

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 19 » апреля 20 21 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ **Вычислительная математика**
(наименование)

Форма обучения: _____ **очная**
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____ **специалитет**
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____ **468 (13)**
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: **18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**
_____ (код и наименование направления)

Направленность: **Химическая технология полимерных композиций, порохов и
твёрдых ракетных топлив**
_____ (наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование у студентов знаний, умений и навыков применения методов вычислительной математики, современных информационных технологий и системного подхода для решения сложных прикладных задач в своей предметной области, совершенствование их логического и алгоритмического мышления.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основ общей теории моделирования, этапов и особенностей математического моделирования химико-технологических процессов (ХТП);
- изучение методов построения формальных математических моделей физико-химических процессов и идентификации свойств многокомпонентных химических продуктов по экспериментальным данным на основе пассивного и активного, оптимально спланированного, эксперимента;
- изучение математических моделей и методов моделирования кинетики сложных химических реакций;
- изучение основных понятий теории оптимизации и обобщенной математической модели задачи оптимизации химико-технологических процессов;
- изучение типов и методов решения задач нелинейного программирования;
- формирование умения ставить задачи математического моделирования в своей предметной области и выбирать численный метод их решения;
- формирование умения правильно выбирать тип оптимального плана эксперимента в зависимости от требований, предъявляемых к свойствам формальной математической модели;
- формирование умения строить кинетическую модель химической реакции в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений по заданной стехиометрической модели и решать прямую задачу химической кинетики с использованием прикладных программ;
- формирование умения ставить задачи оптимизации в своей предметной области и выбирать численный метод их решения;
- формирование навыков построения формальных моделей физико-химических процессов и моделей свойств многокомпонентных химических продуктов в своей предметной области с использованием прикладных программных систем;
- формирование навыков решения задач оптимизации с использованием прикладных программ.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- основы общей теории моделирования;
- метод математического моделирования, его место и роль в системном анализе при исследовании и оптимизации сложных систем и процессов;
- особенности математического моделирования химико-технологических процессов;
- метод наименьших квадратов и регрессионные математические модели на основе пассивного и активного эксперимента;
- методы оптимального планирования эксперимента;
- математические модели и методы моделирования кинетики химических реакций;
- обобщенная математическая модель задачи оптимизации химико-технологического процесса;
- методы решения задач оптимизации, основанные на классическом математическом анализе;
- методы решения задач нелинейного программирования;
- этапы формализации задач оптимизации;

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-1ОПК-1	Знание: – основы общей теории моделирования, метод математического моделирования; – состав полного математического описания химико-технологического процесса; – этапы математического моделирования и блочный принцип построения математических моделей химико-технологических процессов;	Знает теорию и основные законы в области естественнонаучных и общинженерных дисциплин	Дифференцированный зачет
ОПК-1	ИД-2ОПК-1	умеет применять численные методы анализа и моделирования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.	Умеет применять, методы математического анализа и моделирования для решения инженерных задач профессиональной деятельности	Дифференцированный зачет
ОПК-1	ИД-3ОПК-1	владение системным подходом при проведении исследований в своей предметной области;	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПКО-3	ИД-1ПКО-3	<p>знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – метод наименьших квадратов построения регрессионных (формальных) математических моделей, – статистические критерии проверки гипотез Кохрена, Стьюдента, Фишера; – основные принципы и методы оптимального планирования эксперимента; – алгоритм построения математической модели кинетики сложной химической реакции; – математическую модель обобщенной задачи оптимизации ХТП; – этапы постановки и формализации задач оптимизации; – методы решения задач оптимизации, основанные на классическом математическом анализе; – численные методы и алгоритмы нахождения экстремумов функций одной и многих переменных; – метод Лагранжа решения задач нелинейного программирования; – численные методы решения задач нелинейного программирования; 	<p>Знает основы математических методов исследования технологических процессов, способы и приемы получения математических моделей;</p>	Экзамен
ПКО-3	ИД-2ПКО-3	<p>умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять численные методы анализа и моделирования для решения инженерных задач профессиональной деятельности; – строить формальные математические модели 	<p>Умеет выбирать и составлять план эксперимента, проводить статистическую обработку экспериментальных данных, выполнять расчеты, необходимые для составления регрессионных моделей и</p>	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<p>на основе данных пассивного и активного, оптимально планируемого, эксперимента, выбирать план эксперимента, в зависимости от целей использования модели;</p> <p>– моделировать кинетику химических реакций;</p> <p>– ставить задачи оптимизации в своей предметной области и выбирать метод их решения.</p>	<p>проверки их адекватности;</p>	
ПКО-3	ИД-3ПКО-3	<p>владеет навыками</p> <p>– системного подхода при проведении исследований в своей предметной области;</p> <p>– построения и исследования формальных математических моделей на основе данных пассивного и оптимально планируемого эксперимента;</p> <p>– моделирования кинетики химических реакций и решения задач оптимизации;</p> <p>– применения прикладных компьютерных программ при решении инженерно-исследовательских задач, задач моделирования и оптимизации в своей предметной области.</p>	<p>Владеет навыками поиска приема планирования и выполнения научного эксперимента, приемами выбора практически значимой области исследований.</p>	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	7
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	162	90	72
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	68	34	34
- лабораторные работы (ЛР)	90	54	36
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	270	162	108
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	468	252	216

