

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет имени  
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по Од

А.А. Папфилов

« 02 » 09 2019 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование и оптимизация химико-технологических систем

Направление подготовки: 18.04.01 Химические технологии

Профиль/ программа подготовки: Химическая технология переработки  
пластических масс и композиционных материалов

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: заочная

Семестр	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лек- ций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
2	3/108		4	10	94	Зачет с оценкой
Итого	3/108		4	10	94	Зачет с оценкой

Владимир 2019 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** освоения дисциплины «Моделирование и оптимизация химико-технологических систем» является научить студентов: использовать современные методы оптимизации при создании новых технологических процессов и реконструкции действующих предприятий; использовать возможности вычислительной техники и новых компьютерных технологий при решении технологических задач.

### Задачи освоения дисциплины

В процессе изучения дисциплины студент должен освоить основные понятия и определения о химико-технологической системе, ее параметрах методы оптимизации технологических процессов; применение ЭВМ и новых компьютерных технологий при выполнении технологических расчетов для конкретных процессов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина « Моделирование и оптимизация химико-технологических систем » входит в базовую часть учебного плана.

Пререквизиты дисциплины:

- математика;
- информатика;
- процессы и аппараты химической технологии;
- общая химическая технология.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<b>ОК-1</b> способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу.	Частичное	<b>Знать:</b> элементы и этапы математического моделирования; <b>уметь:</b> анализировать информацию, полученную в ходе эксперимента и обработки данных; <b>владеть:</b> навыками расчета химико-технологических процессов и систем.
<b>ОПК-4</b> готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, теоретическому	Частичное	<b>Знать:</b> методы оптимизации, постановку задачи оптимизации; <b>уметь:</b> применять методы и принципы оптимизации для решения конкретных задач химической технологии; <b>владеть:</b> методами использования пакетов прикладных программ для решения задач оптимизации.

анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез		
<b>ПК-3</b> способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты.	Частичное	<b>Знать:</b> современные методы и методики, применяемые в задачах оптимизации; <b>уметь:</b> применять методы и принципы оптимизации для решения конкретных задач проектирования, моделирования, оптимизации химико-технологических систем; <b>владеть:</b> методами использования пакетов прикладных программ для решения задач оптимизации, методами их сравнительного анализа и оценкой эффективности их применения.

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 час.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабор. занятия	СРС	КР/КП		
1	<b>Тема № 1.</b> Введение. Роль математического моделирования в решении задач оптимизации	2	20				21			
2	<b>Тема № 2.</b> Постановка задачи оптимизации. Критерий оптимальности	2	21		2		21			Рейтинг-контроль №1
3	<b>Тема № 3.</b> Классификация методов оптимизации и их характеристика	2	21		2		21	2/100		Рейтинг-контроль №2

4	<b>Тема № 4.</b> Решение задач оптимизации с помощью команд системы MATLAB	2	22			10	31		10/100	Рейтинг-контроль №3
	<b>Всего за 2-й семестр:</b>	2			4	10	94		12/86	Зачет с оценкой
	Наличие в дисциплине КР/КП					–				
	<b>Итого по дисциплине</b>	2			4	10	94		12/86	Зачет с оценкой

### Содержание практических занятий по дисциплине

#### Тема № 2.

##### Содержание практических занятий.

Объект оптимизации, выбор управляемых переменных. Ограничения на переменные. Критерий оптимальности (целевая функция). Математическая формулировка задачи оптимизации.

#### Тема № 3.

##### Содержание практических занятий.

Аналитические методы оптимизации.

а) аналитический поиск экстремума (используется для отыскания экстремума функции, допускающей дифференцирование, без ограничений);

б) метод неопределенных множителей Лагранжа (используется для нахождения экстремумов дифференцируемых функций с ограничениями в виде равенств);

в) вариационное исчисление (используется для нахождения оптимальных значений управляющих переменных при наличии ограничений на область управления; например, для нахождения оптимального температурного режима для обратимых и последовательных экзотермических реакций);

Методы математического программирования:

а) методы нелинейного программирования (градиентный метод; метод наискорейшего спуска; метод сканирования, «золотого сечения»);

б) методы линейного программирования (постановка задач линейного программирования и их геометрическая интерпретация).

