

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

« 19 » апреля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Математическое моделирование  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 27.03.03 Системный анализ и управление  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Информационные технологии и управление в  
нефтегазопереработке и химической промышленности  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины – формирование знаний основ современных методов функционального, имитационного и математического моделирования производственных процессов и систем различного назначения, методов построения моделей различных классов и их реализации на компьютерной технике посредством современных прикладных программных средств.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение классификации моделей систем и процессов, их видов и видов моделирования; принципов и методологии функционального, имитационного и математического моделирования систем и процессов, методов построения моделирующих алгоритмов; методов построения математических моделей, их упрощения, технических и программных средств моделирования;
- формирование умения реализовывать простые алгоритмы имитационного моделирования; использовать основные методы построения математических моделей процессов, систем, их элементов и систем управления; работать с каким-либо из основных типов программных систем, предназначенных для математического и имитационного моделирования;
- формирование навыков алгоритмизации и программирования задач моделирования и обработки результатов эксперимента по определению динамических характеристик каналов «вход–выход» объектов управления и применения для целей моделирования динамики объектов и автоматических систем управления систем компьютерной математики типа Matlab, MathCad и других прикладных программ.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- методы моделирования процессов и систем химической технологии;
- модели процессов и аппаратов химической технологии;
- методики параметризации моделей гидродинамики.

### 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
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает назначение типовых методов математического моделирования в решении задач исследования операций и управления объектами химической технологии; формы математических моделей применительно к классификации химико-технологических процессов (ХТП); аналитический, экспериментальный и экспериментально-аналитические методы разработки моделей; математические модели структуры потоков в технологических аппаратах, их идентификацию; модели структуры потоков с учетом интенсивности источников (стоков) вещества и тепла; линейные и линеаризованные модели динамики технологических процессов как объектов регулирования и управления; назначение пакетов компьютерной математики для моделирования ХТП.	Знает цели и задачи проводимых исследований и разработок; методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований; методы и средства планирования и организации исследований и разработок; методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации.	Контрольная работа
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет применять документацию по разработке компьютерных программных комплексов имитационного моделирования ХТП и химико-технологических систем; выбирать пакеты компьютерной математики для имитационного моделирования; учитывать в моделях справочную информацию	Умеет применять нормативную документацию в соответствующей области знаний; оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; применять методы анализа научнотехнической информации;	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		о физико-химических свойствах перерабатываемых веществ и материалов; оценивать возможную структуру потоков в исследуемых аппаратах и выбирать соответствующую математическую модель.		
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками выбора вида математического описания ХТП для разработки его математической модели; построения математической модели объекта химической технологии с возможностью реализации её с помощью пакета компьютерной математики; исследования моделей ХТП путем компьютерного моделирования; интерпретирования результатов моделирования и их графического отображения.	Владеет навыками проведения маркетинговых исследований научно-технической информации; сбора, обработки, анализа и обобщения передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований; сбора, обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний; подготовки предложений для составления планов и методических программ исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов; внедрения результатов исследований и разработок в соответствии с установленными полномочиями;	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	64	64	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	30	30	
- лабораторные работы (ЛР)	32	32	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	80	80	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
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	
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
Общие сведения о математическом моделировании	3	0	0	10
Общие сведения. Моделирование как метод познания объектов, процессов, явлений. Модель и оригинал, отношения между ними. Гомоморфизм модели и оригинала. Основные положения теории подобия. Классификация моделей. Основные свойства моделей: адекватность, простота, возможность получения новой информации об оригинале. Виды моделирования, примеры моделей систем. Объекты моделирования. Принципы построения и основные требования к моделям процессов и систем. Общая схема разработки математических моделей. Этапы математического моделирования. Формализация процесса функционирования системы. Агрегативная модель. Формы представления математических моделей. Цели и задачи исследования математических моделей систем. Методы исследования математических моделей систем и процессов. Методы упрощения и преобразования математических моделей статистики и динамики из одной формы представления в другую.				
Технические и программные средства математического моделирования.	2	2	0	10
Технические средства математического моделирования. Цифровые, аналоговые и гибридные ЭВМ, их характеристики и возможности для моделирования объектов. Программные средства математического моделирования объектов. Программы, пакеты прикладных программ компьютерного моделирования (ПКМ), базы данных, библиотеки моделей, базы декларативных и процедурных знаний. Программы для автоматизированного построения математических моделей объектов.				
Методы построения математических моделей химико-технологических процессов.	3	0	0	10
Экспериментально-статистический метод. Базовые понятия: случайные величины и случайные процессы; получение информации для построения моделей статистики и динамики объекта методами "пассивного" и "активного" эксперимента, планирование эксперимента; методы наименьших квадратов и максимального правдоподобия при				

