

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры



В.З. Пойлов

д.т.н., профессор кафедры ХТ

«11» «мая» 2022 г.

Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры

«Математическое моделирование ХТС»

Научная специальность	2.6.7. Технология неорганических веществ
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Технология неорганических веществ
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Химические технологии
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 3
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен:	Зачет: 3 Диф.зачет

Пермь 2022

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование ХТС» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области математического моделирования химико-технологических систем.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование ХТС» является обязательной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- особенности составления математических моделей и моделирования ХТС с процессами теплопередачи, химического превращения, массопередачи, парожидкостного равновесия, и оптимизации режимов их работы;
- особенности построения и использования детерминированных и статистических моделей элементов ХТС, работающих в непрерывном и периодическом режиме;
- особенности создания ХТС технологического отделения химического производства.

Уметь:

- решать задачи синтеза, анализа, расчета и оптимизации ХТС с учетом топологии ХТС и особенностями построения и функционирования ее элементов;
- работать в коллективе при решении расчетных задач при анализе работы и оптимизации режимов работы исследуемой ХТС

Владеть:

- навыками использования электронных таблиц при решении задач расчета и оптимизации ХТС;
- навыками подготовки и проведения докладов на темы, связанные с моделированием и оптимизацией ХТС и ее элементов.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч
		3 семестр
1	Аудиторная работа	39
	В том числе:	
	Лекции (Л)	-
	Практические занятия (ПЗ)	32
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	7
	Самостоятельная работа (СР)	69
	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Особенности создания, моделирования и оптимизации режимов работы ХТС

(Л – 0, ПЗ – 32, СР – 69)

Тема 1. Общие вопросы моделирования ХТС и ее элементов.

Понятие и связь ХТП и ХТС. Структура ХТС. Свойства ХТС. Уровни представления технологических объектов. Основные способы синтеза ХТС из элементов. Суть принципов синтеза ХТС, их достоинства и недостатки. Методы расчета ХТС, их достоинства и недостатки. Анализ структуры ХТС. Замкнутые и разомкнутые системы. Представление ХТС в виде таблиц, графов и матриц. Определение последовательности расчета ХТС. Основы построения детерминированных и статистических моделей элементов ХТС для непрерывных и периодических процессов, их достоинства, недостатки и ограничения. Особенности расчета ХТС с элементами, моделирующими непрерывные и периодические процессы. Основные виды программного обеспечения для решения химико-технологических задач. Оптимизация ХТС и критерий оптимальности.

Тема 2. Особенности моделирования и оптимизации ХТС с процессами теплопередачи и химического превращения.

Особенности составления математических моделей и моделирования ХТС с процессами теплопередачи и химического превращения. Основы построения и использование детерминированных и статистических моделей элементов ХТС с использованием электронных таблиц. Непрерывные и периодические процессы. Принимаемые допущения и ограничения. Особенности создания ХТС энерготехнологической установки и ее элементов с использованием электронных таблиц. Особенности оптимизации режимов работы ХТС.

Тема 3. Особенности моделирования и оптимизации ХТС с процессами теплопередачи, массопередачи и парожидкостного равновесия.

Особенности составления математических моделей и моделирования ХТС с процессами теплопередачи, массопередачи и парожидкостного равновесия. Основы построения и использование детерминированных и статистических моделей элементов ХТС с использованием электронных таблиц. Непрерывные и периодические процессы. Принимаемые допущения и ограничения. Особенности создания ХТС технологического отделения химического производства и ее элементов с использованием электронных таблиц. Особенности оптимизации режимов работы ХТС.

4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Общие вопросы моделирования ХТС и ее элементов.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
2	2	Расчетная практическая работа по построению и оптимизации ХТС с процессами теплопередачи и химического превращения.	Собеседование. Творческое задание.	Отчет по результатам моделирования и оптимизации ХТС. Темы творческих заданий.
3	3	Расчетная практическая работа по построению и оптимизации ХТС с процессами теплопередачи, массопередачи и парожидкостного равновесия.	Собеседование. Творческое задание.	Отчет по результатам моделирования и оптимизации ХТС. Темы творческих заданий.

4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Понятие и связь ХТП и ХТС. Структура ХТС. Свойства ХТС. Уровни представления технологических объектов. Основные способы синтеза ХТС из элементов. Суть принципов синтеза ХТС, их достоинства и недостатки. Методы расчета ХТС, их достоинства и недостатки. Анализ структуры ХТС. Замкнутые и разомкнутые системы. Представление ХТС в виде таблиц, графов и матриц. Определение последовательности расчета ХТС. Основы построения детерминированных и статистических моделей элементов ХТС для	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
		непрерывных и периодических процессов, их достоинства, недостатки и ограничения. Особенности расчета ХТС с элементами, моделирующими непрерывные и периодические процессы. Основные виды программного обеспечения для решения химико-технологических задач. Оптимизация ХТС и критерий оптимальности.		
2	1	Выполнение творческого задания в виде расчетной работы по построению и оптимизации ХТС с процессами теплопередачи и химического превращения.	Творческое задание	Темы творческих заданий
3	1	Выполнение творческого задания в виде расчетной работы по построению и оптимизации ХТС с процессами теплопередачи, массопередачи и парожидкостного равновесия.	Творческое задание	Темы творческих заданий