### Содержание лабораторных занятий по дисциплине

#### Тема № 10.

##### Содержание лабораторных занятий

Методы нелинейного программирования (метод сканирования, градиентный метод; метод наискорейшего спуска; симплекс - метод).

Методы нелинейного программирования являются наиболее общим и мощным способом оптимизации. Применимы для любого вида оптимизируемой функции и при наличии ограничений в любой форме. На основании использования методов нелинейного программирования получают итерационные алгоритмы расчета, хорошо приспособленные для решения на ПК.

Методы линейного программирования (графический и расчетный) применяются для оптимальной организации процессов. Применение методов оптимизации для расчета конкретных технологических процессов.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «*Моделирование и оптимизация химико-технологических систем*» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция ( тема № 2, тема № 3);*
- *Применение имитационных моделей ( тема № 4);*
- *Разбор конкретных ситуаций (темы № 1, 2, 3, 4).*

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **Рейтинг-контроль №1**

1. Что такое ограничения, накладываемые на переменные?
  - а) дополнительные условия в виде равенств или неравенств
  - б) условия в виде функций
  - в) дифференциальные уравнения
2. Задача оптимизации: нахождение условий, обеспечивающих выполнение экстремального значения:
  - а) только одной целевой функции
  - б) двух целевых функций
  - в) двух и более целевых функций
3. К какому виду параметров относятся возмущающие параметры  $Z$ ?
  - а) к входным неконтролируемым параметрам
  - б) к входным контролируемым параметрам
  - в) к параметрам состояния
4. Что характеризует критерий оптимальности?
  - а) качество работы аппарата
  - б) продолжительность процесса
  - в) условия работы аппарата
5. К какому классу методов оптимизации относится метод неопределенных множителей Лагранжа?
  - а) к аналитическим методам
  - б) к методам математического программирования
  - в) к линейному программированию
6. К какому классу методов оптимизации относится метод сканирования?
  - а) к аналитическим методам
  - б) к методам нелинейного программирования
  - в) к линейному программированию
7. К какому классу методов оптимизации относится метод вариационного исчисления?
  - а) к аналитическим методам
  - б) к методам математического программирования
  - в) к линейному программированию
8. К какому классу методов оптимизации относится метод «золотого сечения»?
  - а) к аналитическим методам
  - б) к методам нелинейного программирования
  - в) к линейному программированию

9. Аналитический поиск экстремума на основании анализа. Что лежит в основе этого метода?

а) условие нахождения экстремума функции многих переменных – это обращение в нуль частных производных функции в точке экстремума.

б) решение дифференциального уравнения

в) решение алгебраического уравнения.

10. Когда используется метод неопределенных множителей Лагранжа

а) когда на управляющие переменные накладываются ограничения в форме равенств

б) когда на управляющие переменные накладываются ограничения в форме неравенств

в) когда нет никаких ограничений

## Рейтинг-контроль №2

1. Что такое глобальный минимум?

а) самый минимальный из всех минимумов

б) находящийся вблизи точки поиска

в) то же самое, что и локальный

2. Что такое локальный минимум?

а) самый минимальный из всех минимумов

б) находящийся вблизи точки поиска

в) то же самое, что и глобальный

3. Как задается целевая функция в задачах линейного программирования?

а) в виде линейной функции нескольких переменных

б) в виде дифференциального уравнения

в) в виде нелинейной функции

4. К какому классу методов оптимизации относится градиентный метод?

а) к аналитическим методам

б) к методам нелинейного программирования

в) к линейному программированию

5. К какому классу методов оптимизации относится метод наискорейшего спуска?

а) к аналитическим методам

б) к методам нелинейного программирования

в) к линейному программированию

6. Какой метод оптимизации используется при решении транспортной задачи?

а) аналитические методы

б) методы математического программирования

в) линейное программирование

7. К какому классу методов оптимизации относится метод «сканирования»?

