

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

« 20 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Системы оптимизации в управлении химико-технологическими процессами и производствами  
(наименование)

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

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

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

**Направление подготовки:** 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Автоматизация и управление химико-технологическими процессами и производствами  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины – формирование знаний постановки и формализации задач оптимизации технологических процессов и производств химической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, теплоэнергетической и других отраслей промышленности, для производств которых характерны химико-технологические процессы, методов их решения применительно к автоматизации и управлению.

Задачи дисциплины:

- сформировать представление о постановке задач оптимизации, методах и математическом аппарате, применяемых при формализации задач, характерных для химико-технологических процессов и систем как объектов управления;
- об аналитических методах оптимизации, задачах и методах математического программирования;
- о проблемах применения методов оптимизации в задачах практического управления химико-технологическими процессами и системами (производствами);
- развить практику применения программ решения оптимизационных задач некоторых универсальных и инсталлированных в компьютерные системы управления пакетов компьютерной математики.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

методы декомпозиции общей задачи оптимизации в иерархической системе управления сложной химико-технологической системой; математические модели связи между переменными объектов химической технологии как виртуальное средство измерения и анализатора качества; критерии оптимальности и ограничения на переменные в задачах оптимизации действующих производств; методы математического программирования в задачах оптимизации, реализуемых в СУУТП; методы создания и настройки контроллеров и симуляторов СУУТП; методы интеграции СУУТП и РСУ.

### 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-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает методологию обследования химико-технологических процессов как объектов создания и эксплуатации систем оптимизации управления с оценкой, на основе патентных исследований и анализа литературных научно-технических источников, степени разработанности подходов к решению аналогичных задач создания и эксплуатации систем в отраслях промышленности;	Знает национальную и международную нормативную базу в области проектирования АСУП; основные методы патентных исследований в области АСУП	Контрольная работа
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет разрабатывать методики обследования химико-технологических процессов как объектов оптимизации управления при создании СУУП;	Умеет применять методы проектирования АСУП	Защита лабораторной работы
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет навыками обработки результатов обследования химико-технологических процессов как объектов оптимизации управления при создании СУУП;	Владеет навыками обработки данных по показателям качества, характеризующим разрабатываемую и эксплуатируемую АСУП для различных этапов ее жизненного цикла; определения показателей технического уровня проектируемых объектов АСУП	Дифференцированный зачет
ПК-3.1	ИД-1ПК-3.1	Знает особенности химико-технологических процессов и производств как объектов оптимизации и управления; принципы и алгоритмы функционирования виртуальных средств измерения технологических параметров и анализаторов качества продукции; задачи оптимального проектирования, оптимального	Знает основы общепрофессиональных, естественнонаучных и технических дисциплин по профилю деятельности; имеет базовые знания по технологии, технологическим системам, системе контроля и управления и регламенту эксплуатации автоматизированных систем; назначение, принципы действия, параметры, алгоритмы работы средств измерения, средств автоматизации и	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		управления, идентификации объектов управления оптимизационными методами; регламенты технического обслуживания и адаптации на основе информационных технологий виртуальных средств измерения и анализаторов качества в условиях действующего производства; методики создания контроллеров и симуляторов СУУТП с применением виртуальных средств измерения и анализаторов.	аппаратуры систем управления и защиты; регламенты и технологии технического обслуживания и ремонта технических средств КИПиА и аппаратуры систем управления и защиты; нормы и правила ведения производственно-технической документации; основы экономики, организации производства, труда и управления; информационные технологии, используемые при реализации профессиональной деятельности; требования охраны труда;	
ПК-3.1	ИД-2ПК-3.1	Умеет разрабатывать алгоритмы функционирования виртуальных средств измерения технологических параметров и анализаторов качества продукции и их адаптации в условиях действующего производства; разрабатывать контроллеры и симуляторы СУУТП; умеет интегрировать СУУТП и РСУ, создавать интерфейсы операторов.	Умеет выполнять штатные процедуры технического обслуживания и ремонта технических средств КИПиА и аппаратуры систем управления и защиты; разрабатывать производственно-техническую документацию; использовать информационные технологии для организации и обеспечения профессиональной деятельности; организовывать и контролировать деятельность подчиненного персонала; вести оперативную и производственную документацию	Защита лабораторной работы
ПК-3.1	ИД-3ПК-3.1	Владеет навыками обследования химико-технологических процессов и производств как объектов СУУТП; навыками разработки виртуальных	Владеет навыками организации и проведения диагностики технического состояния, проверки работоспособности оборудования КИПиА и аппаратуры систем	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		анализаторов, контроллеров, симуляторов для СУУТП; навыками настройки симулятора СУУТП, навыками интеграции СУУТП и РСУ.	управления и защиты; организации и обеспечения регламентного обслуживания средств измерения, средств автоматизации, аппаратуры систем управления и защиты; организации и контроля проведения профилактических осмотров, текущего и планово-предупредительного ремонта средств измерения, средств автоматизации и аппаратуры систем управления и защиты, работ по устранению дефектов; обеспечения метрологической поверки и паспортизации средств измерения и автоматики; разработки и ведения документации по техническому обслуживанию и ремонту средств измерения, средств автоматизации и аппаратуры систем управления и защиты, анализа производственно-технической документации на соответствие действующим правилам и нормам	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)	36	36	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
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	СРС
2-й семестр				
Задачи и методы оптимизации	12	0	0	12
Математические модели, критерии оптимальности, ограничения, модель оптимизации. Классификация аналитических методов и методов математического программирования. Аналитические методы безусловной и условной оптимизации. Линейное и целочисленное программирование. Нелинейное программирование. Принцип максимума Л.С.Понтрягина в задачах оптимизации химико-технологических процессов. Дискретное динамическое программирование. Задачи многоцелевой оптимизации. Методы декомпозиции общей задачи оптимизации в иерархической системе управления сложной химико-технологической системой. Проблемы «нечеткой оптимизации».				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Введение в системы усовершенствованного управления технологическим процессом (СУУТП)	4	0	0	10
Обзор принципов многомерного управления. Основные особенности и возможности усовершенствованного управления. Назначение системы улучшенного управления, принципы ее работы, механизм и порядок использования. Этапы внедрения СУУТП.				
Основы виртуального анализа в СУУТП	4	14	0	15
Определение и назначение виртуальных анализаторов, их функции в СУУТП. Классификация типов виртуальных анализаторов. Принципы построения. Оценка точности показаний виртуальных анализаторов. Обслуживание виртуальных анализаторов. Методика создания виртуальных анализаторов.				
Программно-алгоритмические комплексы СУУТП	5	22	0	25
Операторский и инженерный интерфейсы СУУТП. Технологии многомерного управления на основе прогнозирующей модели СУУТП. Методика создания контроллеров СУУТП. Создание симуляторов СУУТП. Настройка СУУТП. Способы интеграции СУУТП и РСУ. Интерфейс оператора СУУТП.				
Практические примеры внедрения СУУТП на промышленных предприятиях	7	0	0	10
Описание технологии производства и базового регулирования технологических объектов. Постановка задач управления и оптимизации на технологических объектах. Реализация виртуального анализа на технологических объектах. Описание структуры СУУТП. Достигнутые эффекты от внедрения СУУТП. Технологические объекты: установки первичной переработки нефти; установки гидроочистки дизельного топлива; установки каталитического риформинга бензиновых фракций; экстрактивная дистилляция и вторичная ректификация ароматических углеводородов; установка гидродеароматизации легкого газойля гидрокрекинга.				
ИТОГО по 2-му семестру	32	36	0	72
ИТОГО по дисциплине	32	36	0	72

#### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Создание виртуальных анализаторов показателей качества продуктов установок
2	Создание контроллеров СУУТП
3	Создание симуляторов СУУТП
4	Настройка симулятора СУУТП
5	Интеграции СУУТП и РСУ.

## 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	Гартман Т.Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / Т.Н. Гартман, Д.В. Клушин. - М.: Академкнига, 2008.	25
2	Гольдштейн А. Л. Теория принятия решений. Задачи и методы исследования операций и принятия решений : учебное пособие для вузов / А. Л. Гольдштейн. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2009.	115
3	Теория оптимизации систем автоматического управления. - Москва: , Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. - (Методы классической и современной теории автоматического управления : учебное пособие для вузов : в 5 т.; Т. 4).	17
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Балакирев В. С. Оптимальное управление процессами химической технологии (экстремальные задачи в АСУ) / В. С. Балакирев, В. М. Володин, А. М. Цирлин. - М.: Химия, 1978.	7
2	Бояринов А.И. Методы оптимизации в химической технологии : учебное пособие для вузов / А.И. Бояринов, В.В. Кафаров. - Москва: Химия, 1975.	15
3	Гилл Ф. Практическая оптимизация : пер. с англ. / Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт. - Москва: Мир, 1985.	25
4	Кафаров В. В. Основы автоматизированного проектирования химических производств / В. В. Кафаров, В. Н. Ветохин. - Москва: Наука, 1987.	15
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Автоматизация в промышленности : научно-технический и производственный журнал / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова. Университет новых информационных технологий управления; Российская академия наук; ИнфоАвтоматизация. - Москва: ИнфоАвтоматизация, 2003 - .	1
<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)
Основная литература	Гартман, Т.Н. Моделирование химико-технологических процессов. Принципы применения пакетов компьютерной математики : учебное пособие / Т.Н. Гартман, Д.В. Клушин. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 404 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/126905">https://e.lanbook.com/book/126905</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.	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	Experion PKS (ХТФ, каф АТП)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	SIMIT Simulation v9.1. Trainer Package ( ХТФ лиц.доп.сог. CDL5260--)
Среды разработки, тестирования и отладки	Microsoft Visual Studio (подп. Azure Dev Tools for Teaching )

