

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 15 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Моделирование химико-технологических процессов (Модуль  
Химическая технология полимерных материалов и  
энергетических конденсированных систем)

\_\_\_\_\_ (наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная

\_\_\_\_\_ (очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ бакалавриат

\_\_\_\_\_ (бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 144 (4)

\_\_\_\_\_ (часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ 18.03.01 Химическая технология

\_\_\_\_\_ (код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ Химическая технология (общий профиль, СУОС)

\_\_\_\_\_ (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;
- формирование умения ставить задачи математического моделирования в своей предметной области и выбирать численный метод их решения;
- 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 правильно выбирать тип оптимального плана эксперимента в зависимости от требований, предъявляемых к свойствам формальной математической модели;
- формирование навыков построения формальных моделей физико-химических процессов и моделей свойств многокомпонентных химических продуктов в своей предметной области с использованием прикладных программных систем.

### 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.

### 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
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПКО-2	ИД-1пко-2	знание: – 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;	Знает аналитические и численные методы решения поставленных задач; современные информационные технологии; сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования.	Экзамен
ПКО-2	ИД-2пко-2	умение: – 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.	Умеет применять аналитические и численные методы решения поставленных задач; использовать современные информационные технологии; проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств и использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования.	Экзамен
ПКО-2	ИД-3пко-2	владение 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	Владеет навыками использования аналитических и численных методов решения поставленных задач и современных информационных технологий, пакетов прикладных программ в своей профессиональной области.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		реакций; – применения прикладных компьютерных программ при решении инженерно-исследовательских задач и задач моделирования в своей предметной области.		

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	68	68	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	17	17	
- лабораторные работы (ЛР)	34	34	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	15	15	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	40	40	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 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	
7-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.	6	12	4	15
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-технологических 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.	6	10	6	10
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 математических моделей на основе оптимального				

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>планирования эксперимента. Смысл методов оптимального планирования эксперимента. Сущность полного факторного эксперимента (ПФЭ). Понятие плана эксперимента и его геометрическая интерпретация. Смысл основных критериев оптимальности планов эксперимента. Обработка результатов и оптимальные свойства ПФЭ. Дробный факторный эксперимент. Принципы построения дробных реплик. Метод центрального композиционного планирования (ЦКП). Принцип композиционности планов эксперимента. Центральные композиционные ортогональный (ЦКОП) и ротатабельный (ЦКРП) планы, их структура, особенности и оптимальные свойства соответствующих им регрессионных моделей. Статистический анализ регрессионных моделей второго порядка, получаемых с помощью ЦКОП и ЦКРП.</p> <p>Тема 5. Методы идентификации свойств многокомпонентных химических продуктов. Особенности оптимального планирования эксперимента при изучении свойств многокомпонентных химических продуктов (МХП). Планирование эксперимента на симплекс-решётках. Понятие о приведённых полиномах Шеффе. Симплекс-решётчатые планы Шеффе. Принципы построения матриц планирования для планов Шеффе. Вычисление коэффициентов полинома Шеффе и способы оценки адекватности модели. Планирование эксперимента при идентификации свойств МХП в локальной области.</p>				
Математическое моделирование кинетики химических реакций.	5	12	5	15
<p>Тема 6. Математические модели химических реакций. 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. Понятие прямой и обратной задачи химической кинетики. Особенности математического моделирования кинетики химических реакций. Алгоритм решения прямой задачи химической кинетики по стехиометрической модели химической реакции и заданным значениям констант скоростей стадий реакции. Этапы и методы построения кинетической модели сложной химической реакции. Пример построения кинетической модели с использованием метода оптимального</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
планирования эксперимента.				
ИТОГО по 7-му семестру	17	34	15	40
ИТОГО по дисциплине	17	34	15	40

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Построить систему дифференциальных уравнений, описывающих кинетику сложной химической реакции, заданной системой стехиометрических уравнений
2	Составить симплекс – решетчатый план эксперимента для заданных значений числа компонентов смеси $q=3$ и степени полинома Шеффе $n=2$
3	Построить формальную математическую модель по заданной матрице наблюдений пассивного эксперимента

### 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
4	Оптимальное планирование эксперимента при исследовании свойств многокомпонентных систем
5	Математическое моделирование кинетики химических реакций

## 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.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

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.

