



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

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Химико-технологический факультет

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств



ПОДПИСАЮ

Директор по учебной работе
техн. наук, проф.

Н. В. Лобов
2015 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы оптимизации химико-технологических процессов»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основная образовательная программа подготовки бакалавров

Направление 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Профиль подготовки бакалавра: Автоматизация химико-технологических процессов
и производств

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Специальное звание выпускника: бакалавр-инженер

Выпускающая кафедра: Автоматизация технологических процессов
и производств

Форма обучения: очная

Курс: 3 **Семестр(ы):** 6

Трудоемкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану: 108 ч

Виды контроля:

Экзамен: – Зачёт: 6 семестр Курсовой проект: – Курсовая работа: –

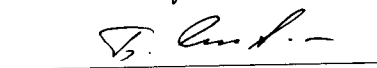
Пермь
2015

Учебно-методический комплекс дисциплины «Методы оптимизации химико-технологических процессов» разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования, утверждённого приказом Министерством образования и науки Российской Федерации «25» октября 2011 г. номер приказа 2520 по направлению подготовки 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств»;
- компетентностной модели выпускника ООП по направлению подготовки 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств», профилю «Автоматизация химико-технологических процессов и производств», утверждённой «24» июня 2013г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств», профилю Автоматизация химико-технологических процессов и производств», утверждённого «29» августа 2011 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплины Философия, Математика 1, Физика, Химия, Экология, Теоретическая механика, Органическая химия, Теоретические основы химических процессов. Физическая химия, Прикладная механика, Моделирование систем и процессов, Управление качеством, Теория и методы принятия решений, Исследование операций, участвующей в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик д-р техн. наук, проф.  А.Г. Шумихин

Рецензент канд. техн. наук, доц.  Б.Г. Стафейчук

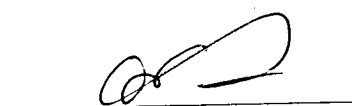
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств» «12» сентября 2015 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой
автоматизации технологических процессов и
производств,
д-р техн. наук, проф.

 А.Г. Шумихин

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией химико-технологического факультета «15» сентября 2015 г., протокол № 30.

Председатель учебно-методической комиссии
химико-технологического факультета,
канд. техн. наук, доц.

 Е.Р. Мошев

СОГЛАСОВАНО

Начальник управления образовательных
программ, канд. техн. наук, доц.

 Д.С. Репецкий

1. Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины

Целью дисциплины является формирование системы знаний, умений и навыков постановки задач оптимизации химико-технологических процессов и производств и их решения с использованием аналитических методов и пакетов прикладных программ, характерных для осуществления видов деятельности, предусмотренных ФГОС ВПО.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет следующие компетенции:

способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОК-10);

- способность выполнять работы по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем и средств автоматизации и управления, оборудования, выявлять их резервы, определять причины недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, осуществлять меры по их устранению и повышению эффективности использования (ПК-27).

1.2 Задачи дисциплины

• изучение

- методов математического программирования поиска решения задач оптимизации химико-технологических процессов;
- подходов к постановке задач оптимизации, методов и математического аппарата, применяемого при оптимизации химико-технологических процессов, как объектов управления, на основе их математических моделей, методов декомпозиции общих задач управления химико-технологическими комплексами;
- аналитических методов оптимизации химико-технологических процессов на основе их математических моделей;

• формирование умения:

- выбора и математической формулировки технико-экономических и технологических критериев оптимальности;
- формализации задач оптимизации на основе применения методов математического моделирования химико-технологических процессов и систем;
- выбора методов и алгоритмов аналитического и численного решения задач оптимизации;

• формирование навыков:

- формальной постановки задач оптимизации при известных математических моделях процессов и критериев оптимальности;
- аналитического решения задач безусловной и условной оптимизации химико-технологических процессов;

- применения приложений пакетов «компьютерной математики» для получения решения задачи оптимизации численными методами математического программирования.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- постановка задач оптимизации технологических процессов и производств, формулирование критериев оптимальности и ограничений;
- методы аналитического решения задач на безусловный экстремум целевой функции;
- методы и алгоритмы математического программирования решения задач оптимизации;
- методы решения задач на условный экстремум целевой функции (критерия оптимальности);
- методы декомпозиции общих задач оптимального управления химико-технологическими комплексами.

