального вытеспения. Ячесчная и диффузионная модели гидродинамики ки. 3 7. Математические модели теплообменных процессов в их оптимизация математическое описание теплообменных процессов в выпаратах. Модель теплообмена в теплообменных процессов в пих оптимизация математическое описание кривых распреденения, в трубсатых теплообменных, в аппаратах комбинированног типа. 3 8. Математические модели процессов кристаллизации и политерическом размерам. Модель вакуум-кристаллизации и политерическом размерам. Модель вакуум-кристаллизации клюрида калия. 3 9. Математические модели процессов кристаллизации и политерическом размерам. Модель вакуум-кристаллизации и политерическое описание процесса абсорбщии и конетитерическое описание процесса в бестемах «жидкость — пары и их оптимизация и политерическое	No	Наименование тем и содержание самостоятельной работы	Кол-во	
Основные попятия и принципы моделирования и оптимизации моделей Основные понятия и принципы моделирования. Физическое и математическое моделирование, достоинства и недостатки различных мстодов моделирования химических процессов. 2. Классификация математических моделей имических процессов Классификация математических моделей имических процессов. Схема разработки математические модели химических процессов. Схема разработки математических моделей интегрирования. 3. Численые методы решения систем линейных и пелинейных алгебранческих уравнений. Численные методы решения систем линейных и ислогии и их оптимизация Кинетические модели процессов химической технологии и их оптимизация Кинетических моделей. Методы расчета констант скоростей в уравнений инстики. 5. Численые методы решения дифференциальных уравнений численые методы решения дифференциальных уравнений инстинитемы решения систем лифференциальных уравнений на ЭВМ. 3. Математические модели гидродинамики и их оптимизация Математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математические модели гидродинамики и их оптимизация математическое описание теплообменных процессов и их оптимизация математическое описание теплообменных процессов и их оптимизация математическое описание теплообменных в троцессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных процессов в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации и в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель в распределения кристаллов по распределения кристаллов по распределения кристаллов по распределения кристаллов по р			часов	
Моделей Основные понятия и принципы моделирования. Физическое и математическое моделирование, достоинства и недостатки различных методов моделирования химических процессов. 1	1.			
Основные понятия и принципы моделирования. Физическое и математическое моделирования достоинства и недостатки различных методов моделирования у достоинства и недостатки различных методов моделирования у минических моделей химических пропессов Классификация математических моделей, детерминированных и статистические модели у минических пропессов. Схема разработки математического описания химических пропессов. Схема разработки математического описания химических пропессов. Осмам разработки математического описания химических пропессов и методы решения систем линейных и нелинейных алгебранеских уравнений. Численные методы интегрирования. 4. Кинетические модели процессов химической технологии и их оптимизация кинетические моделей. Методы расчета констант скоростей в уравнениях кинетических моделей. Методы расчета констант скоростей в уравнениях кинетических моделей. Методы расчета констант скоростей в уравнений кинетические модели гидродинамных уравнений, алгоритмыр решения систем дифференциальных уравнений, алгоритмыр решения систем дифференциальных уравнений, алгоритмыр математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеснения. Ячеечная и диффузионная модели гидродинамики. 7. Математические модели теплообменных процессов и их оптимизация математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообменных, в аппаратах комбинированного типа. 8. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация дапирамерам. Модель вакуум-кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хоридесов в системах «жидкость – пару и их оптимизация и допределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристалланации хоридесов в системах «жидкость – пару и их оптимизация и их опт				
математическое моделирование, достойнства и недостатки различных методов моделирования химических процессов. 1				
2. Классификация математических моделей химических процессов Классификация математических моделей химических процессов Классификация математических моделей, детерминированные и статистические модели химических процессов. Схема разработки математического описания химических процессов. 2		1		