### 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 практическим занятиям, 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
<b>1. Основная литература</b>		
1	Гумеров А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие. 2-е изд., перераб. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2014. 176 с. 9,24 усл. печ. л.	11
2	Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики : учебное пособие. 6-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2007. 664 с.	82
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		



1	Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / Ашихмин В.Н., Гитман М.Б., Келлер И.Э., Наймарк О.Б. М : Логос, 2005. 439 с.	31
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Не используется	1
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
1	Не используется	1
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
1	Федосеев А. М. Вычислительная математика (теория и практика) : учебно-методическое пособие. Пермь : ПНИПУ, 2021. 207 с. 13,0 усл. печ. л.	10
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
1	Математическое моделирование кинетики сложных химических реакций. Ч. 1. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2011. 222 с.	13

## 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.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2392">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2392</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Федосеев А. М. Математическое моделирование кинетики сложных химических реакций : учебное пособие / А. М. Федосеев, В. Н. Кетиков. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=453">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=453</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Гумеров А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А. М. Гумеров. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2014.	<a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=41014">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=41014</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Клинов, А. В. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А. В. Клинов, А. Г. Мухаметзянова. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2009.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/iprbooks62483">https://elib.pstu.ru/Record/iprbooks62483</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
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	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	ПК Intel Pentium Dual CPU 2000 МГц	14
Лекция	интерактивная доска IQBoard DVT TQ092	1
Лекция	компьютер	1
Лекция	парты	21
Лекция	проектор NEC	1
Практическое занятие	интерактивная доска IQBoard DVT TQ092	1
Практическое занятие	компьютер	1
Практическое занятие	проектор NEC	1

### 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет

*(наименование факультета)*

Технологии полимерных материалов, порохов

*(наименование кафедры, ведущей дисциплину)*

***Приложение к рабочей программе дисциплины***

Моделирование химико-технологических процессов

*(наименование дисциплины по учебному плану)*

**Направление подготовки:**

18.03.01 Химическая технология

*(код и наименование)*

**Направленность  
образовательной программы:**

Химическая технология полимерных  
материалов и энергетических  
конденсированных систем

*(наименование профиля/специализации)*

**Уровень высшего образования:**

бакалавриат

*(бакалавриат / магистратура / специалитет)*

**Форма обучения:**

заочная

*(очно-заочная / заочная)*

Данное приложение является неотъемлемой частью рабочей программы дисциплины (РПД) «Моделирование химико-технологических процессов» и включает дополнения новых пунктов, связанные со спецификой заочной формы обучения, остальные пункты и таблицы РПД очной формы обучения применяются без изменений.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		всего	Номер семестра
			1
1	2	3	4
1	<b>Аудиторная (контактная работа)</b>	16	16
	- лекции (Л)	4	4
	- лабораторные работы (ЛР)	6	6
	- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	4	4
	- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
	- контрольная работа		
2	<b>Самостоятельная работа студентов (СРС)</b>	119	119
	- изучение теоретического материала	34	34
	- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	37	37
	- подготовка отчетов по лабораторным работам	12	12
	- подготовка отчетов по практическим занятиям	12	12
	- выполнение контрольной работы	24	24
	<b>Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: экзамен</b>	9	9
4	<b>Трудоёмкость дисциплины, всего:</b>		
	<b>в часах (ч)</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>в зачётных единицах (ЗЕ)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

#### 4.1. Контрольная работа (домашняя)

Тематика контрольных работ:

- Построение формальных математических моделей по данным пассивного эксперимента с помощью метода наименьших квадратов и регрессионного анализа;
- Полный факторный эксперимент и дробный факторный эксперимент;
- Центральное композиционное планирование эксперимента;
- Оптимальное планирование эксперимента при исследовании свойств многокомпонентных систем;
- Математическое моделирование кинетики химических реакций.

Указания по подготовке контрольной работе.

Для подготовки контрольной работы преподаватель на первом занятии выдает студенту задание из представленного перечня. Контрольная работа выполняется самостоятельно **в соответствии с Методическими рекомендациями по самостоятельной работе.**

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  
**«Моделирование химико-технологических процессов»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 18.03.01 - «Химическая технология»

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** «Химическая технология полимерных  
материалов и энергетических  
конденсированных систем»

**Квалификация выпускника:** бакалавр

**Выпускающая кафедра:** «Технология полимерных материалов и  
порохов»

**Форма обучения** заочная

**Курс:** 4    **Семестр:** 8

**Трудоёмкость:**

- кредитов по рабочему учебному плану (РУП): 4 ЗЕ  
- часов по рабочему учебному плану (РУП): 144 ч

**Форма промежуточной аттестации:**

экзамен: 8 семестр

Пермь 2022

**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 одного семестра (5-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические 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, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим заданиям и зачета. 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	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>				
<b>З.1 знает:</b> – 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.	ТО1- ТО7	КР1- КР2	ОЛР1 – ОЛР5	ТВ
<b>Освоенные умения</b>				
<b>У.1 умеет:</b> – 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.			ОЛР1 – ОЛР5	ПЗ1 – ПЗ3
<b>Приобретенные владения</b>				
<b>В.1 владеет навыками:</b> – 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 – применения прикладных компьютерных программ при решении инженерно-исследовательских задач и задач моделирования в своей предметной области.			ОЛР1 – ОЛР5	ПЗ1 – ПЗ3

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

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена в 8 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 и практическим заданиям, 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 проводится по каждой теме. 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 и выполнения практических заданий.

### **2.2.1. Защита практических заданий**

Всего запланировано 5 лабораторных работ и 3 практических задания. Типовые темы практических заданий и лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ, выполнение всех практических заданий и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена 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 усвоенных 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

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете**

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

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

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

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

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 зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.