1.4 Место дисциплины в структуре профессиональной подготовки выпускников.

Дисциплина относится к *вариативной* части математического и естественнонаучного цикла дисциплин и является *дисциплиной по выбору студентов* при освоении ООП по направлению 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств», профилю «Автоматизация химико-технологических процессов и производств».

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

- **Знать:**
 - химию элементов и основные закономерности протекания химических реакций;
 - производства отрасли, математические модели производств как объектов управления, технико-экономические критерии качества, функционирования и цели управления;
 - управляемые выходные переменные, входные управляющие и регулирующие воздействия технологических объектов управления;
 - классификацию моделей систем и процессов, их виды и виды моделирования;
 - методы анализа технологических процессов и оборудования для их реализации, как объектов автоматизации управления и оптимизации;
 - задачи и алгоритмы оптимального управления технологическими процессами с помощью электронно-вычислительных машин;
- **Уметь:**
 - выполнять анализ технологических процессов и оборудования как объектов автоматизации и управления;

- определять технологические режимы и показатели качества функционирования оборудования, рассчитывать основные характеристики и оптимальные режимы работы;
 - применять физико-математические методы для решения задач в области автоматизации технологических процессов и производств, управления жизненным циклом продукции и ее качеством с применением стандартных программных средств;
 - строить математические модели объектов управления;
 - работать с каким-либо из основных типов программных систем, предназначенных для математического, имитационного моделирования и оптимизации;
- **Владеть:**
 - численными методами решения дифференциальных и алгебраических уравнений, методами аналитической геометрии, теории вероятностей и математической статистики;
 - навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования;
 - навыками выполнения плановых расчетов организации управления;

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции			
ОК-10	Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Философия, Математика 1, Физика, Химия, Экология, Теоретическая механика, Органическая химия, Теоретические основы химических процессов, Физическая химия, Прикладная механика	Моделирование систем и процессов (<i>изучаются одновременно</i>)
ПК-27	Способность выполнять работы по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем и средств автоматизации и управления, оборудования, выявлять их резервы, определять причины недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, осуществлять меры по их устранению и повышению эффективности использования.	Управление качеством, Теория и методы принятия решений, Исследование операций.	

2 Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ОК-10, ПК-27.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОК-10

Код ОК-10	Формулировка компетенции: Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
----------------------	--

Код ОК-10.Б2.ДВ.01.2	Формулировка дисциплинарной части компетенции: способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического исследования;
---------------------------------	--

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<i>В результате освоения компетенции студент</i> Знает: - математические модели задач оптимизации химико-технологических процессов и систем, учитывающие их физические и физико-химические закономерности; - математические методы анализа, моделирования и решения экстремальных задач в химической технологии; - численные методы математического программирования решения задач оптимизации; - методы декомпозиции задач оптимизации химико-технологических систем;	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению лекционного материала.	Вопросы для текущего и промежуточного контроля. Вопросы к зачёту.
Умеет: - выполнять анализ химико-технологических процессов и систем как объектов оптимизации; - осуществлять постановку и математическую формализацию описания задач оптимизации; - применять математические методы для аналитического и численного решения задач оптимизации химико-технологических процессов и систем; - осуществлять постановку и математическую формализацию описания задач формализации;	Практические занятия. Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов (подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам), выполнение расчетных работ.	Задания к практическим занятиям и лабораторным работам. Задания к расчетным работам.