2. Классификация математических моделей химических процессов Классификация математических моделей, детерминированные и статистические модели кимических процессов. 2 3. Численные методы учисленные методы интегрирования. 2 4. Кинстические модели кимических процессов. 2 4. Кинстические модели процессов химической технологии, схема построения кинетики. 2 5. Кинстические модели процессов химической технологии, схема построения кинетики. 3 5. Численные методы решения дифференциальных уравнений численные методы решения дифференциальных уравнений, апторитмы решения систем дифференциальных уравнений на ЭВМ. 3 6. Математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вътеснения. Ячеечная и диффузионная модели тидродинамики в ракторах различных типов. Математическое описание теплообменных процессов и их оптимизация математическое описание теплообменных процессов в аппаратах Модель теплообмена в теплообменных процессов кристаллизации и их оптимизация математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации ихпорида калия. 3 8. Математические модели процессов кристаллизации ихпорида калия. 3 9. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации и		1 '	1	
Классификация математических моделей, детерминированные и статистические модели химических процессов. Схема разработки математического описания химических процессов. Изема разработки ческих уравнений. Численные методы решения систем линейных и нелинейных алгебра-ических уравнений. Численные методы интегрирования. 4. Кинетические модели процессов химической технологии и их оптимизация Кинетические модели процессов химической технологии, схема построения кинетических моделей. Методы расчета констант скоростей в уравнениях кинетики. 5. Численные методы решения дифференциальных уравнений численные методы решения дифференциальных уравнений, алгоритмы решения систем дифференциальных уравнений, алгоритмы решения систем дифференциальных уравнений, алгоритмы решения систем дифференциальных уравнений, алгоритмы математические модели гидродинамики и их оптимизация Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеспения. Ячеечная и диффузионная модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеспения. Ячеечная и диффузионная модели гидродинамики в теплообменных процессов и их оптимизация математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмены в теплообменных процессов в потиминация математические модели процессов кристаллизации и потиминация математические модели процессов кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлорида калия. 3 10. Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации и кимических процессов, способы их разработки. Регрессионный магематического планирования экспериме	2.			
3. Численые методы Численые методы Численые методы решения систем линейных и нелинейных алгебра- ических уравнений. Численные методы интегрирования. 2 4. Кинетические модели процессов химической технологии и их оп- тимизация Кинетические модели процессов химической технологии, схема по- строения кинетических моделей. Методы расчета констант скоростей в уравнениях кинетики. 3 5. Численные методы решения дифференциальных уравнений Зам. Математические модели гидродинамики в реакторах различных ти- пов. Математическое описание теплообменных процессов и их оптими- зация Математические модели теплообменных процессов в аппаратах Модель теплообмениках смещения, в трубчатых теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 3 8. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции хлорида калия. 3 10. Статистические модели химических процессов, способы их разработ- ки. Регресссионный аналия, оценка адскватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оп- тимизации химических процессов. 3				
3. Численные методы решения систем линейных и нелинейных алгебра- ических уравнений. Численные методы интегрирования. 2		статистические модели химических процессов. Схема разработки		
Численные методы решения систем линейных и нелинейных алтебра- ических уравнений. Численные методы интегрирования. 2		математического описания химических процессов.	2	
4. Кинстические модели процессов химической технологии и их оптимизация Кинстические модели процессов химической технологии, схема построения кинстических моделей. Методы расчета констант скоростей в уравнениях кинстики. 5. Численные методы решения дифференциальных уравнений Численные методы решения дифференциальных уравнений, алгоритмы решения систем дифференциальных уравнений далгоритмы решения систем дифференциальных уравнений на ЭВМ. 6. Математические модели гидродинамики и их оптимизация Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеснения. Ячеечная и диффузионная модели гидродинамики и их оптимизация Математическое описание теплообменных процессов и их оптимизация Математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмениках смещения, в трубчатых теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 8. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процессов кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации и политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации и моделирование процесса абсорбции хлорида калия. 9. Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 10. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3	3.			
