

Министерство образования и науки 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.Панфилов

« 22 » 04 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ХИМИКО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
СИСТЕМ**

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

Магистерская программа «Химическая технология переработки пластических масс и композиционных материалов»

Уровень высшего образования магистратура

Форма обучения очная

Семестр	Трудо- емкость зач. ед./час.	Лекций, час.	Лабора- т. работ, час.	Практиче- ские заня- тия, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет), час
2	3/108	-	36	18	54	Зачет с оценкой
Итого	3/108	-	36	18	54	Зачет с оценкой

Владимир, 2016

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

С каждым годом все более актуальной становится проблема повышения эффективности научных исследований. Из математической теории эксперимента, доказавшей за последнее двадцатилетие эффективность своих рекомендаций практически во всех областях науки и техники, следует, что опытные работы могут быть *оптимизированы* без привлечения дополнительных капитальных вложений. Курс «Моделирование и оптимизация химико-технологических систем» предполагает ознакомление с такими этапами исследования, разработки и внедрения в производство прогрессивных решений для оптимизации химико-технологических систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана подготовки магистра. Курс «Моделирование и оптимизация химико-технологических систем» является одной из дисциплин, завершающих теоретическую подготовку магистров. Знания, полученные в данном курсе необходимы для дальнейшего профессионального развития.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### 1) Знать

- методы абстрактного мышления, математического моделирования материалов и технологических процессов и природных систем (ОК-1, ОПК-4).

### 2) Уметь:

- использовать методы математического моделирования материалов и технологических процессов и природных систем, применять их к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез (ОК-1, ОПК-4).

### 3) Владеть:

- готовностью разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку (ОК-1, ОПК-4).

В процессе ознакомления дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:

способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

готовностью к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез (ОПК-4);

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часа.

№ п/п	Раздел 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 (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Консультации	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Тема 1 Структура и элементы ХТС	2	1				4		2		2/50	
2	Тема 2 Анализ, интерпретация и поиск оптимума по однофакторной модели	2	2				4		2		2/50	
3	Тема 3. Двухфакторная модель второго порядка	2	3				4		2		2/50	
4	Тема 4 Эффекты взаимодействия	2	4				4		2		2/50	
5	Тема 5 Блок-схемы для определения оптимума	2	5				4		2		2/50	
6	Тема 6 Моделирование и оптимизация ХТС для 3-х факт модели	2	6			2			4			Рейтинг-контроль 1
7	Лекция 7 Интуитивное и алгоритмизированное планирование эксперимента	2	7				4		4		2/50	
8	Тема 8 Факторное пространство и кодирование переменных	2	8				4		4		2/50	

№ п/п	Раздел 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 (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Консультации	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС			КП / КР
9	Тема 9 Локально-интегральные модели	2	9				4		4		2/50	
10	Тема 10 Общие положения регрессионного анализа	2	10				4		4		2/50	
11	Тема 11 Проверка адекватности модели	2	11			2			2			
12	Тема 12 Планирование эксперимента	2	12			2			2			Рейтинг-контроль 2
13	Тема 13 Основные принципы выбора и построения планов моделей	2	13			2			2			
14	Тема 14. Планы для построения неполных квадратичных	2	14			2			2			
15	Тема 15. Планы для построения квадратичных моделей	2	15			2			2			
16	Тема 16. Моделирование и оптимизация химико-технологической системы производства пористых пленок из поливинилхлорида	2	16			2			2			

№ п/п	Раздел 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 (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Консультации	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС			КП / КР
17	Тема 17. Шестифакторный план Рехтшафнера	2	17			2			2		2/50	
18	Тема 18. Оптимизация модели и оценка степени влияния факторов на выход (на примере синтеза стекол для ячеистых композитов)	2	18			2			2		2/50	Рейтинг-контроль 3
Итого (108 ч):						18	36		54			Зачет с оценкой