Владет: - аналитическими и численными методами решения задач оптимизации.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов (подготовка к лабораторным работам), выполнение расчетных работ.	Задания к практическим занятиям и лабораторным работам. Задания к расчетным работам.
---	---	---

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-27

Код ПК-27	Формулировка компетенции: Способность выполнять работы по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем и средств автоматизации и управления, оборудования, выявлять их резервы, определять причины недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, осуществлять меры по их устранению и повышению эффективности использования
----------------------------	---

Код ПК-27.Б2.ДВ.01.2	Формулировка дисциплинарной части компетенции: Способность выполнять работы по выявлению резервов технологических процессов и производств, систем управления, оборудования при их проектировании и эксплуатации, находить решения по повышению эффективности использования и оптимизации их характеристик.
---------------------------------------	--

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<i>В результате освоения компетенции студент</i> Знает: - модели, методы и средства анализа и разработки математического обеспечения автоматизированных систем; - математические модели и методы для анализа расчетов, оптимизации детерминированных и случайных явлений и процессов в объектах проектирования и управления;	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению лекционного материала.	Вопросы для текущего и промежуточного контроля. Вопросы к зачёту.
Умеет: - обосновывать выбор метода решения формализованной задачи; - грамотно и аргументировано представлять результаты решения	Практические занятия. Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов (подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам), выполнение расчетных работ.	Задания к практическим занятиям и лабораторным работам. Задания к расчетным работам.

Владеет: - навыками формализации типовых задач оптимизации; - навыками применения аналитических методов и методов математического программирования для решения задач оптимизации с использованием приложений пакетов «компьютерной математики»; - навыками анализа и интерпретации оптимальных решений.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов (подготовка к лабораторным работам), выполнение расчетных работ.	Задания к практическим занятиям и лабораторным работам. Задания к расчетным работам.
--	---	---

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		6 семестр	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная работа	48	48
	- в том числе в интерактивной форме		
	- лекции (Л)	16	16
	- в том числе в интерактивной форме		
	- практические занятия (ПЗ)	16	16
	- в том числе в интерактивной форме		
	- лабораторные работы (ЛР)	16	16
	- в том числе в интерактивной форме		
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5	5
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	55	55
	- подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, лабораторным)	25	25
	- подготовка отчетов по лабораторным работам (практическим занятиям)	14	14
	- расчетные работы (РР)	16	16
4	Итоговая аттестация по дисциплине: <i>зачет</i>		
5	Трудоёмкость дисциплины, всего:		
	в часах (ч)	108	108
	в зачётных единицах (ЗЕ)	3	3

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Но- мер учеб- ного моду- ля	Номер разде- ла дис- цип- лины	Номер те- мы дисци- плины	Количество часов (очная форма обучения)							Трудоём- кость, ч / ЗЕ
			Аудиторная работа				КСР	ито- говая атте- ста- ция	СРС	
			всего	Л	ПЗ	ЛР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		Введение	0,5	0,5					1	1,5
	1	1	8	2	2	4			8	16
		2	10	2	4	4			14	24
	2	3	1	1					2	3
		4	3	1	2				2	5
	Итого по модулю:		22,5	6,5	8	8	2		25	49,5/1,38
	3	5	3	2	1				1	4
		6	2	1	1				5	7
		7	8	2	2	4			9	17
	4	8	8	2	2	4			10	18
9		4	2	2				4	8	
Заключение		0,5	0,5					1	1,5	
Итого по модулю:		25,5	9,5	8	8	3		30	58,5/1,62	
Итоговая аттестация:								зачет		
Всего:			48	16	16	16	5		55	108 / 3

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Введение. Л – 0,5 ч., СРС – 1 ч.

Классификация параметров технологических процессов как объектов оптимизации. Эффективность технологических процессов, критерии оптимальности в задачах оптимизации технологических процессов.

Модуль 1. Методы безусловной оптимизации в задачах управления и проектирования химико-технологических процессов

Раздел 1. Методы оптимизации, основанные на классическом анализе функций многих переменных.

Л – 4 ч., ПЗ – 6 ч., ЛР – 8 ч., СРС – 20 ч.

Тема 1. Оптимизация теплообменных процессов.

Критерии оценки эффективности теплообменных аппаратов. Формулировка задач оптимизации теплообменных процессов. Алгоритмы оптимизации теплообменников типа «смешение – вытеснение», «вытеснение – вытеснение». Параметрическая идентификация теплообменников поисковыми методами.