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Математическое моделирование ХТС» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; место нахождения электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Математическое моделирование химико-технологических систем : конспект лекций / Д. В. Саулин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2016 .— 79 с.	30+ЭБ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; место нахождения электронных изданий
1	2	3
2	Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин .— Стер .— Перепеч. с 9-го изд. 1973 г. — Москва : Альянс, 2014 .— 750 с.	50
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		
1	Методы и средства автоматизированного расчета химико-технологических систем : учебное пособие для вузов / Н. В. Кузичкин [и др.] .— Ленинград : Химия, 1987 .— 150 с. : ил	15
2	Design-II для Windows. Описание модулей обрудования и примеры их использования : конспект лекций / Д. В. Саулин ; Пермский государственный технический университет .— Пермь : Изд-во ПГТУ, 2009 .— 106 с.	49+ЭБ
3	Химико-технологические системы. Синтез, оптимизация и управлние / Д. Бальцер [и др.] ; Под ред. И.П. Мухлёнова .— Ленинград : Химия, 1986 .— 423 с. : ил.	7
4	Методы оптимизации в химической технологии : учебное пособие для вузов / А.И. Бояринов, В.В. Кафаров .— 2-е изд., перераб. и доп .— Москва : Химия, 1975 .— 575 с. : ил.	43
5	Принципы математического моделирования химико-технологических систем : введение в системотехнику химических производств : учебное пособие для вузов / В. В. Кафаров, В. Л. Перов, В. П. Мешалкин .— Москва : Химия, 1974 .— 344 с.	12
6	Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов : в 2 ч. / Ю.И. Дытнерский .— 3-е изд .— М. : Химия, 2002	ч.1-47 ч.2-47
7	Математическое моделирование химико-технологических систем : конспект лекций / Д. В. Саулин ; Пермский государственный технический университет .— Пермь : Изд-во ПГТУ, 2005 .— 72 с.	98+ЭБ
2.2 Периодические издания		
1	Не используются	-
2.3 Нормативно-технические издания		
1	ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.	Техэксперт
2.4 Официальные издания		
1	Конституция Российской Федерации	КонсультантПлюс
2	Трудовой кодекс Российской Федерации	КонсультантПлюс
3	Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»	КонсультантПлюс

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. 1. Информационная система *Техэксперт: Интранет [Электронный ресурс]* : [полнотекстовая база данных правовой информ. : законодат. и норматив. док., коммент., журн. и др.] / Кодекс. – Версия 6.3.2.22, сетевая, 50 рабочих мест. – Санкт-Петербург, 2009-2013. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

2. **Консультант Плюс** [Электронный ресурс : справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992– . – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный.

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть): Монитор: AOC 185LM00013 Мышь: OKLICK 105M Клавиатура: OKLICK 100M BLACK PS/2 Системный блок: Процессор – Intel Pentium CPU G2030 3.00GHz Материнская плата – ASUS P8B75-V Оперативная память – 4 ГБ Жесткий диск – 500 ГБ	10	Оперативное управление	305

8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачет, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

- **Собеседование**

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче зачета:**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 5.

Таблица 5

Шкала оценивания результатов освоения на **зачете**

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	<p>Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p>
<i>Незачтено</i>	<p>При ответе на теоретический вопрос аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При выполнении контрольного задания аспирант продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной

деятельности;

2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.

3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных знаний по дисциплине:

1. Особенности составления математических моделей и моделирования ХТС с процессами теплопередачи и химического превращения.

2. Основы построения и использование детерминированных и статистических моделей элементов ХТС

3. Непрерывные и периодические процессы.

4. Особенности оптимизации режимов работы ХТС.

5. Особенности составления математических моделей и моделирования ХТС с процессами теплопередачи, массопередачи и парожидкостного равновесия.

Типовые задания для оценивания приобретенных умений и владений по дисциплине осуществляется при выполнении практических заданий по дисциплине:

Задание 1. Определить влияние давления на выходе компрессора на эффективность работы узла, т.е. определить, как будет изменяться требуемая мощность компрессора, расход топливного газа на огневом подогревателе и расход материальных потоков при различном давлении на выходе компрессора при условии поддержания заданных соотношений и температур, а также обосновать оптимальные условия ведения процесса;

Задание 2. Определить целесообразность обогащения технического воздуха, подаваемого в реактор вторичного риформинга, кислородом. При анализе расчетов также необходимо рассмотреть как будет изменяться полнота использования сырья, требуемая мощность компрессоров, потери тепла с дымовыми газами, расходы потоков сырья и необходимая поверхность теплообмена;

Задание 3. Определить наиболее целесообразный вариант подачи АВС синтеза: в поток газа на конверсию или в поток газа на сжигание. Содержание кислорода после сжигания 3-5%об. При анализе расчетов также необходимо рассмотреть как будет изменяться полнота использования сырья, требуемая мощность компрессоров, потери тепла с дымовыми газами, расходы потоков сырья и необходимая поверхность теплообмена.

Типовые темы творческих заданий по дисциплине:

Задание 1. Подготовить практическое задание и варианты исходных данных для расчетной работы по построению и оптимизации ХТС с процессами теплопередачи и химического превращения.

Задание 2. Подготовить практическое задание и варианты исходных данных для расчетной работы по построению и оптимизации ХТС с процессами теплопередачи, массопередачи и парожидкостного равновесия.

Темы творческих заданий могут быть изменены и скорректированы в зависимости от темы диссертационной работы аспиранта.

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «ХТ».

Программа
Технология неорганических веществ

Кафедра
Химические технологии

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

Дисциплина
«Математическое моделирование ХТС»

БИЛЕТ № 1

1. Основы построения и использование детерминированных и статистических моделей элементов ХТС.
2. Определить наиболее целесообразный вариант подачи АВС синтеза: в поток газа на конверсию или в поток газа на сжигание. Содержание кислорода после сжигания 3-5%об.
3. При анализе расчетов, проанализировать, как будет изменяться полнота использования сырья, требуемая мощность компрессоров, потери тепла с дымовыми газами, расходы потоков сырья и необходимая поверхность теплообмена.

Заведующий кафедрой ХТ _____
(подпись)

В.Г. Рябов

« ____ » _____ 202 ____ г.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		