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
6-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основы общей теории моделирования и особенности математического моделирования химико-технологических процессов.	4	0	0	36
Тема 1. Введение в общую теорию моделирования. Основные направления использования ЭВМ в химии и химической технологии. Технология решения сложных научных и инженерных задач на ЭВМ. Понятие моделирования и модели. Материальные и информационные модели. Классификация материальных моделей и способов моделирования, теоретическая основа физического и аналогового моделирования. Классификация информационных моделей и способов моделирования. Понятие математической модели и метода математического моделирования. Роль математического моделирования и методов идентификации математических моделей в системном анализе при исследовании и оптимизации сложных, в том числе химико-технологических, объектов и процессов. Тема 2. Особенности математического моделирования химико-техно-логических процессов. Классификация математических моделей в химической технологии. Методы построения математических моделей. Этапы математического моделирования химико-технологических процессов (ХТП) и блочный принцип построения математических моделей ХТП. Смысл и критерии оценки адекватности математических моделей. Состав полного математического описания ХТП.				
Методы построения формальных математических моделей на основе экспериментальных данных.	22	36	0	80
Тема 3. Построение регрессионных математических моделей на основе пассивного эксперимента. Понятие пассивного и активного эксперимента. Основные предпосылки построения регрессионных математических моделей и применения регрессионного анализа. Метод наименьших квадратов (МНК). Уравнение регрессии (УР) и система нормальных уравнений (СНУ) относительно стандартизированных переменных, особенности СНУ. Решение СНУ в матричном виде относительно коэффициентов УР. Статистические критерии проверки гипотез: воспроизводимости эксперимента по критерию Кохрена; значимости коэффициентов УР по критерию Стьюдента; адекватности регрессионной модели по критерию Фишера. Тема 4. Построение регрессионных				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>математических моделей на основе оптимального планирования эксперимента.</p> <p>Смысл методов оптимального планирования эксперимента. Сущность полного факторного эксперимента (ПФЭ). Понятие плана эксперимента и его геометрическая интерпретация. Смысл основных критериев оптимальности планов эксперимента.</p> <p>Обработка результатов и оптимальные свойства ПФЭ. Дробный факторный эксперимент. Принципы построения дробных реплик. Метод центрального композиционного планирования (ЦКП).</p> <p>Принцип композиционности планов эксперимента. Центральные композиционные ортогональный (ЦКОП) и ротатабельный (ЦКРП) планы, их структура, особенности и оптимальные свойства соответствующих им регрессионных моделей.</p> <p>Статистический анализ регрессионных моделей второго порядка, получаемых с помощью ЦКОП и ЦКРП.</p> <p>Тема 5. Методы идентификации свойств многокомпонентных химических продуктов.</p> <p>Особенности оптимального планирования эксперимента при изучении свойств многокомпонентных химических продуктов (МХП).</p> <p>Планирование эксперимента на симплекс-решётках. Понятие о приведённых полиномах Шеффе.</p> <p>Симплекс-решётчатые планы Шеффе. Принципы построения матриц планирования для планов Шеффе. Вычисление коэффициентов полинома Шеффе и способы оценки адекватности модели.</p> <p>Планирование эксперимента при идентификации свойств МХП в локальной области.</p>				
<p>Математическое моделирование кинетики химических реакций.</p>	8	18	0	46