Тема 2. Оптимизация химических реакторов

Оптимизация равновесных экзотермических реакций, осуществляемых в реакторах идеального смешения и вытеснения. Оптимальный температурный профиль в реакторе идеального вытеснения. Оптимизация многосекционных реакторов с адiabатическими слоями катализатора, алгоритм оптимизации.

Селективность химических процессов, ее использование для выбора оптимальных условий проведения реакций в реакторах идеального смешения и идеального вытеснения, в каскаде реакторов идеального смешения, алгоритмы оптимизации.

Раздел 2. Оптимизация технологических процессов по критерию в форме обобщенного полинома.

Л – 2 ч., ПЗ – 2 ч., СРС – 4 ч.

Тема 3. Геометрическое программирование.

Критерии оптимальности в форме обобщенного полинома в задаче геометрического программирования. Общая схема решения задач методом геометрического программирования. Алгоритм решения задач оптимизации.

Тема 4. Оптимизация циклических технологических процессов методом геометрического программирования.

Периодический процесс фильтрации, фазы цикла фильтрации. Алгоритм расчета оптимального цикла фильтрации по критерию «время переработки фильтрата».

Модуль 2. Методы условной оптимизации и декомпозиции задач управления химико-технологическими процессами и системами

Раздел 3. Оптимизация технологических процессов при наличии ограничений на управления.

Л – 5 ч., ПЗ – 4 ч., ЛР – 4 ч., СРС – 15 ч.

Тема 5. Оптимальное распределение материальных и тепловых потоков на параллельно работающие технологические аппараты.

Формулировка задачи распределения материальных и тепловых потоков как задачи условной оптимизации с ограничениями в форме равенств. Алгоритм управления распределением потоков на основе метода неопределенных множителей Лагранжа.

Тема 6. Метод неопределенных множителей Лагранжа в задачах оптимизации химических реакторов.

Оптимизация распределения объемов в каскаде изотермических реакторов. Оптимизация по критерию «выход целевого продукта» распределения потока сырья на параллельно работающие реакторы для проведения последовательных реакций.

Тема 7. Метод «штрафов» в задачах оптимизации с ограничениями на управления.

Формирование функции «штрафов» для критерия оптимальности технологических процессов с ограничениями на управления в форме равенств и неравенств. Метод «оврагов» целевой функции.

Раздел 4. Декомпозиция задач оптимизации многостадийных технологических процессов и химико-технологических систем.

Л – 4 ч., ПЗ – 4 ч., ЛР – 4 ч., СРС – 14 ч.

Тема 8. Динамическое программирование в задачах оптимизации многостадийных процессов.

Комбинаторные задачи. Принцип оптимальности Беллмана для дискретных процессов. Математическая формулировка принципа оптимальности. Общая схема решения задач методом динамического программирования. Оптимизация распределения объемов в каскаде реакторов.

Тема 9. Явная и неявная декомпозиция задач оптимального управления химико-технологическими системами.

Метод явной декомпозиции. Общая схема решения задач методом явной декомпозиции, алгоритм метода.

Метод неявной декомпозиции. Общая схема решения задач методом неявной декомпозиции. Алгоритм метода.

Заключение. Л – 0,5 ч., СРС – 1 ч.

Актуальные проблемы оптимизации химико-технологических процессов и производств как объектов управления.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1.	1	Методика решения задач оптимизации теплообменника типа «смешение-вытеснение» и прямоточного теплообменника типа «вытеснение-вытеснение» по критерию «обобщенная стоимость» единицы поверхности теплообмена и единицы массы теплоносителя»
2.	2	Методика решения задач оптимизации экзотермических равновесных химических реакций, осуществляемых в трубчатых и многозонных реакторах.
3.	2	Методика решения задач оптимизации параллельных химических реакций, осуществляемых в реакторах идеального смешения, идеального вытеснения и в каскаде реакторов идеального смешения с учетом селективности реакций.
4.	4	Методика решения задач оптимизации периодических процессов методом геометрического программирования.
5.	5, 6	Формулировка задач условной оптимизации технологических процессов с ограничениями в форме равенств на управление. Методика решения задач методом неопределенных множителей Лагранжа.
6.	8	Методика применения принципа оптимальности Беллмана для оптимизации многостадийных процессов
7.	7	Метод «штрафов» в задачах условной оптимизации технологических процессов с ограничениями на управления в форме равенств и неравенств.
8	9	Методики явной и неявной декомпозиции задачи оптимального управления СХТС