#### 4.1. Теоретический курс

##### 4.1. Перечень тем лабораторных занятий (36час)

Содержание	час
Тема 1 Структура и элементы ХТС	4
Тема 2 Анализ, интерпретация и поиск оптимума по однофакторной модели	4
Тема 3. Двухфакторная модель второго порядка	4
Тема 4 Эффекты взаимодействия	4
Тема 5 Блок-схемы для определения оптимума	4
Тема 7 Интуитивное и алгоритмизированное планирование эксперимента	4
Тема 8 Факторное пространство и кодирование переменных	4
Тема 9 Локально-интегральные модели	4

#### 4.1. Перечень тем практических занятий (18час)

Содержание	час
Тема 6 Моделирование и оптимизация ХТС для 3-х факт модели	2
Тема 10 Общие положения регрессионного анализа	2
Тема 11 Проверка адекватности модели	2
Тема 12 Планирование эксперимента	2
Тема 13 Основные принципы выбора и построения планов моделей	2
Тема 14. Планы для построения неполных квадратичных	2
Тема 15. Планы для построения квадратичных моделей	2
Тема 16. Моделирование и оптимизация химико-технологической системы производства пористых пленок из поливинилхлорида	2
Тема 17. Шестифакторный план Рехтшафнера	2
Тема 18. Оптимизация модели и оценка степени влияния факторов на выход (на примере синтеза стекол для ячеистых композитов)	2

#### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине «Моделирование и оптимизация химико-технологических систем» используются различные образовательные технологии:

1. *Информационно-развивающие технологии*, направленные на овладение большим запасом знаний, запоминание и свободное оперирование ими.

Используется лекционно-семинарский метод, самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

2. *Деятельностные практико-ориентированные технологии*, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при проведении экспериментальных исследований, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность.

3. *Развивающие проблемно-ориентированные технологии*, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности про-

блемно мыслить, видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения.

Используются виды проблемного обучения: освещение основных проблем на лекциях, учебные дискуссии, коллективная мыслительная деятельность в группах при выполнении лабораторных работ,

*Личностно-ориентированные технологии обучения*, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента при выполнении домашних индивидуальных заданий, подготовке индивидуальных отчетов по лабораторным работам.

4. Для целенаправленного и эффективного формирования запланированных компетенций у обучающихся, выбраны следующие сочетания форм организации учебного процесса и методов активизации образовательной деятельности:

- при выполнении лабораторных работ: работа в команде, метод выборочных ответов, исследовательский метод, анализ конкретных ситуаций (case-study);

- при чтении лекций: интерактивная лекция, опережающая самостоятельная работа, "мозговой штурм" (выборочно по списку группы определяются студенты, которые отвечают на вопросы преподавателя по предыдущей теме лекционного курса);

В рамках работы над содержанием дисциплины использованы следующие формы работ:

- публичная защита практических работ;

- научные студенческие конференции по итогам защиты рефератов;

- лабораторные исследования с дальнейшей интерпретацией полученных данных.

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

### **6.1. Формирование рейтинговой оценки. Критерии и методы оценки качества знаний студентов по дисциплине «Моделирование и оптимизация химико-технологических систем»»**

Текущий контроль знаний студентов осуществляется посредством рейтинговой оценки знаний студентов.

В соответствии с рейтинговой системой, текущий контроль производится трижды в течение семестра путем балльной оценки качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы) и результатов практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем, выполнение лабораторных работ).

### **Рейтинг-контроль № 1.**

1. Химическое производство как химико-технологическая система. 2. Подсистемы ХТС. 3. Элементы ХТС. 4. Анализ однофакторной полиномиальной модели второго порядка 5. Интерпритация ряда Тейлора модели. 6. Парабола, как геометрический образ однофакторной модели 7. Точное значение градиента для параболы 8. Решение типовых задач по модели параболы 9. Случаи решения компромиссных задач 10. Поверхность двухфакторной модели второго порядка 11. Построение изолиний на факторной плоскости 12. Геометрические образы поверхности второго порядка 13. Методы аналитической геометрии для определения характеристик поверхностей 14. Каноническое уравнение для центральных кривых 15. Нецентральная кривая 16. Роль эффекта взаимодействия 17. Анализ моделей взаимодействия 18. Решение задач оптимизации по К-факторным полиномиальным моделям 19. Квазифакторная парабола в изменяемых координатах 20. Блок-схема поиска оптимума. 21. Кусочно-линейная функция. 22. Графическое решение двухфакторных задач. 23. Условия задач оптимизации по К-факторным ограничениям 24. Моделирование и оптимизация ХТС для 3-х факт модели. 25. Трехмерные пространственные диаграммы 26. Матрица координат для оптимума 27. Метод плезеооптимальной стабилизации факторов 28. Неоднозначность заключений о роли факторов. 29. Сравнение функций в различных вариантах