а) к аналитическим методам

б) к методам нелинейного программирования

в) к линейному программированию

8. К какому классу методов оптимизации относится метод вариационного исчисления?

а) к аналитическим методам

б) к методам математического программирования

в) к линейному программированию

9. К какому классу методов оптимизации относится метод «золотого сечения»?

а) к аналитическим методам

б) к методам нелинейного программирования

в) к линейному программированию

10. Когда используется метод неопределенных множителей Лагранжа

а) когда на управляющие переменные накладываются ограничения в форме равенств

- б) когда на управляющие переменные накладываются ограничения в форме неравенств
- в) когда нет никаких ограничений

### Рейтинг-контроль №3

1. Условие нахождения экстремума функции многих переменных
  - а) обращение в нуль частных производных функции в точке экстремума.
  - б) обращение в нуль вторых производных функции
  - в) когда производные больше нуля
2. Вид экстремума для функции одной переменной определяется:
  - а) по знаку второй производной, если  $R''(U) > 0$ , то *min*, если  $R''(U) < 0$ , то *max*
  - б) по знаку второй производной, если  $R''(U) < 0$ , то *min*, если  $R''(U) > 0$ , то *max*
3. К какому классу методов оптимизации относится метод вариационного исчисления?
  - а) к аналитическим методам
  - б) к методам математического программирования
  - в) к линейному программированию
4. К какому классу методов оптимизации относится метод «золотого сечения»?
  - а) к аналитическим методам
  - б) к методам нелинейного программирования
  - в) к линейному программированию
5. Что понимается под экономической оценкой эффективности технологических процессов
  - а) или прибыль, или себестоимость
  - б) минимальная продолжительность процесса
  - в) условия проведения процесса
6. Какая команда системы MATLAB находит минимум функции одной переменной?
  - а) `fminbnd()`
  - б) `fmin()`
  - в) `fminsearch()`
7. Какая команда системы MATLAB находит минимум функции нескольких переменных?
  - а) `fminsearch()`
  - б) `fmin()`
  - в) `fminbnd()`
8. Когда применяется метод динамического анализа?
  - а) для оптимизации многостадийных процессов
  - б) для решения транспортной задачи
  - в) для решения экономической задачи
9. Условие нахождения экстремума функции многих переменных
  - а) обращение в нуль частных производных функции в точке экстремума.
  - б) обращение в нуль вторых производных функции
  - в) когда производные больше нуля
10. Что такое глобальный минимум?
  - а) самый минимальный из всех минимумов
  - б) находящийся вблизи точки поиска
  - в) то же самое, что и локальный

### Самостоятельная работа

Тема № 1 Экономическая оценка эффективности технологических процессов  
Тема № 2

1. Распространенные ошибки при постановке задачи оптимизации.
2. Прибыль в качестве критерия оптимальности.
3. Норма прибыли в качестве критерия оптимальности

4. Норма рентабельности капиталовложений в качестве критерия оптимальности

#### Тема № 3

1. Общая характеристика методов решения задач оптимизации

2. Метод динамического программирования (применяется для оптимизации многостадийных процессов: процессы ректификации, абсорбции, экстракции, в тарельчатых колоннах или секционированных аппаратах).

3. Принцип максимума Л.С.Понтрягина (применяется для решения широкого класса задач оптимального расчета и управления химико-технологическими системами).

4. Связь принципа максимума с другими методами оптимизации.

5. Чувствительность оптимума.

6. Особенности методов нелинейного программирования.

7. Симплексный метод.

8. Общая характеристика методов случайного поиска.

9. Сравнение различных методов оптимизации.

#### Тема № 4

1. Общие сведения о системе MATLAB

2. Общие правила составления целевых функций на основе математических описаний технологических процессов.

### **Вопросы к зачету с оценкой**

1. Роль математического моделирования при решении задач оптимизации.

2. Общая постановка задачи оптимизации.

3. Критерий оптимальности или целевая функция.

4. Дополнительные условия (ограничения) при решении задач оптимизации

5. Классификация методов оптимизации.

6. Краткая характеристика аналитического поиска экстремума.