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1.	1	Определение коэффициента теплопередачи математической модели статического режима работы противоточного трубчатого теплообменника методами нелинейного программирования.
2.	2	Решение задач оптимизации математических моделей химических процессов в математическом пакете Matlab методами нелинейного программирования.
3.	7	Поиск экстремума целевой функции при ограничениях в форме равенств и неравенств с применением метода «штрафов».
4.	8	Решение задачи оптимизации распределения давления по ступеням сжатия многоступенчатого реактора с применением метода динамического программирования в математическом пакете Matlab.

4.5 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.4 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
<i>Введение</i>	Подготовка к аудиторным занятиям	1
1	Подготовка к аудиторным занятиям	3
	Подготовка отчетов по лабораторным работам.	3
	Выполнение расчетной работы	2
2	Подготовка к аудиторным занятиям	3
	Подготовка отчетов по лабораторным работам.	3
	Выполнение расчетной работы	6
3	Подготовка к аудиторным занятиям	2
4	Подготовка к аудиторным занятиям	2
5	Подготовка к аудиторным занятиям	1
6	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Выполнение расчетной работы	4
7	Подготовка к аудиторным занятиям	3
	Подготовка отчетов по лабораторным работам.	4
	Выполнение расчетной работы	2
8	Подготовка к аудиторным занятиям	4
	Подготовка отчетов по лабораторным работам.	4
	Выполнение расчетной работы	2
9	Подготовка к аудиторным занятиям	4
<i>Заключение</i>	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Итого: в ч / в 3Е	54/1,5

4.5.1 Перечень тем курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены.

4.5.2 Самостоятельное изучение теоретического материала

Не предусмотрено.

4.5.3 Расчетные работы

Перечень тем расчетных работ

Тема 1:

1. Определить оптимальные по критерию «затраты на хладагент и теплообменник с учетом его амортизации» значения расхода хладагента и площади поверхности теплообмена при заданных расходе и температурах на входе и выходе горячего теплоносителя для теплообменника типа «смешение-вытеснение».

Тема 2:

1. Определить оптимальный расход реагентов в проточном реакторе идеального смешения для проведения реакции типа $A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_2} S$ при заданных объеме реактора и значениях констант скоростей по критерию «выход целевого продукта Р».
2. Определить оптимальную температуру проведения обратимой реакции вида $A \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} P$ в проточном реакторе идеального смешения при заданных зависимостях констант скоростей от температуры в форме уравнения Аррениуса и значениях расхода реагентов и объема реактора, взяв в качестве критерия оптимальности выход продукта Р.
3. Определить оптимальный расход реагентов в проточном аппарате идеального смешения для проведения реакции вида $S \xleftarrow{k_2} A \xrightarrow{k_1} P$ при заданных значениях объема реактора, порядков и констант скоростей обеих реакций, концентрации исходного компонента А на входе в реактор, используя в качестве критерия оптимальности выход компонента Р.

Тема 6:

1. Определить оптимальное распределение объемов (объемов жидкой реагирующей среды) реакторов в каскаде реакторов идеального перемешивания для проведения жидкофазной реакции $A \xrightarrow{k} \text{продукты}$, при котором суммарный объем реакторов был бы минимальным при заданных степени превращения компонента А на выходе из реактора, значении константы скорости и объемном расходе реагентов (Для решения задачи использовать метод неопределенных множителей Лагранжа).
2. Рассчитать оптимальное распределение потока сырья на систему параллельно работающих реакторов идеального смешения для проведения реакции типа $A \xrightarrow{k_1} P \xrightarrow{k_2} S$, при заданных числе реакторов в системе, их объемах, суммарной нагрузке по сырью, значениях констант скоростей реакций, используя в качестве критерия выход целевого продукта Р (Для решения задачи использовать метод неопределенных множителей Лагранжа).