### **Рейтинг-контроль № 2.**

1. Интуитивное и алгоритмизированное планирование эксперимента 2. Информационная таблица выходов системы 3. Закономерности воздействия на изучаемый объект 4. Методологическая специфика эксперимента 5. Методы эмпирического исследования 6. Пассивный эксперимент 7. Активный эксперимент 8. Факторное пространство и кодирование переменных 9. Понятие факторного пространства 10. Перевод натуральных переменных в кодированные 11. Оценка истинных экспериментов 12. Принцип равенства интервалов при варьировании факторов 13. Зависимость  $x_i$  от числа уровней. 14. Локально-интегральные модели 15. Метод наименьших квадратов 16. Число эффектов в линейных, квадратичных, и неполных кубических моделях 17. Вектор наблюдений 18. Информационная матрица 19. Система нормальных уравнений 20. Вычислительные преимущества кодированных переменных 21. Общие положения регрессионного анализа. 22 Точечная оценка коэффициентов 23. Регрессионный анализ 24. Дисперсия оценок и коэффициент корреляции 25. Эллипсоид рассеивания 26. Формулы, необходимые для формулировки критериев оптимальности планов. 27. Число степеней свободы величин 28. Проверка адекватности модели 29. Формулировка нуль-гипотезы 30. Оценка технико-экономических позиций 31. Определение дисперсии предсказанного события 32 Оценка дисперсии предсказанного значения 33. Методический вывод о точности расчетов по модели. 34. Доверительный интервал выхода системы 35. Планирование эксперимента. 36. Первая особенность ковариационной  $[D]$  матрицы 37. Вторая особенность ковариационной  $[D]$  матрицы 38. Мера точности предсказания выхода 39. Обеспечение оптимальности планов. 40. Критерии определения и минимизации



дисперсии оценок коэффициентов модели. 41 Критерии, связанные с ошибкой модели в целом

### Рейтинг-контроль -3

1. Основные принципы выбора и построения планов 2. Анализ планов размерности  $K=3$   
3. План  $3 \times 3 \times 3$ . 4. Построение линейных и неполных квадратичных моделей. 5. Статистические характеристики некоторых планов 6. Схема образования трехфакторных планов.  
7. Опытные точки планов  $K=3$ . 8. Анализ 12 наиболее применяемых планов  $K=3$  9. Планы для построения неполных квадратичных моделей 10. Полный факторный эксперимент при двухуровневом варьировании. 11. Кодовые значения в таблице полного факторного эксперимента. 12. Определение коэффициентов регрессии неполной квадратичной модели 13. Генерирующие соотношения 14. Определяющий контраст 15. Планы для построения квадратичных моделей 16. Ковариационная матрица. 17. Блочная-диагональная структура матрицы.  
18. Планы Бокса  $B_k$  на кубе 19. Симметричные план типа Хартли  $Ha_5$  20. Планы Бокса-Бенкина  $BVK=3$  21. Расчетные данные к планам Бокса-Бенкина 22. Моделирование и оптимизация химико-технологической системы производства пористых пленок из поливинилхлорида 23. Факторы и уровни их варьирования. 24. Матрица плана Бокса-Бенкина. 25. Выход системы. 26. Расчет уравнений регрессии, определение значимых коэффициентов.  
27. Расчет поверхности оклика, 28. Графо-аналитический метод оптимизации системы 29. Шестифакторный план Рехтшафнера 30. Выбор факторов и уровни их варьирования 31. Планирование экспериментов и первичная обработка данных. 32. Расчет средней ошибки по всем опытам 33. Результаты экспериментов и их статистические характеристики 34. Оптимизация модели и оценка степени влияния факторов на выход (на примере синтеза стекол для ячеистых композитов). 34. Постановка задачи и моделирование. 35. Обоснование выбора 5% - ного уровня риска 36. Критические значения коэффициентов модели. 37. Построение графов связи между факторами 38. Анализ и выводы по графам. 39. Ранжирование в зоне минимума. 40. Однофакторные зависимости выходов от факторов.