7. Характеристика и особенности метода неопределенных множителей Лагранжа

8. Принцип максимума Л.С.Понтрягина (применяется для решения широкого класса задач оптимального расчета и управления химико-технологическими процессами). Суть метода.

9. Алгоритм расчета задач методом сканирования.

10. Метод «золотого сечения». Характеристика метода.

11. Линейное программирование. Задачи линейного программирования.

12. Графическая интерпретация метода линейного программирования.

13. Градиентные методы поиска экстремума.

14. Экономическая оценка эффективности технологических процессов

15. Распространенные ошибки при постановке задачи оптимизации.

16. Прибыль в качестве критерия оптимальности.

17. Общая характеристика методов решения задач оптимизации

18. Связь принципа максимума с другими методами оптимизации.

19. Чувствительность оптимума.

20. Особенности методов нелинейного программирования.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.



## 7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
Основная литература			
1. <b>Кафаров, Виктор Вячеславович.</b> Методы кибернетики в химии и химической технологии : учебник для вузов / В. В. Кафаров .— Изд. 4-е, перераб. и доп .— Москва : Химия,— 448 с . : ил. — (Для высшей школы) .— Библиогр.: с. 414.	1985	5	
2. Моделирование технологических и природных систем. Под ред. Ю.Т.Панова. Учебное пособие – Тамбов: Изд-во Першина Р.В.	2014	35	
3 <b>Закгейм, Александр Юделевич.</b> Введение в моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / А. Ю. Закгейм .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва :	1982	40	
Дополнительная литература			
1. <b>Ахназарова, Светлана Лазаревна.</b> Методы оптимизации эксперимента в химической технологии : учебное пособие для вузов / С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров .— Изд. 2-е, перераб. и доп. — Москва : Высшая школа, 1985 .— 327 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 318.	1985	53	
2. <b>Барабанов, Николай Николаевич.</b> Расчеты химико-технологических процессов в системе MatLab : учебное пособие / Н. Н. Барабанов, В. Т. Земскова ;	2011		<a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/3052">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/3052</a>

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ). — Владимир : — 102 с. : ил., табл. — Имеется электронная версия. — Библиогр.: с. 101.			
<b>3. Кафаров, Виктор Вячеславович.</b> Математическое моделирование основных процессов химических производств : учебник для вузов / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. — Москва : Высшая школа. — 400 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 365-366. — ISBN 5-06-002066-5.	1991	7	

## 7.2. Периодические издания

1. Известия высших учебных заведений: науч.-техн. журн. Химия и химическая технология. Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново: [б. и.], ISSN 0579-2991.

## 7.3. Интернет-ресурсы

1. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]/А.М. Гумеров, Н.Н. Валеев, В.М.Емельянов. – М: КолосС, 2008, <http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785953206310-SCN0004.html>

3. Плохотников К.Э. Вычислительные методы. Теория и практика в среде Matlab: курс лекций. Учебное пособие. – М.: Инфа-М. 2013. 496 с. (электр. ресурс <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203548.html>).


4. Прикладные информационные технологии: Учебное пособие/Е.Л.Федотова, Е.М. Портнов. – М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М. 2013. (Электр. Ресурс <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=392462>)


5.Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов: Учебное пособие/А.Ю.Закгейм. – 3-е изд., перераб. и

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ


Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий практического и лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации. Лабораторные и практические занятия проводятся в специализированном компьютерном классе (ауд. 320, 1 корпус)

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения Windows 7; Microsoft Open License 62857078; MS Office 2010 Microsoft Open License 65902316, Matlab – 12.

Рабочую программу составил доцент кафедры ХТ  Земского В.Т.


Рецензент: Директор ООО «Техполон»  Е.Ю.Рубцова

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТ  
протокол № 01 от 09.09 2019 года.

Заведующий кафедрой  Ю.Т.Панов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической  
комиссии направления 18.04.01 Химическая технология

протокол № 01 от 02.09.20 19 года.

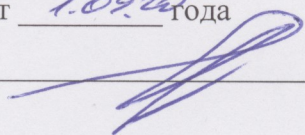
Председатель комиссии  Ю.Т.Панов

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2020/21 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.20 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_