Тема 7:

1. Записать, используя метод «штрафов», целевую функцию для решения задачи определения условного экстремума критерия оптимальности, заданного аналитической функцией, при ограничениях на управления заданных

аналитически нелинейными равенствами и неравенствами (Задачу поиска условного экстремума решить с использованием программ пакета Matlab при выполнении соответствующей лабораторной работы по дисциплине).

Тема 8:

1. Рассчитать оптимальное распределение давления по ступеням сжатия многоступенчатого компрессора с учетом недоохлаждения при заданных числе ступеней сжатия, давлениях на входе и выходе компрессора (Для решения задачи использовать принцип оптимальности Беллмана для многостадийных процессов).

5 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активной форме обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя и вовлекаемые в дискуссию. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические и лабораторные занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области; формируются группы (команды); каждое практическое занятие проводится по своему алгоритму. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний, полученных при изучении дисциплины, для решения реальных задач принятия решений по управлению автоматизированными технологическими процессами, основанных на применении математических методов исследования операций и компьютерного моделирования.

Проведение практических и лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся 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 планированию и направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия

6. Управление и контроль освоения компетенций

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится в следующих формах:

- контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущих занятий;
- опрос.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных компетенций

Промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольные работы (модуль 1, 2);
- защита лабораторных работ (модуль 1,2);
- выполнение расчетных работ (модуль 1, 2)

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Зачёт

Условия проставления зачёта по дисциплине.

Зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведённого текущего и промежуточного контроля и при условии выполнения всех практических занятий, лабораторных и расчетных работ.

Экзамен

Не предусмотрен

Фонд оценочных средств, включающий типовые задания для практических и лабораторных работ, типовые задания для индивидуальных заданий, вопросы к контрольным работам, методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблицу планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входит в состав УМКД на правах отдельного документа.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 – Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	ТК	ПК	ПЗ	ЛР	РР	зачет
В результате освоения дисциплины студент знает:						
- математические модели задач оптимизации химико-технологических процессов и систем, учитывающие их физические и физико-химические закономерности;	+	+				+
- математические методы анализа, моделирования и решения экстремальных задач в химической технологии;	+	+				+
- численные методы математического программирования решения задач оптимизации;	+	+				+
- методы декомпозиции задач оптимизации химико-технологических систем;	+	+				+
- модели, методы и средства анализа и разработки математического обеспечения автоматизированных систем;	+	+				
- математические модели и методы для анализа расчетов, оптимизации детерминированных и случайных явлений и процессов в объектах проектирования и управления;	+	+				
умеет:						
- выполнять анализ химико-технологических процессов и систем как объектов оптимизации;			+	+	+	+
- осуществлять постановку и математическую формализацию описания задач оптимизации;			+	+	+	+
- применять математические методы для аналитического и численного решения задач оптимизации химико-технологических процессов и систем;			+	+	+	+
- осуществлять постановку и математическую формализацию описания задач формализации;			+	+	+	+
- обосновывать выбор метода решения формализованной задачи;			+	+	+	+
- грамотно и аргументировано представлять результаты решения;			+	+	+	+

владеет:						
- аналитическими и численными методами решения задач оптимизации;				+	+	+
- навыками формализации типовых задач оптимизации;				+	+	+
- навыками применения аналитических методов и методов математического программирования для решения задач оптимизации с использованием приложений пакетов «компьютерной математики»;				+	+	+
- навыками анализа и интерпретации оптимальных решений.				+	+	+

Примечание.

ТК – текущий контроль в форме контрольной работы по теме, опроса (оценка знаний);

ПК – промежуточный контроль в форме контрольной работы по модулю (оценка знаний);

ПЗ – практические занятия (оценка умений и навыков);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений и навыков);

РР – расчетные работы (оценка умений и навыков).