### 6.2. Обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов обеспечивается учебной литературой, представленной в библиотеке ВлГУ, электронным залом ВлГУ, Интернет-ресурсами, а также учебно-методическими комплексами, представленными на сайте кафедры.

Для выполнения лабораторных работ предоставлен теоретический, графический материал, цели и задачи выполнения работ. Для подготовки к защите работ представлен перечень вопросов самоподготовки и контроля.

При подготовке к занятиям студентам представляется возможность использования видеofilьмов, программных продуктов:

- 1) электронная версия реферативных журналов ВИНТИ;
- 2) электронная версия методических указаний к лабораторным работам, созданная на кафедре ХТ.

Отчеты по лабораторным работам оформляются студентами при использовании ПЭВМ.

<b>Темы для самостоятельного обучения</b>
Тема 1 Структура и элементы ХТС
1. Химическое производство как химико-технологическая система. 2. Подсистемы ХТС. 3. Элементы ХТС.
Тема 2 Анализ, интерпретация и поиск оптимума по однофакторной модели
1. Анализ однофакторной полиномиальной модели второго порядка 2. Интерпретация ряда Тейлора, модели. 3. Парабола, как геометрический образ однофакторной модели 4. Точное значение градиента для параболы 5. Решение типовых задач по модели параболы 6. Случаи решения компромиссных задач
Тема 3. Двухфакторная модель второго порядка
1. Поверхность двухфакторной модели второго порядка 2. Построение изолиний на факторной плоскости 3. Геометрические образы поверхности второго порядка 4. Методы аналитической геометрии для определения характеристик поверхностей 5. Каноническое уравнение для центральных кривых
Тема 4 Эффекты взаимодействия
1. Нецентральная кривая 2. Роль эффекта взаимодействия 3. Анализ моделей взаимодействия 4. Решение задач оптимизации по К-факторным полиномиальным моделям 5. Квазифакторная парабола в изменяемых координатах
Тема 5 Блок-схемы для определения оптимума
1. Блок-схема поиска оптимума. 2. Кусочно-линейная функция. 3. Графическое решение двухфакторных задач. 4. Условия задач оптимизации по К-факторным ограничениям.
Тема 6 Моделирование и оптимизация ХТС для 3-х факт модели
1. Трехмерные пространственные диаграммы 2. Матрица координат для оптимума 3. Метод плезиооптимальной стабилизации факторов 4. Неоднозначность заключений о роли факторов. 5. Сравнение функций в различных вариантах
Тема 7 Интуитивное и алгоритмизированное планирование эксперимента
1. Информационная таблица выходов системы 2. Закономерности воздействия на изучаемый объект 3. Методологическая специфика эксперимента 4. Методы эмпирического исследования 5. Пассивный эксперимент 6. Активный эксперимент
Тема 8 Факторное пространство и кодирование переменных
1. Понятие факторного пространства 2. Перевод натуральных переменных в кодированные 3. Оценка истинных экспериментов 4. Принцип равенства интервалов при варьировании факторов 5. Зависимость $x_i$ от числа уровней.
Тема 9 Локально-интегральные модели
1. Метод наименьших квадратов 2. Число эффектов в линейных, квадратичных, и неполных кубических моделях 3. Вектор наблюдений 4 Информационная матрица 5. Система нормальных уравнений 6. Вычислительные преимущества кодированных переменных
Тема 10 Общие положения регрессионного анализа
1. Точечная оценка коэффициентов 2. Регрессионный анализ 3. Дисперсия оценок и коэффициент корреляции 4. Эллипсоид рассеивания 5. Формулы, необходимые для формулировки критериев оптимальности планов. 6. Число степеней свободы величин
Тема 11 Проверка адекватности модели
1. Формулировка нуль-гипотезы 2. Оценка технико-экономических позиций 3. Определение дисперсии предсказанного события 4. Оценка дисперсии предсказанного значения 5. Методический вывод о точности расчетов по модели. 6. Доверительный интервал