## 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	Персональные компьютеры 10 шт, проектор, экран.	1
Лекция	Мультимедиа комплекс на базе проектора, 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 образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

**«Системы оптимизации в управлении химико-технологическими  
процессами и производствами»**

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

**Направленность (профиль) образовательной программы:** Автоматизация и управление химико-технологическими процессами и производствами

**Квалификация выпускника:** магистр

**Выпускающая кафедра:** Оборудование и автоматизация химических производств

**Форма обучения:** очная

**Курс:** 1                      **Семестр(ы):** 2

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:  $\frac{4}{144}$  ЗЕ  
Часов по рабочему учебному плану:  $\frac{144}{144}$  ч

**Форма промежуточной аттестации:**

Диф. зачет: 2 семестр

Пермь 2023 г.

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся 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 (2-го семестра учебного плана) и разбито на 5 учебных модулей (разделов). 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 1.1).

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, сдаче отчетов по лабораторным работам и дифференцированного 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
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	Диф. зачет
<b>Усвоенные знания</b>					
<b>3.1</b> Знать методологию обследования химико-технологических процессов как объектов создания и эксплуатации систем оптимизации управления с оценкой, на основе патентных исследований и анализа литературных научно-технических источников, степени разработанности подходов к решению аналогичных задач создания и эксплуатации систем в отраслях промышленности;		+		+	+
<b>3.2</b> Знать особенности химико-технологических процессов и производств как объектов оптимизации и управления;		+		+	+
<b>3.3</b> Знать принципы и алгоритмы функционирования виртуальных средств измерения технологических параметров и анализаторов качества продукции;		+		+	+
<b>3.4</b> Знать задачи оптимального проектирования, оптимального управления, идентификации объектов управления оптимизационными методами;		+		+	+

<b>3.5</b> Знать регламенты технического обслуживания и адаптации на основе информационных технологий виртуальных средств измерения и анализаторов качества в условиях действующего производства;			+		+		+
<b>3.6</b> Знать методики создания контроллеров и симуляторов СУУТП с применением виртуальных средств измерения и анализаторов;			+		+		+
<b>У.1</b> Уметь разрабатывать методики обследования химико-технологических процессов как объектов оптимизации управления при создании СУУТП;					+		+
<b>У.2</b> Уметь разрабатывать алгоритмы функционирования виртуальных средств измерения технологических параметров и анализаторов качества продукции и их адаптации в условиях действующего производства;					+		+
<b>У.3</b> Уметь разрабатывать контроллеры и симуляторы СУУТП;					+		+
<b>У.4</b> Уметь интегрировать СУУТП и РСУ, создавать интерфейсы операторов;					+		+
<b>Приобретенные владения</b>							
<b>В.1</b> Владеть навыками обработки результатов обследования химико-технологических процессов как объектов оптимизации управления при создании СУУТП;					+		+
<b>В.2</b> Владеть навыками обследования химико-Технологических процессов и производств как объектов СУУТП;					+		+
<b>В.3</b> Владеть навыками разработки виртуальных анализаторов, контроллеров, симуляторов для СУУТП;					+		+
<b>В.4</b> Владеть навыками настройки симулятора СУУТП, навыками интеграции СУУТП и РСУ;					+		+

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос;*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация 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 обучающегося 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 обучающимися 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 в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов. 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, освоенных умений и приобретенных владений (таблица 1.1) проводится в форме защиты отчетов по лабораторным работам и рубежных контрольных работ (после изучения модуля (раздела) учебной дисциплины).

#### **2.2.1 Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам**

Всего запланировано 5 лабораторных работ. Темы лабораторных работ приведены в РПД. На лабораторной работе каждому студенту дается индивидуальное задание, отличающееся числовыми исходными данными. Защита отчетов проводится каждым студентом индивидуально.

*Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.*

*Результаты защиты выполненных лабораторных работ по 4-х балльной шкале оценивания знаний и умений заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.*

#### **2.2.2 Рубежная контрольная работа**

Всего запланировано две рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных модулей (разделов) дисциплины.