7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

[illegible]

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б2.ДВ.01.2 «Методы оптимизации химико-технологических процессов» (индекс и полное название дисциплины)	Математический и естественнонаучный цикл (цикл дисциплины) ☐ обязательная ☒ по выбору студента ☐ базовая часть цикла ☒ вариативная часть цикла
220700.62 (код направления подготовки / специальности)	Автоматизация технологических процессов и производств / Автоматизация химико-технологических процессов и производств (полное название направления подготовки / специальности)
АТПП/АТП (аббревиатура направления / специальности)	Уровень подготовки ☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр Форма обучения ☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
<u>2011</u> (год утверждения учебного плана ООП)	Семестр(ы) 6
<u>Шумихин Александр Георгиевич</u> (фамилия, инициалы преподавателя) химико-технологический (факультет) автоматизации технологических процессов и производств (кафедра)	<u>профессор</u> (должность) <u>239-15-06</u> (контактная информация)
Количество групп <u>1</u> Количество студентов <u>25</u>	

СПИСОК ИЗДАНИЙ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1 Основная литература		
1.	Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2008. – 415с.	25
2.	Методы исследования операций : учебное пособие / Б. А. Есипов .— 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург[и др.] : Лань, 2013 .— 299 с., 15,96 усл. печ. л. : ил. — (Учебники для вузов, Специальная литература) .— Библиогр.: с. 294-296 .	18 + ЭБС «Лань»
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1.	Гольдштейн А.Л. Теория принятия решений. Задачи и методы исследования операций и принятия решений : учебное пособие для вузов; ПГТУ.— 2-е изд., испр. — Пермь : Изд-во ПГТУ, 2009 .— 360 с.: ил. — Основ. обозначения: с. 360	117
2.	Методы оптимизации в химической технологии : учебное пособие для вузов / А.И. Бояринов, В.В. Кафаров .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Химия, 1975 .— 575 с. : ил.	43
3.	Основы автоматизированного проектирования химических производств / В.В. Кафаров, В.Н. Ветохин ; Академия наук СССР, Отделение информатики, вычислительной техники и автоматизации; Под ред. И.М. Макарова .— Москва : Наука, 1987 .— 623 с. : ил.	23
2.2 Периодические издания		
2.3 Нормативно-технические издания		
2.4 Официальные издания		
2.5 Электронные информационно-образовательные ресурсы		
	Электронно-библиотечная система «Издательство Лань» http://e.lanbook.com/books/	

Основные данные об обеспеченности на 12.09.2015 г.
(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)

Основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки



Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на

(дата контроля литературы)

основная литература

☐

обеспечена

☐

не обеспечена

дополнительная литература

☐

обеспечена

☐

не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

8.2 Компьютерные обучающие и контролирующие программы

Не предусмотрены.

8.3 Аудио- и видео-пособия

Не предусмотрены.

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1.	Компьютерный класс	Каф. АТП	308а	36	8
2.	Компьютерный класс	Каф. АТП	308б	36	8

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1.	Компьютеры типа Pentium IV с ЖК мониторами, каждый, локальной сетью с выходом в Internet, лицензионным программным обеспечением.	16 (+4 резерв)	Оперативное управление	308а, 308б

Лист регистрации изменений

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



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

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**
Химико-технологический факультет
Кафедра автоматизации технологических процессов

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой автоматизации
технологических процессов

д-р техн. наук, проф.

 А.Г. Шумихин
Протокол заседания кафедры № 1
«16» сентября 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы оптимизации химико-технологических процессов»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического и прикладного бакалавриата

Направление 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Профили подготовки бакалавра:	Автоматизация химико-технологических процессов и производств Автоматизация химико-технологических процессов
Квалификация выпускника:	бакалавр
Выпускающая кафедра:	Автоматизация технологических процессов
Форма обучения:	очная

Курс: 3 **Семестр(ы):** 6

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	<u>3</u> ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	<u>108</u> ч

Виды контроля:

Экзамен: — Зачёт: — 6 сем. Курсовой проект: — Курсовая работа: —

Пермь 2016

Учебно-методический комплекс дисциплины «Методы оптимизации химико-технологических процессов» разработан на основании:

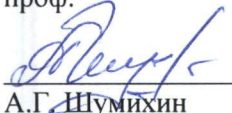
- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «12» марта 2015 г. номер приказа 200 по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» (уровень бакалавриата);

- компетентностных моделей выпускника ОПОП по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», профилям «Автоматизация химико-технологических процессов и производств», «Автоматизация химико-технологических процессов», утверждённых «24» июня 2013г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);