<p>Тема 6. Математические модели химических реакций.</p> <p>Классификация типов химических реакций, их особенности. Стехиометрические и кинетические математические модели простых, сложных и обратимых химических реакций.</p> <p>Тема 7. Методы математического моделирования кинетики химических реакций.</p> <p>Понятие прямой и обратной задачи химической кинетики. Особенности математического моделирования кинетики химических реакций.</p> <p>Алгоритм решения прямой задачи химической кинетики по стехиометрической модели химической реакции и заданным значениям констант скоростей стадий реакции.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Этапы и методы построения кинетической модели сложной химической реакции. Пример построения кинетической модели с использованием метода оптимального планирования эксперимента.				
ИТОГО по 6-му семестру	34	54	0	162
7-й семестр				
Постановка и смысл задач оптимизации. Методы решения задач оптимизации, основанные на классическом математическом анализе.	6	4	0	20
Тема 1. Основные понятия и определения Смысл основных терминов теории оптимизации (оптимум, оптимизация, критерий оптимальности, оптимальный вариант системы). Примеры постановки задач оптимизации в химической технологии на естественном языке. Тема 2. Обобщенная математическая модель задачи оптимизации Представление химико-технологического процесса (ХТП) с кибернетических позиций. Математическая модель обобщенной, абстрактной задачи оптимизации ХТП. Виды и этапы решения задач оптимизации. Тема 3. Методы решения задач оптимизации, основанные на классическом математическом анализе Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции одной переменной. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции многих переменных. Оптимизация равновесных экзотермических реакций.				
Численные методы поиска экстремума функций.	12	16	0	42
Тема 4. Безградиентные методы поиска экстремума функций одной и многих переменных Общая характеристика численных методов оптимизации. Особенности безградиентных методов. Методы поиска экстремума функции одной переменной (сканирования, локализации, «Золотого сечения», чисел Фибоначчи). Методы поиска экстремума функции многих переменных (Гаусса-Зейделя, сканирования, сканирования с переменным шагом, симплексный метод). Тема 5. Градиентные методы поиска экстремума функций многих переменных Характеристика градиентных методов многомерной оптимизации. Методы поиска экстремума функции многих переменных (релаксации, градиента, наискорейшего спуска).				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Критерии окончания поиска экстремума.				
Методы решения задач оптимизации при наличии ограничений. Нелинейное программирование.	16	16	0	46
Тема 6. Постановка и типы задач нелинейного программирования Математическая постановка задачи нелинейного программирования (ЗНП). Типы задач нелинейного программирования. Постановка задачи оптимизации свойств полимерного композиционного энергонасыщенного материала. Тема 7. Метод неопределённых множителей Лагранжа Особенности постановки решаемых методом Лагранжа ЗНП. Метод решения ЗНП с ограничениями типа равенств путем сведения её к задаче безусловной оптимизации (без ограничений). Пример решения задачи методом множителей Лагранжа. Тема 8. Метод штрафных функций Общий вид математической постановки ЗНП с ограничениями разного типа. Способы сведения общей ЗНП к задаче оптимизации без ограничений (задаче безусловной оптимизации). Виды функционалов, используемых в методе штрафных функций для приведения ЗНП общего вида к задаче безусловной оптимизации. Постановка и решение задачи оптимизации состава твердых дисперсных наполнителей полимерных композиционных энергонасыщенных материалов по критерию максимального объемного наполнения. Постановка и решение задачи оптимизации гранулометрического состава твердых дисперсных наполнителей полимерных композиционных материалов при ограничениях на содержание твердых компонентов в составе полимерного композиционного материала.				
ИТОГО по 7-му семестру	34	36	0	108
ИТОГО по дисциплине	68	90	0	270