#### ***Типовые вопросы к контрольной работе № 1.***

1. Математические модели, критерии оптимальности, ограничения, модель оптимизации.
2. Классификация аналитических методов и методов математического программирования. Аналитические методы безусловной и условной оптимизации.
3. Линейное и целочисленное программирование.

4. Нелинейное программирование.
5. Принцип максимума Л.С.Понтрягина в задачах оптимизации химико-технологических процессов.
6. Дискретное динамическое программирование.
7. Задачи многоцелевой оптимизации.
8. Методы декомпозиции общей задачи оптимизации в иерархической системе управления сложной химико-технологической системой.
9. Проблемы «нечеткой оптимизации».

### ***Типовые вопросы к контрольной работе № 2.***

1. Обзор принципов многомерного управления. Основные особенности и возможности усовершенствованного управления. Назначение системы улучшенного управления, принципы ее работы, механизм и порядок использования. Этапы внедрения СУУТП.
2. Определение и назначение виртуальных анализаторов, их функции в СУУТП. Классификация типов виртуальных анализаторов. Принципы построения. Оценка точности показаний виртуальных анализаторов. Обслуживание виртуальных анализаторов. Методика создания виртуальных анализаторов.
3. Операторский и инженерный интерфейсы СУУТП. Технологии многомерного управления на основе прогнозирующей модели СУУТП.
4. Методика создания контроллеров СУУТП.
5. Создание симуляторов СУУТП.
6. Настройка СУУТП.
7. Способы интеграции СУУТП и РСУ. Интерфейс оператора СУУТП.
8. Описание технологии производства и базового регулирования технологических объектов. Постановка задач управления и оптимизации на технологических объектах.
9. Реализация виртуального анализа на технологических объектах.
10. Описание структуры СУУТП.
11. Достигнутые эффекты от внедрения СУУТП.

*Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.*

*Результаты рубежных (промежуточных) контрольных работ по 4-балльной шкале оценивания знаний, умений и владений заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации по дисциплине.*

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

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является дифференцированный зачет.

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ 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, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для 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 зачета по дисциплине**

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

1. Математические модели, критерии оптимальности, ограничения, модель оптимизации.
2. Классификация аналитических методов и методов математического программирования. Аналитические методы безусловной и условной оптимизации.
3. Линейное и целочисленное программирование.
4. Нелинейное программирование.
5. Принцип максимума Л.С.Понтрягина в задачах оптимизации химико-
6. технологических процессов.
7. Дискретное динамическое программирование.
8. Задачи многоцелевой оптимизации.
9. Методы декомпозиции общей задачи оптимизации в иерархической системе управления сложной химико-технологической системой.
10. Проблемы «нечеткой оптимизации».
11. Обзор принципов многомерного управления. Основные особенности и возможности усовершенствованного управления. Назначение системы улучшенного управления, принципы ее работы, механизм и порядок использования. Этапы внедрения СУУТП.
12. Определение и назначение виртуальных анализаторов, их функции в СУУТП. Классификация типов виртуальных анализаторов. Принципы построения. Оценка точности показаний виртуальных анализаторов. Обслуживание виртуальных анализаторов. Методика создания виртуальных анализаторов.
13. Операторский и инженерный интерфейсы СУУТП. Технологии многомерного управления на основе прогнозирующей модели СУУТП.
14. Методика создания контроллеров СУУТП.
15. Создание симуляторов СУУТП.
16. Настройка СУУТП.
17. Способы интеграции СУУТП и РСУ. Интерфейс оператора СУУТП.
18. Описание технологии производства и базового регулирования технологических объектов. Постановка задач управления и оптимизации на технологических объектах.
19. Реализация виртуального анализа на технологических объектах.
20. Описание структуры СУУТП.
21. Достигнутые эффекты от внедрения СУУТП

## **Типовые вопросы и практические задания для контроля приобретенных умений**

1. Разрабатывать методику обследования химико-технологических процессов как объектов оптимизации управления при создании СУУТП;
2. Разработать алгоритмы функционирования виртуальных средств измерения технологических параметров и анализаторов качества продукции и их адаптации в условиях действующего производства.
3. Разработать контроллеры и симуляторы СУУТП.
4. Интегрировать СУУТП и РСУ.

### **Типовые задания для контроля приобретенных владений:**

1. С применением специализированного пакета программ сделать виртуальный анализатор показателей качества продуктов установки.
2. С применением специализированного пакета программ сделать контроллер СУУТП блока установки.
3. С применением специализированного пакета программ сделать симулятор СУУТП блока установки.
4. С применением специализированного пакета программ выполнить настройку симулятора блока установки.
5. Выполнить интеграцию СУУТП и РСУ.

*Полный перечень вопросов к контрольным работам и практических заданий хранится на выпускающей кафедре.*

### **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.