4. Кинетические модели процессов химической технологии и их оптимизация Кинетические модели процессов химической технологии, схема построения кинетических моделей. Методы расчета констант скоростей в уравнениях кинетики. 3 5. Численные методы решения дифференциальных уравнений Численные методы решения дифференциальных уравнений, алгоритмы решения систем диффузионная модели гидродинамик ими их оптимизация 3 6. Математические модели гидродинамики в их оптимизация 3 Математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеспения. Ячесчная и диффузионная модели гидродинамики. 3 7. Математические модели теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 3 8. Математическое описани процессов кристаллизации и потимизация математические модели процессов кристаллизации и потимение равновсеия и кинетики процессов кристаллизации и потитермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации и потитермическом режиме. Математическое описание процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация и моделирование процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация и процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация и процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анали		•		
тимизация Кинетические модели процессов химической технологии, схема построения кинетических моделей. Методы расчета констант скоростей в уравнениях кинетики. 5. Численные методы решения дифференциальных уравнений Численные методы решения дифференциальных уравнений, алгоритмы решения систем дифференциальных уравнений, алгоритмы решения систем дифференциальных уравнений на ЭВМ. 6. Математические модели гидродинамики и их оптимизация Математические модели гидродинамики и их оптимизация математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеснения. Ячеечная и диффузионная модели гидродинамики. 7. Математические модели теплообменных процессов и их оптимизация математическое описание теплообменниках смещения, в трубчатых теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 8. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация математические модели процессов кристаллизации и политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация и политермическое писание процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3. Образначений процессов и их оптимизация способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3. Образначений на правиться правиться правиться правиться правиться премещений рег			2	
Кинетические модели процессов химической технологии, схема построения кинетических моделей. Методы расчета констант скоростей в уравнениях кинетики. 5. Численные методы решения дифференциальных уравнений Численные методы решения дифференциальных уравнений, алгоритмы решения систем дифференциальных уравнений на ЭВМ. 6. Математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеснения. Ячеечная и диффузионная модели гидродинамики. 7. Математические модели теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмен в теплообменных процессов в питомизация математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процессов кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация математическое описание процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3. Остатистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов.	4.			
строения кинетических моделей. Методы расчета констант скоростей в уравнениях кинетики. 5. Численные методы решения дифференциальных уравнений численные методы решения дифференциальных уравнений, алгоритмы решения систем дифференциальных уравнений на ЭВМ. 6. Математические модели гидродинамики и их оптимизация Математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеснения. Ячесчная и диффузионная модели гидродинамики. 7. Математические модели теплообменных процессов и их оптимизация Математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных смещения, в трубчатых теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 8. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 10. Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов.				
В уравнениях кинетики. Численные методы решения дифференциальных уравнений численные методы решения дифференциальных уравнений, алгоритмы решения систем дифференциальных уравнений на ЭВМ. Математические модели гидродинамики и их оптимизация Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеснения. Ячеечная и диффузионная модели гидродинамики. Математические модели теплообменных процессов и их оптимизация Математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменниках смещения, в трубчатых теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 8. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процессов кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость — пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 10. Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3				
1. Численные методы решения дифференциальных уравнений Численные методы решения дифференциальных уравнений, алгоритмы решения систем дифференциальных уравнений на ЭВМ. 3. Математические модели гидродинамики и их оптимизация Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеснения. Ячеечная и диффузионная модели гидродинамики. 3. Математические модели теплообменных процессов и их оптимизация Математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 3. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процессов кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость — пар» и их оптимизация математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 10. Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3 апматические модели химических процессов на проправления регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3 апматические модели химических процессов на проправления регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3 апматическое описания проправления регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов.		1	2	
4 иисленные методы решения дифференциальных уравнений, алгоритмы решения систем дифференциальных уравнений на ЭВМ. 3 6. Математические модели гидродинамики и их оптимизация Математическое модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеснения. Ячеечная и диффузионная модели гидродинамики. 3 7. Математические модели теплообменных процессов и их оптимизация Математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процессов кристаллизации и политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 3 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация математическое описание процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3 10. Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов.	5		3	
мы решения систем дифференциальных уравнений на ЭВМ. 6. Математические модели гидродинамики и их оптимизация Математическое модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеснения. Ячеечная и диффузионная модели гидродинамики. 7. Математические модели теплообменных процессов и их оптимизация Математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменниках смешения, в трубчатых теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 8. Математические модели процессов кристаллизации их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость — пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса ректификации. 3. Отатистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3. Отатистические модели химических процессов их оптимизация оправлений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов.] 3.			