- базовых учебных планов очной формы обучения по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», профилям «Автоматизация химико-технологических процессов и производств», «Автоматизация химико-технологических процессов», утверждённых «28» апреля 2016 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин Математика, Физика, Химия, Экология, Теоретическая механика, Прикладная механика, Материаловедение, Технологические процессы автоматизированных производств 1, Моделирование систем и процессов, Органическая химия, Организация и планирование автоматизированных производств, Теоретические основы химических процессов, Физическая химия, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1	содержание стр. 1 изложить в редакции, приведенной на стр. 1а. содержание стр. 2 (абзацы 2-4) изложить в редакции, приведенной на стр. 2а. измены шифры и формулировки компетенций (стр. 3, 6, 7, 8). Изменения внесены на основании перехода на ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.04, утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 12.03.2015 г. № 200: - профессиональную компетенцию ОК-10 считать общепрофессиональной компетенцией ОПК-1 с формулировкой «способность использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда»; - профессиональную компетенцию ПК-27 считать общепрофессиональной компетенцией ОПК-4 с формулировкой «способностью участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения»; наименование раздела 1.4 «Место учебной дисциплины в структуре профессиональной подготовки выпускников» изложить в следующей редакции: «Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы»; в первом абзаце раздела 1.4 заменить слова «математического и естественнонаучного цикла дисциплин» на «Блока 1. Дисциплины (модули)». наименование раздела 2 «Требования к результатам освоения учебной дисциплины» изложить в следующей редакции: «Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы». раздел 3 «Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы» дополнить новым абзацем следующего содержания: «Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 3 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1». в табл.3.1: а) строку п.1 «Аудиторная работа» дополнить словами «(контактная работа)»; б) строку п.4 «Итоговая аттестация по дисциплине» изложить в следующей редакции: «Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине».	Протокол заседания кафедры № 1 от 16 сентября 2016 г. Зав. кафедрой «Автоматизация технологических процессов» д-р техн. наук, проф.  А.Г. Шумихин

в табл. 4.1:

а) в строке п.1 «Количество часов (очная форма обучения)» дополнить словами «и виды занятий»;

б) в столбце 9 заменить слово «итоговая аттестация» на «итоговый контроль»;

в) в строке 4 заменить слово «Итоговая» на «Промежуточная».

п. 4.5 «Виды самостоятельной работы студентов» считать п.5 с наименованием «Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины».

п.5 дополнить словами:

«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. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.

5. 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.»

табл.4.4 «Виды самостоятельной работы студентов» считать табл.5.1;

п.4.5.1 «Перечень тем курсовых работ (проектов)» считать п.5.1; п.4.5.2 «Самостоятельное изучение теоретического материала» считать п.5.2; п.4.5.3 «Расчётные работы» считать п.5.3; п.5 «Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций» считать п.5.4;

наименование раздела 6 «Управление и контроль освоения компетенций» изложить в следующей редакции:

«Фонд оценочных средств дисциплины».

последний абзац п.6.3 дополнить словами «входят в состав РПД в виде приложения».

наименование раздела 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» изложить в следующей редакции: «Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине».

заменить в тексте раздела 8:

- слова «Математический и естественнонаучный цикл» на «Блок 1. Дисциплины (модули)»;

- код направления «220700.62» на «15.03.04»;

- добавить профиль «Автоматизация химико-технологических процессов»;

изменить название раздела «Список изданий» на «8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины».

наименование п.2.5 «Электронные информационно-образовательные ресурсы» изменить на пункт 2.5 с наименованием «Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины».

дополнить п.2.5 таблицы строками:

Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета
[Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон.

	документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014- . – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/. – Загл. с экрана. Консультант Плюс [Электронный ресурс : справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992– . – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный. раздел 8.2 «Компьютерные обучающие и контролирующие программы» считать раздел 8.3 и наименование изложить в следующей редакции: «Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине». после раздела 8.3 «Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине» включить подраздел 8.3.1 «Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы» наименование раздела 9 изложить в следующей редакции: «Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине».	