выхода системы
<p style="text-align: center;">Тема 12 Планирование эксперимента</p> <p>1. Первая особенность ковариационной <math>[D]</math> матрицы 2. Вторая особенность ковариационной <math>[D]</math> матрицы 3. Мера точности предсказания выхода 4. Обеспечение оптимальности планов. 5. Критерии определения и минимизации дисперсии оценок коэффициентов модели. 6. Критерии, связанные с ошибкой модели в целом</p>
<p style="text-align: center;">Тема 13 Основные принципы выбора и построения планов</p> <p>1. Анализ планов размерности <math>K=3</math> 2. План <math>3 \times 3 \times 3</math>. 4. Построение линейных и неполных квадратичных моделей. 5. Статистические характеристики некоторых планов 6. Схема образования техфакторных планов. 7. Опытные точки планов <math>K=3</math>. 8. Анализ 12 наиболее применяемых планов <math>K=3</math></p>
<p style="text-align: center;">Тема 14. Планы для построения неполных квадратичных моделей</p> <p>Полный факторный эксперимент при двухуровневом варьировании. 2. Кодовые значения в таблице полного факторного эксперимента. 3. Определение коэффициентов регрессии неполной квадратичной модели 4. Генерирующие соотношения 5. Определяющий контраст</p>
<p style="text-align: center;">Тема 15. Планы для построения квадратичных моделей</p> <p>Ковариационная матрица. 2. Блочно-диагональная структура матрицы. 3. Планы Бокса <math>B_k</math> на кубе 4. Симметричные план типа Хартли <math>Ha_5</math> 5. Планы Бокса-Бенкина <math>BB_k</math> 6. Расчетные данные к планам Бокса-Бенкина</p>
<p style="text-align: center;">Тема 16. Моделирование и оптимизация химико-технологической системы производства пористых пленок из поливинилхлорида</p> <p>1. Факторы и уровни их варьирования. 2. Матрица плана Бокса-Бенкина. 3. Выход системы. 4. Расчет уравнений регрессии, определение значимых коэффициентов. 5. Расчет поверхности отклика, 6. Графо-аналитический метод оптимизации системы</p>
<p style="text-align: center;">Тема 17. Шестифакторный план Рехтшафнера</p> <p>1. Выбор факторов и уровни их варьирования 2. Планирование экспериментов и первичная обработка данных. 3. Расчет средней ошибки по всем опытам 4. Результаты экспериментов и их статистические характеристики</p>
<p style="text-align: center;">Тема 18. Оптимизация модели и оценка степени влияния факторов на выход (на примере синтеза стекол для ячеистых композитов)</p> <p>1. Постановка задачи и моделирование. 2. Обоснование выбора 5% - ного уровня риска 3. Критические значения коэффициентов модели. 4. Построение графов связи между факторами 5. Анализ и выводы по графам. 6. Ранжирование в зоне минимума. 7. Однофакторные зависимости выходов от факторов.</p>

### 6.3 Вопросы к зачету с оценкой

1. Химическое производство как химико-технологическая система. Анализ однофакторной полиномиальной модели второго порядка
2. Решение типовых задач по модели параболы
3. Поверхность двухфакторной модели второго порядка
4. Анализ моделей взаимодействия
5. Блок-схема поиска оптимума. 6. Условия задач оптимизации по  $K$ -факторным ограничениям
7. Моделирование и оптимизация ХТС для 3-х факт модели.
8. Метод плезиооптимальной стабилизации факторов