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Построение формальных математических моделей по данным пассивного эксперимента с помощью метода наименьших квадратов и регрессионного анализа
2	Полный факторный эксперимент и дробный факторный эксперимент
3	Центральное композиционное планирование эксперимента

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
4	Оптимальное планирование эксперимента при исследовании свойств многокомпонентных систем
5	Математическое моделирование кинетики химических реакций
6	Методы поиска экстремума функций одной переменной
7	Методы поиска экстремума функций многих переменных
8	Поиск экстремума функций многих переменных методом Нелдера и Мида
9	Решение задач нелинейного программирования с ограничениями типа равенств и неравенств
10	Решение задач нелинейного программирования при ограничениях типа равенств
11	Оптимизация гранулометрического состава твердых дисперсных наполнителей полимерных композиционных материалов
12	Оптимизация гранулометрического состава твердых дисперсных наполнителей полимерных композиционных материалов при ограничениях на содержание твердых компонентов в составе полимерного композиционного материала

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся 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. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях 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 и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Гумеров А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А. М. Гумеров. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2014.	11
2	Демидович Б.П. Основы вычислительной математики : учебное пособие / Б.П. Демидович , И.А. Марон. - СПб: Лань, 2007.	82
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В. Н. Ашихмин [и др.]. - Москва: Логос, 2004.	71
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	Федосеев А. М. Математическое моделирование кинетики сложных химических реакций : учебное пособие / А. М. Федосеев, В. Н. Кетиков. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011.	13
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах : учеб. пособие / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. - М.: Высш. шк., 2005.	14

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В. Н. Ашихмин [и др.]. - Москва: Логос, 2004.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2392	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Самойлов Н. А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" / Самойлов Н. А. - Санкт-Петербург: Лань, 2013.	http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=37356	сеть Интернет; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Клинов, А. В. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А. В. Клинов, А. Г. Мухаметзянова. - Казань: Казанский? национальный? исследовательский? технологический? университет, 2009.	https://elib.pstu.ru/Record/iprbooks62483	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Гумеров А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А. М. Гумеров. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2014.	http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=41014	сеть Интернет; авторизованный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Федосеев А. М. Математическое моделирование кинетики сложных химических реакций : учебное пособие / А. М. Федосеев, В. Н. Кетиков. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011.	https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=453	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Correlia 2005 (свид. о рег. №6432 от 20.06.2006)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	компьютер	15
Лекция	компьютер	1
Лекция	проектор	1
Лекция	экран	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**
Аэрокосмический факультет

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Вычислительная математика»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 18.05.01 - «Химическая технология
энергонасыщенных материалов и изделий»

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** «Химическая технология полимерных
композиций, порохов и твердых ракетных
топлив»

Квалификация выпускника: специалист

Выпускающая кафедра: «Технология полимерных материалов и
порохов»

Курс: 3,4 Семестр: 6,7

Трудоёмкость:

- кредитов по рабочему учебному плану (РУП):	13 ЗЕ
- часов по рабочему учебному плану (РУП):	468 ч

Форма промежуточной аттестации:

Дифференцированный зачет: 6 семестр. Экзамен: 7 семестр

Пермь 2021

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (6 и 7 семестров учебного плана) и разбито на 6 учебных модулей. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВЫ)	Вид контроля				
	Текущий		Рубежный	Итоговый	
	ТО	КР	ОЛР	Диф.зачет 6 семестр	Экзамен 7 семестр
Усвоенные знания					
3.1 знает: – основы общей теории моделирования, метод математического моделирования; – состав полного математического описания химико-технологического процесса (ХТП); – этапы математического моделирования и блочный принцип построения математических моделей ХТП;	ТО1	КР1		ТВ	
	ТО2	КР2		ТВ	
	ТО2	КР2		ТВ	
3.2 знает: – метод наименьших квадратов построения регрессионных (формальных) математических моделей; – статистические критерии проверки гипотез Кохрена, Стьюдента, Фишера; – основные принципы и методы оптимального планирования эксперимента; – алгоритм построения математической модели кинетики сложной химической реакции; – математическую модель обобщенной задачи оптимизации ХТП; – этапы постановки и формализации задач оптимизации; – методы решения задач оптимизации, основанные на	ТО3- ТО5		ОЛР1	ТВ	
	ТО6- ТО8		ОЛР2-ОЛР4	ТВ	
	ТО9- ТО11		ОЛР5	ТВ	
	ТО12	КР3			ТВ
	ТО12	КР3			ТВ
	ТО13		ОЛР6-ОЛР7		ТВ