Математические модели гидродинамики и их оптимизация Математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеснения. Ячеечная и диффузионная модели гидродинамики. Математические модели теплообменных процессов и их оптимизация Математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменниках смешения, в трубчатых теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 8. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процессов кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость — пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3. Статистические модели химических процессов.			3	
Математические модели гидродинамики в реакторах различных типов. Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеснения. Ячеечная и диффузионная модели гидродинамики. 7. Математические модели теплообменных процессов и их оптимизация Математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообменниках смешения, в трубчатых теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 8. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процессов кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость — пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 10. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3	6.			
пов. Математическое описание зон идеального перемешивания, идеального вытеснения. Ячеечная и диффузионная модели гидродинамики. 7. Математические модели теплообменных процессов и их оптимизация Математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменниках смешения, в трубчатых теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 8. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процесса кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3. 10. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3. 3. 4. 3. 4. 3. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4.	0.	-		
ального вытеснения. Ячеечная и диффузионная модели гидродинамики. 7. Математические модели теплообменных процессов и их оптимизация Математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных смешения, в трубчатых теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 8. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процесса кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость — пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3. 10. Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3		1 1 1		
ки. З Математические модели теплообменных процессов и их оптимизация Математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменных смешения, в трубчатых теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 3 Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процесса кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 3 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3 10. Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов.				
зация Математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменниках смешения, в трубчатых теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 8. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процесса кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3. 10. Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3. 3. 4. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10			3	
Математическое описание теплообменных процессов в аппаратах. Модель теплообмена в теплообменниках смешения, в трубчатых теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 8. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процесса кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3. 10. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3. 3. 4. 3. 4. 3. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4.	7.	Математические модели теплообменных процессов и их оптими-		
Модель теплообмена в теплообменниках смешения, в трубчатых теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 8. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процесса кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость — пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3. 10. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3. 3. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4.		зация		
Теплообменниках, в аппаратах комбинированного типа. 3				
8. Математические модели процессов кристаллизации и их оптимизация Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процесса кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3. Заматематическое поделия и и их оптимизация регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов.		7 13	_	
зация Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процесса кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3. 10. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3			3	
Математические модели процессов кристаллизации. Описание равновесия и кинетики процесса кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость — пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов.	8.			
равновесия и кинетики процесса кристаллизации в политермическом режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость — пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3.				
режиме. Математическое описание кривых распределения кристаллов по размерам. Модель вакуум-кристаллизации хлорида калия. 9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3. 10. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3		<u> </u>		
9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3 10. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов.				
9. Математические модели массообменных процессов в системах «жидкость – пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3. 10. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3			3	
«жидкость – пар» и их оптимизация Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3 10. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов.	9.		3	
Математическое описание процесса абсорбции. Моделирование процесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3 10. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3		•		
цесса абсорбции хлористого водорода. Математическое описание процесса ректификации. 3 10. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов. 3		=		
10. Статистические модели химических процессов и их оптимизация Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов.				
Статистические модели химических процессов, способы их разработки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов.		процесса ректификации.	3	
ки. Регрессионный анализ, оценка адекватности уравнений регрессии. Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов.	10.	Статистические модели химических процессов и их оптимизация		
Принципы математического планирования эксперимента. Методы оптимизации химических процессов.		± · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
тимизации химических процессов. 3				
1 1		-	•	
		•		

Всего: 26 ч.

3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. **Воронько, Н. Г.** Математические методы расчётов химических процессов / Н. Г. Воронько. – Мурманск. : Изд-во МГТУ, 2015. – 171 с.

Дополнительная литература:

- 2. **Воронько, Н. Г.** Сборник расчётно-графических заданий и задач по коллоидной химии / Н. Г. Воронько. Мурманск : Изд-во МГТУ, 2009. 142 с.
- 3. **Краткий справочник физико-химических величин** / под ред. А. А. Равделя, А. М. Пономарёвой. 10-е изд., испр. и доп. СПб. : «Иван Фёдоров», 2002. 240 с.
- 4. **Расчёты и задачи по коллоидной химии:** учебное пособие для химикотехнологических специальностей вузов / под ред. В. И. Барановой. М. : Высшая школа, 1989. 288 с.

4. СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Необходимо обратить внимание на следующие вопросы

	Необходимо обратить внимание на следующие вопросы:
No	Вопрос
1.	Как осуществляется умножение матрица A на матрицу B ? В каком случае такая операция возможна? Приведите примеры.
2.	Какими свойствами обладают операции умножения матриц? Что такое перестановочные матрицы?
3.	Как осуществляется разложение детерминанта квадратной матрицы n -го порядка по элементам i -й строки и j -го столбца? Что такое адъюнкта и дополнительный минор к элементу a_{ij} ? Приведите примеры.
4.	Что такое обратная матрица A^{-1} по отношению к данной матрице A ? Сформулируйте теорему о существовании обратной матрицы.
5.	Для чего применяют матричную запись кинетики сложных реакций? Что такое стехиометрическая матрица и молекулярная матрица реакции? Чему равно их произведение?
6.	Как найти решение СЛАУ, используя правило Крамера?
7.	Как найти решение СЛАУ через обратную матрицу СЛАУ?
8.	В чём сущность метода исключения Гаусса? Что такое расширенная матрица СЛАУ и треугольная матрица? Как можно применить метод Гаусса к вычислению детерминантов?
9.	Сформулируйте теоремы об инвариантности ранга матрицы и о ранге треугольной матрицы. Как их можно применить для определения числа линейно независимых стадий сложной реакции?
10.	Что такое разрывная функция, кусочно-непрерывная функция, разрыв 1-го рода, разрыв 2-го рода, устранимый разрыв? Приведите примеры термодинамических функций с конечным и бесконечным разрывом.
11.	Что такое производная от функции $f(x)$ в точке x , дифференциал x , дифференцирование $f(x)$? Объясните физический и геометрический смысл производной функции на примере графической зависимости концентрации продукта от времени протекания химической реакции.
12.	Как рассчитываются производные: суммы функций $(u \pm v)'$, произведения функций $(uv)'$ и отношения функций $\left(\frac{u}{v}\right)'$? Приведите примеры.
13.	Как рассчитываются производные сложных функций $F(x) = f[\phi(x)]$ и $F(x) = f[\phi(x)]$? Приведите примеры.

	6
14.	Как осуществляется разложение функции в степенные ряды Маклорена и Тейлора? Объясните геометрический смысл ряда Тейлора на примере седиментационной кривой полидисперсной системы.
15.	Приведите биномиальную формулу Ньютона для разложения в степенной ряд функций $(y+x)^m$ и $(1+x)^m$. Что происходит при $m \in N$? Что такое биномиальное распределение?
16.	Как используется разложение функции в степенной ряд при выводе зависимости повышения температуры кипения раствора от молярной доли растворённого вещества?
17.	Что такое стационарная точка функции $f(x)$? Сформулируйте правила исследования стационарных точек.
18.	Что такое первообразная функции $f(x)$? Сформулируйте теорему об общем виде первообразной.
19.	Что такое неопределённый интеграл, подынтегральная функция, подынтегральное выражение? Объясните физический смысл понятия интеграла на примере процесса изотермического расширения газа.
20.	Как связаны между собой операции интегрирования и дифференцирования? Объясните геометрический смысл интегрирования. Что такое интегральная линия функции $f(x)$?
21.	В чём заключается метод интегрирования через вспомогательную переменную? Объясните на примере вывода уравнения Шишковского.
22.	Напишите формулу Ньютона-Лейбница. Сформулируйте и докажите теорему Барроу.
23.	Что такое определённый интеграл? Как найти численное значение определённого интеграла по графику интегрируемой функции? Что такое определённый интеграл? Как найти численное значение определённого интеграла по графику интегрируемой функции?
24.	Что такое дифференциальное уравнение (ДУ), обыкновенные ДУ, порядок ДУ? Напишите уравнения Липпмана как примеры ДУ 1-го и 2-го порядка.
25.	Объясните, как решить задачу Коши на примере дифференциального уравнения Кирхгофа и дифференциальных уравнений простых односторонних реакций 1-го 2-го и <i>n</i> -го порядков.