9. Информационная таблица выходов системы
10. Методы эмпирического исследования
11. Перевод натуральных переменных в кодированные
11. Оценка истинных экспериментов
12. Число эффектов в линейных, квадратичных, и неполных кубических моделях
13. Вычислительные преимущества кодированных переменных
14. Общие положения регрессионного анализа.
15. Формулы, необходимые для формулировки критериев оптимальности планов.
16. Определение дисперсии предсказанного события
17. Доверительный интервал выхода системы
18. Планирование эксперимента, особенности ковариационной  $[D]$  матрицы
19. Обеспечение оптимальности планов.
20. Анализ планов размерности  $K=3$
21. Анализ 12 наиболее применяемых планов  $K=3$
9. 22. Определение коэффициентов регрессии неполной квадратичной модели
23. Планы Бокса-Бенкина  $BB K=3$
24. Моделирование и оптимизация химико-технологической системы производства пористых пленок из ПВХ
25. Графо-аналитический метод оптимизации
26. Оптимизация модели и оценка степени влияния факторов на выход (на примере синтеза стекол для ячеистых композитов).
27. Постановка задачи и моделирование.
28. Обоснование выбора 5% - ного уровня риска
29. Критические значения коэффициентов модели.
33. Построение графов связи между факторами. Анализ и выводы по графам.

Промежуточная аттестация (зачет с оценкой) проводится в конце семестра также путем балльной оценки. Итоговый рейтинг определяется суммированием баллов текущей оценки в течение семестра и баллов промежуточной аттестации в конце семестра по результатам зачета. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

При оценке знаний студентов преподаватель должен руководствоваться следующими критериями для обеспечения объективного подхода к выставлению оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно»:

- оценка «отлично» выставляется за глубокие, исчерпывающие ответы на вопросы экзаменационного билета, изложенные последовательно, грамотно, с обоснованием представленных положений, использованием не только конспекта лекций и учебника, но и монографической литературы;

- оценка «хорошо» выставляется за правильные ответы на вопросы экзаменационного билета, причем они должны быть изложены грамотно и по существу вопроса, без существенных неточностей;

- оценка «удовлетворительно» выставляется за такие ответы, в которых частично изложен основной материал, но не приводятся детали, допущены неточности в формулировках, нарушена последовательность изложения, допущено недостаточное знание практических вопросов;

- оценка «неудовлетворительно») выставляется за отсутствие ответов на два вопроса билета, или неполные ответы на них, в которых допущены существенные ошибки.

Пересчет итогового рейтингового балла в оценку приведен в таблице.

*Таблица*

Шкала пересчета итогового рейтингового балла в оценку

Итоговый рейтинговый балл	Оценка
$\geq 91$	отлично
75-90	хорошо
61-74	удовлетворительно
$<60$	неудовлетворительно

## **7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **а) основная литература**

- 1 Моделирование технологических и природных систем: учебное пособие[текст].  
/Е.В.Ермолаева, Г.Н.Замараева, В.Т. Земсковад общ ред. Ю.Т.Панова и Н.С. Попова-Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2014.- 154 с.
- 2 Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] / Ас. М. Гумеров, Н. Н. Валеев, Аз. М. Гумеров, В. М. Емельянов. - М. : КолосС, 2013. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) -  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953206310.html>
- 3 Математическое моделирование динамической прочности конструкционных материалов [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Белов Н.Н., Копаница Д.Г., Югов Н.Т. - М. : Издательство АСВ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939811.html>
- 4 Математическое моделирование в механике сплошных сред [Электронный ресурс] / Р. Темам, А. Миранвиль ; пер. с англ. - 2-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2014. - (Математическое моделирование). - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323128.html>
- 5 Компьютерное моделирование и оптимизирование составов композиционных строительных материалов [Электронный ресурс] : Монография / В.В. Белов, А.Н. Бобрышев, В.Т. Ерофеев, И.В. Образцов, А.А. Бобрышев, А.И. Меркулов, П.С. Ерофеев, И.Н. Максимова, Д.А. Меркулов. - М. : Издательство АСВ, 2015. -  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300683.html>

#### **б) дополнительная литература**

- 1 Методы математического и физического моделирования процессов деревообработки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р.Р. Хасаншин. - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788216713.html>
- 2 Компьютерное моделирование. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] / Королёв А.Л. - М. : БИНОМ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996322558.html>
- 3 Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р.Г. Сафин, А.И. Иванов, Н.Ф. Тимербаев. - Казань : Издательство КНИТУ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788214122.html>
- 4 Методы математического и физического моделирования процессов деревообработки [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р.Р. Хасаншин. - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788216713.html>
- 5 Моделирование и оптимизация полимерных материалов [Электронный ресурс] / Лушейкин Г. А. - М. : КолосС, 2009. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953207461.html>