классическом математическом анализе; – численные методы и алгоритмы нахождения экстремумов функций одной и многих переменных; – метод Лагранжа решения задач нелинейного программирования; – численные методы решения задач нелинейного программирования.	ТО14- ТО16 ТО17		ОЛР6-ОЛР8 ОЛР10		ТВ ТВ
	ТО18- ТО20		ОЛР9		ТВ
	Освоенные умения				
У.1 умеет применять численные методы анализа и моделирования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;			ОЛР1-ОЛР5	ПЗ	
У.2 умеет: – применять численные методы анализа и моделирования для решения инженерных задач профессиональной деятельности; – строить формальные математические модели на основе данных пассивного и активного, оптимально планируемого, эксперимента, выбирать план эксперимента, в зависимости от целей использования модели ; – моделировать кинетику химических реакций; – ставить задачи оптимизации в своей предметной области и выбирать метод их решения.			ОЛР1-ОЛР4 ОЛР5 ОЛР6-ОЛР12	ПЗ ПЗ	ПЗ
Приобретенные владения					
В.1 владеет системным подходом при проведении исследований в своей предметной области			ОЛР1-ОЛР12	ТВ	ТВ
В.2 владеет навыками: – системного подхода при проведении исследований в своей предметной области – построения и исследования формальных математических моделей на основе данных пассивного и оптимально планируемого эксперимента; – моделирования кинетики химических реакций и решения задач оптимизации; – применения прикладных компьютерных программ при решении инженерно-исследовательских задач, задач моделирования и оптимизации в своей предметной области.			ОЛР1-ОЛР4 ОЛР5 ОЛР1-ОЛР5 ОЛР8- ОЛР9 ОЛР11- ЛР12	ПЗ ПЗ ПЗ	ПЗ

ТО – *теоретический опрос*; КР – *контрольная работа*; ТВ – *теоретический вопрос*; ОЛР – отчет по лабораторной работе; ПЗ – *практическое задание*.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета в 6 семестре и экзамена в 7 семестре, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ

предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала проводится в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов или контрольных работ по темам. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ.

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано **12** лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкалы и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Реферат нет.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде дифференцированного зачета по результатам защиты лабораторных работ в **6** семестре и экзамена в **7** семестре по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и приобретенных владений всех

заявленных компетенций. Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для дифференцированного зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Понятие модели, математической модели и математического моделирования.
2. Уравнение регрессии и система нормальных уравнений относительно стандартизованных переменных.
3. Структура центрального композиционного ортогонального плана эксперимента. Критерий оптимальности плана.
4. Алгоритм построения математических моделей кинетики сложных химических реакций.
5. Критерий аппроксимации экспериментальных данных методом наименьших квадратов.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений и владений:

1. Составить ротатабельный план эксперимента для 2-х факторов с двумя точками в центре плана.
2. Построить систему дифференциальных уравнений, описывающих кинетику сложной химической реакции, заданной системой стехиометрических уравнений.
3. Построить формальную математическую модель по данным ортогонального плана эксперимента с использованием программы Correlia.
4. Составить симплекс – решетчатый план эксперимента для заданных значений числа компонентов смеси $q=3$ и степени полинома Шеффе $n=2$.
5. Построить формальную математическую модель по заданной матрице наблюдений пассивного эксперимента с использованием программы Correlia.

2.3.2. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Математическая модель обобщенной задачи оптимизации химико-технологического процесса
2. Основные этапы постановки и формализации задач оптимизации.
3. Метод наискорейшего спуска поиска экстремума функции многих переменных.
4. Математическая постановка и типы задач нелинейного программирования.
5. Метод Лагранжа решения задач нелинейного программирования с ограничениями типа равенств.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений и владений:

1. Найти экстремум заданной целевой функции при заданных ограничениях на переменные типа равенств методом Лагранжа.
2. Для заданных параметров фракций твердых дисперсных наполнителей композиционного материала найти оптимальные их объемные доли,

- обеспечивающие максимальную плотность упаковки состава с использованием спецпрограммы.
3. Найти экстремум заданной целевой функции при заданных ограничениях на переменные типа равенств и неравенств методом штрафных функций с помощью спецпрограммы.
 4. Метод штрафных функций решения задач нелинейного программирования с ограничениями типа равенств и неравенств.
 5. Составить блок-схему алгоритма и программу на Турбо Паскале нахождения экстремума функции одной переменной методом локализации

Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

2.3.3. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций.

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций.

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций.

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.