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>нахождении оценок параметров экспериментально-статистических моделей.</p> <p>Аналитический метод.</p> <p>Основные положения и этапы аналитического метода: получение структуры уравнений статики и/или динамики (анализ и декомпозиция объекта на элементы, принятие допущений, вывод уравнений баланса субстанции для элементов, формулировка краевых условий, композиция уравнений элементов); получение на лабораторных установках экспериментальных данных; идентификация параметров модели (постановка и решение экстремальной задачи); проверка адекватности модели. Сфера применения аналитических моделей.</p> <p>Комбинированный (экспериментально-аналитический) метод.</p> <p>Содержание и этапы комбинированного метода построения моделей: вывод уравнений баланса субстанции объекта, получение экспериментальных данных на действующем объекте; параметрическая идентификация моделей, регуляризация методов идентификации: проверка адекватности модели. Сфера применения комбинированных моделей.</p>				
Математические модели структуры потоков в технологических аппаратах.	8	4	0	12
<p>Простые модели структуры потоков</p> <p>Функции распределения времени пребывания элементов потока в аппарате. Виды типовых ММ структуры потоков.</p> <p>Модель идеального смешения. Передаточная функция модели идеального смешения.</p> <p>Однопараметрическая диффузионная модель. Модель идеального вытеснения как частный случай диффузионной модели.</p> <p>Передаточная функция аппарата колонного типа с неограниченным по длине каналом, описываемого диффузионной моделью.</p> <p>Передаточная функция аппарата колонного типа с ограниченными по длине каналами, описываемого диффузионной моделью.</p> <p>Свойства диффузионной модели при стационарном вводе индикатора в произвольное сечение канала.</p> <p>Комбинированные модели структуры потоков</p> <p>Ячеечная модель. Последовательное соединение зон идеального смешения и идеального</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
<p>вытеснения для случая линейного объекта.  Последовательное соединение зон идеального вытеснения для случая нелинейного объекта.  Модель аппарата идеального смешения с застойной зоной.  Параметрическая идентификация моделей структуры потоков.  Начальные и центральные моменты функции распределения времени пребывания элементов потока в аппарате.  Связь передаточной функции и моментов функции распределения времени пребывания элементов потока в аппарате.  Вывод выражений для вычисления моментов функции распределения времени пребывания ячеечной модели, диффузной модели с неограниченным по длине каналом и диффузной модели с ограниченными по длине каналами.  Методика расчета моментов функции распределения времени пребывания по экспериментальным кривым отклика.</p>				
<p>Математические модели типовых процессов химической технологии.</p>	6	12	0	18
<p>Модели структуры потоков с учетом интенсивности источников вещества и тепла.  ММ проточного аппарата идеального смешения с учетом источников вещества и тепла.  ММ проточного аппарата идеального вытеснения с учетом источников вещества и тепла.  Однопараметрическая диффузионная модель с учетом источников (стоков) вещества и тепла.  Двухпараметрическая диффузионная модель с учетом источников (стоков) вещества и тепла.  ММ аппарата идеального смешения периодического действия с учетом источников вещества и тепла.  Частные уравнения интенсивности источников (стоков) вещества и тепла в потоках: химические реакции, массо- и теплообмен.  Модели движения жидкости в гидравлических системах.  Модели теплообменников.  ММ теплообменников типа «смешение-смешение», типа «вытеснение-смешение» и типа «вытеснение-вытеснение».</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
<p>Модели химических превращений в реакторах: модели кинетики реакций, математическая модель с мешалкой и рубашкой, модель политропического реактора идеального вытеснения с прямоточным и противоточным режимами движения теплоносителя в рубашке.</p> <p>Математические модели массообменных процессов разделения: ректификации и абсорбции; модель фазового равновесия жидкость - пар; модель ректификации в насадочной колонне; модель процесса абсорбции в насадочной колонне.</p>				
Математические модели динамики технологических процессов и аппаратов как объектов регулирования.	6	4	0	10
<p>Приведение математических моделей к виду, удобному для синтеза систем автоматического регулирования.</p> <p>Методика аналитического получения линеаризованных математических моделей ТП как объектов регулирования.</p> <p>Примеры математических моделей: смесителя как объекта регулирования концентрации (рН); объекта с регулированием уровня; объектов, работающих по законам состояния газа; химического реактора идеального смешения как объекта регулирования состава и температуры.</p> <p>Имитационное моделирование объектов и систем управления. Организация и методика вычислительного эксперимента.</p>				
Пакеты моделирующих программ.	2	10	0	10
<p>Обзор пакетов моделирующих программ компьютерной математики. Принципы функционирования моделирующей программы, этапы работы моделирующих программ и основные модули, обеспечивающие их выполнение.</p> <p>Имитационное моделирование объектов и систем управления. Организация и методика вычислительного эксперимента.</p>				
ИТОГО по 6-му семестру	30	32	0	80
ИТОГО по дисциплине	30	32	0	80

## Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Освоение работы с решателями пакета MATLAB для моделирования химико-технологических процессов.
2	Освоение работы с пакетом моделирующих программ Unisim Design (ПМП UD) для химико-технологических процессов.
3	Исследование типовых ММ структуры потоков в технологических аппаратах, идентификация гидродинамической структуры потоков в аппаратах типовыми ММ.
4	Моделирование в ПМП UD процессов теплопередачи в теплообменных аппаратах.
5	Моделирование в ПМП UD процесса в политропическом химическом реакторе.
6	Моделирование в ПМП UD процессов в трубчатых реакторах.
7	Моделирование в ПМП UD нестационарного режима изотермического трубчатого реактора.
8	Моделирование в ПМП UD процесса ректификации в насадочной колонне.
9	Моделирование в ПМП UD процесса абсорбции в насадочной колонне.
10	Моделирование статических режимов теплообменных аппаратов и их параметрическая идентификация.
11	Моделирование проточного политропического реактора идеального смешения с системой регулирования температуры.
12	Моделирование стационарного режима процесса химического превращения с нелинейной кинетической зависимостью в изотермическом проточном реакторе с мешалкой.

## 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 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	Кафаров В. В., Глебов М. Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств : учебное пособие для академического бакалавриата. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Юрайт, 2019. 403 с. 25,19 усл. печ. л.	2
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Гультяев А.К. MATLAB 5.3. Имитационное моделирование в среде Windows : практическое пособие. Санкт-Петербург : КОРОНА принт, 2001. 400 с.	6
2	Кафаров В. В., Глебов М. Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств : учебное пособие для вузов. Москва : Высш. шк., 1991. 400 с.	16
3	Кафаров В. В., Мешалкин В. П. Анализ и синтез химико-технологических систем : учебник для вузов. Москва : Химия, 1991. 432 с.	15
4	Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов : практическое руководство / Холоднов В. А., Дьяконов В. П., Иванова Е. Н., Кирьянова Л. С. Санкт-Петербург : Професионал, 2003. 478 с.	15
5	Островский А. С., Шумихин А. Г. Моделирование химико-технологических процессов как объектов управления : учебно-исследовательский практикум учебно-методическое пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008. 46 с.	49
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Теоретические основы химической технологии : журнал. Москва : Наука, 1967 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		

	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Островский А. С. Моделирование химико-технологических процессов как объектов управления : учебно-исследовательский практикум : учебно-методическое пособие / А. С. Островский, А. Г. Шумихин. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2828">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2828</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Самойлов, Н. А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" : учебное пособие / Н. А. Самойлов. — 3-е изд., испр. И доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 176 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/37356">https://e.lanbook.com/book/37356</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Гартман Т. Н., Клушин Д. В. Моделирование химико-технологических процессов. Принципы применения пакетов компьютерной математики. Санкт-Петербург : Лань, 2020	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-126905">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-126905</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Гумеров А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов. – Санкт-Петербург : Лань, 2021.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-168613">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-168613</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF

Вид ПО	Наименование ПО
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	Honeywell Unisim Design

#### **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	Проектор, экран настенный; маркерная доска, компьютерные столы (10 шт.), персональные компьютеры (10 шт.)	1
Лекция	Мультимедиа комплекс (проектор, экран, ноутбук), доска, парты, стол преподавателя	1

#### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

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

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Математическое моделирование»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	27.03.03 Системный анализ и управление
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Информационные технологии и управление в нефтегазопереработке и химической промышленности
<b>Квалификация выпускника:</b>	бакалавр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Оборудование и автоматизация химических производств
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Курс:</b> <u>3</u>	<b>Семестр(ы):</b> <u>6</u>

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:	<u>4</u> ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	<u>144</u> ч

Форма промежуточной аттестации:

Дифференцированный зачет: 6 семестр

**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 рабочей программы дисциплины (РПД) освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (6-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. 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 (таблица 1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении заданий на практических занятиях, выполнении расчетно-графических работ. Виды контроля сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Контролируемые результаты обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий	Рубежный		Итоговый
	ТО	ОЛР	КР	Дифф. зачёт
<b>В результате освоения дисциплины студент знает:</b>				
– назначение типовых методов математического моделирования в решении задач исследования операций и управления объектами химической технологии;	+		+	+
– формы математических моделей применительно к классификации химико-технологических процессов (ХТП);			+	+
– аналитический, экспериментальный и экспериментально-аналитические методы разработки моделей;			+	+
– математические модели структуры потоков в технологических аппаратах, их идентификацию;			+	+
– модели структуры потоков с учетом интенсивности источников (стоков) вещества и тепла;			+	+
– линейные и линеаризованные модели динамики технологических процессов как объектов регулирования и управления;			+	+
– назначение пакетов компьютерной математики для моделирования ХТП.	+		+	+
<b>умеет:</b>				
– применять документацию по разработке компьютерных программных комплексов		+		+

имитационного моделирования ХТП и химико-технологических систем;				
– выбирать пакеты компьютерной математики для имитационного моделирования;		+		+
– учитывать в моделях справочную информацию о физико-химических свойствах перерабатываемых веществ и материалов;		+		+
– оценивать возможную структуру потоков в исследуемых аппаратах и выбирать соответствующую математическую модель.		+		+
<b>владеет:</b>				
– навыками выбора вида математического описания ХТП для разработки его математической модели;		+		+
– навыками исследования моделей ХТП путем компьютерного моделирования;		+		+
– навыками интерпретирования результатов моделирования и их графического отображения.		+		+

*С – собеседование; ОЛР – отчет по лабораторной работе; КР – рубежная контрольная работа;*

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация по дисциплине в виде дифференцированного зачета, 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 бланочного 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 по каждой теме в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов. Результаты по 4-х 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, освоенных умений и приобретенных владений (таблица 1) проводится в форме выполнения лабораторных работ с оформлением и защитой отчетов по ним и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### 2.2.1. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланированы три рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

Некоторые типовые вопросы к контрольным работам приведены ниже.

Типовые вопросы к контрольной работе №1 (разделы 1-3,7)

1. Моделирование как метод познания объектов, процессов, явлений.
2. Принципы построения и основные требования к моделям процессов и систем.
3. Этапы математического моделирования.
4. Технические средства математического моделирования.
5. Пакеты прикладных программ компьютерного моделирования (ПКМ).
6. Принципы функционирования моделирующей программы ПКМ.
7. Экспериментально-статистический метод построения математических моделей.
8. Аналитический метод построения математических моделей статики и динамики объектов, основные положения и этапы метода.

Типовые вопросы к контрольной работе №2 (Разделы 4-6)

1. Модель идеального смешения. Передаточная функция модели идеального смешения.
2. Модель идеального вытеснения как частный случай диффузионной модели.
3. Передаточная функция аппарата колонного типа с неограниченным по длине каналом, описываемого диффузионной моделью.
4. Связь передаточной функции и моментов функции распределения времени.
5. Математическая модель проточного аппарата идеального смешения с учетом источников вещества и тепла.
6. Математическая модель проточного аппарата идеального вытеснения с учетом источников вещества и тепла.
7. Двухпараметрическая диффузионная модель с учетом источников (стоков) вещества и тепла.
8. Методика аналитического получения линеаризованных математических моделей ТП как объектов регулирования.
9. Примеры получения математических моделей: смесителя как объекта регулирования концентрации (рН); объекта с регулированием уровня.
10. Пример получения математической модели химического реактора идеального смешения как объекта регулирования состава и температуры.

*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 отчетов по лабораторным работам и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

### **2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме дифференцированного зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде дифференцированного зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практическое задание (ПЗ) для проверки усвоенных умений и контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

#### **2.3.2.1. Типовые вопросы и задания для диф. зачета по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Модель идеального смешения. Передаточная функция модели идеального смешения.
2. Однопараметрическая диффузионная модель.
3. Модель идеального вытеснения. Передаточная функция модели.
4. Комбинированные модели. Ячеечная модель.
5. Начальные и центральные моменты функции распределения времени пребывания элементов потока в аппарате.
6. Связь передаточной функции и моментов функции распределения времени пребывания элементов потока в аппарате.

##### **Типовые вопросы и практические задания для контроля усвоенных умений и приобретенных владений:**

1. Вывод выражений для вычисления моментов функции распределения времени пребывания модели идеального вытеснения.
2. Вывод выражений для вычисления моментов функции распределения времени пребывания ячейки модели.
3. Математическая модель смесителя как объекта регулирования.
4. Математическая модель объекта с регулированием уровня.
5. Математическая модель химического реактора идеального смешения: линеаризация уравнений материального баланса.
6. Осуществить линеаризацию модели в виде сложной нелинейной функции.
7. Составить уравнения материального и теплового балансов заданного вида реактора с заданной протекающей в нем сложной химической реакцией.

### **2.3.2.2. 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 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 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.