#### **в) периодические издания:**

- журнал «Известия ВУЗов. Химия и химическая технология»;
- журнал «Химическая промышленность сегодня»;
- журнал «Фундаментальные проблемы современного материаловедения»;
- журнал «Бутлеровские сообщения»;
- журнал «Башкирский химический журнал»;
- журнал «Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология»;
- журнал «Современные наукоемкие технологии»

#### **г) интернет-ресурсы:**

- сайты ведущих научных журналов по химической технологии;
- электронные библиотечные системы студенческая электронная библиотека «Консультант студента. (бесплатный доступ через электронную библиотеку ВлГУ).

### **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

#### **ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

- 1) аудитории и лабораторий кафедры для проведения лабораторных и практических занятий.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 18.04.01 «Химическая технология», магистерская программа «Химическая технология переработки пластических масс и композиционных материалов»

Рабочую программу составил д.т.н., профессор

Христофоров А.И.

Рецензент  
зам. генерального директора по  
научно -технологическому развитию  
ЗАО«Компания «СТЭС», к.т.н

Лазарев Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТ.

пр. № 8 т 22.04.16 года

Заведующий кафедрой, д.т.н., профессор

Панов Ю.Т.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 18.04.01 «Химическая технология», магистерская программа «Химическая технология переработки пластических масс и композиционных материалов»

пр. № 6/1 от 22.04.16 года

Председатель комиссии, д.т.н., профессор

Панов Ю.Т.

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ

#### РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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 \_\_\_\_\_

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

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Рецензия**  
**на рабочую программу дисциплины «Моделирование и оптимизация ХТС» для магистров**  
**направления 18.04.01 «Химическая технология» очной формы обучения**  
**профессора кафедры ХТ Христофорова А.И.**

На рецензирование представлена рабочая программа дисциплины «Моделирование и оптимизация ХТС» профессора Христофорова А.И. для студентов направления 18.04.01 «Химическая технология» очной формы обучения.

В рабочей программе четко сформулирована цель освоения студентами данной дисциплины и задачи, выполнение которых позволяет достигнуть обозначенную цель.

В соответствии с ФГОС ВО в программе перечислены компетенции, в формировании которых участвует данная дисциплина. Определены и четко согласованы с соответствующими компетенциями результаты образования.

Объем дисциплины соответствует учебному плану направления. Тематический план дисциплины представлен с разбиением по неделям, с указанием количества всех форм занятий, в том числе в интерактивной форме. Перечислены контрольные мероприятия текущей и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины. В части содержания дисциплины тематический план представлен достаточно подробно, что позволяет составить представление о материале лабораторных и практических занятий, и сделать вывод о том, что содержание дисциплины полностью соответствует современным тенденциям развития науки и техники в области химической технологии.

В рабочей программе содержатся оценочные средства в виде вопросов для проведения рейтинг-контроля и к зачету с оценкой, которые позволяют преподавателю объективно оценить результаты освоения дисциплины в процессе и в конце обучения. Даны методические указания и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента как неотъемлемой составной части образовательного процесса.

Описаны технологии обучения, применяемые автором для активизации образовательного процесса для всех форм занятий: лабораторных и практических занятий, самостоятельной работы.

В рабочей программе перечислена учебно-методическая литература, рекомендованная автором для изучения дисциплины: основная, которая формирует основные результаты образования и заявленные компетенции, и дополнительная (в том числе интернет-ресурсы), необходимая для более глубокого освоения основных положений дисциплины и развития творческих и интеллектуальных способностей студентов.

Заявленное в рабочей программе материально-техническое обеспечение позволяет реализовать заявленные задачи дисциплины и достигнуть поставленной цели.

Таким образом, представленная рабочая программа дисциплины «Моделирование и оптимизация ХТС» профессора Христофорова А.И. составлена в полном соответствии с требованиями ФГОС ВО и может быть использована при подготовке магистров направления 18.04.01 «Химическая технология».

Рецензент:

зам. генерального директора по  
научно-технологическому развитию  
ЗАО «Компания «СТЭС», к.т.н.



Лазарев Е.В.