

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 образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 03 » 09 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ»**

Направление подготовки -15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Профиль/программа подготовки - «Автоматизация технологических процессов и производств»

Уровень высшего образования – бакалавриат

Форма обучения - очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
4	3/108	18	18		72	зачет
Итого	3/108	18	18		72	зачет

Владимир 2019

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Моделирование систем и процессов» является освоение дисциплинарных компетенций по основам моделирования систем и процессов, которые позволят студентам успешно решать теоретические и практические задачи в профессиональной деятельности, связанной с построением моделирования систем и процессов, сформировать у студентов знания, умения и навыки, обеспечивающие развитие способностей по построению моделирования систем и процессов, реализуемых при автоматизации технологических процессов и производств.

Задачи: освоение теории и методов математического моделирования с учетом требований системности; освоение навыков организовать моделирование систем на современных средствах вычислительной техники; умение анализировать модель на ее адекватность.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование систем и процессов» относится к вариативной части учебного плана.

Пререквизиты дисциплины: «Математика», «Физика», «Основы программирования и алгоритмизация автоматических систем», «Теория автоматического управления».

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)
1	2	3
ОПК-3	частичное освоение	знать: современные тенденции развития изучаемых программно-информационных средств и методов моделирования; уметь: работать с каким-либо из основных типов программных систем, предназначенных для математического и имитационного моделирования; владеть: современными инструментами моделирования.
ПК-7	частичное освоение	знать: классификацию модели систем и процессов, их виды и виды моделирования; принципы и методологию функционального, имитационного и математического моделирования систем и процессов; методы построения математических моделей, их упрощения; технические и программные средства моделирования; уметь: использовать основные методы построения математических моделей процессов, систем, их элементов и систем управления; владеть: навыками использования современных программных средств для построения математических моделей; навыками моделирования сложных технологических объектов.

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов

№ 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	Лабораторные работы	СРС		
1	Основные понятия и определения.	4	1-2	2	2		8	2/50	
2	Классификация моделей и методов моделирования.	4	3-4	2	2		8	2/50	
3	Теоретические основы моделирования.	4	5-6	2	2		8	2/50	Рейтинг контроль № 1
4	Элементы теории подобия.	4	7-8	2	2		8	2/50	
5	Критерии подобия.	4	9-10	2	2		8	2/50	
6	Методы идентификации.	4	11-12	2	2		8	2/50	Рейтинг контроль № 2
7	Планирование эксперимента.	4	13-14	2	2		8	2/50	
8	Цифровое моделирование.	4	15-16	2	2		8	2/50	
9	Технология моделирования сложных систем.	4	17-18	2	2		4	2/50	Рейтинг контроль № 3
Всего за 4 семестр:				18	18		72	18/50	Зачет
Наличие в дисциплине КП/КР									
Итого по дисциплине				18	18		72	18/50	Зачет

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Тема 1. Основные понятия и определения.

Содержание темы: Основные понятия и определения. Этапы моделирования. Цели, подходы. подход Системный подход.

Тема 2. Классификация моделей и методов моделирования.

Содержание темы: Абстрактные (мысленные) модели; Материальные модели. Материальное моделирование, имитационное моделирование.

Тема 3. Теоретические основы моделирования.

Содержание темы: Условное моделирование Аналогия Аналогичное моделирование.

Тема 4. Элементы теории подобия.

Содержание темы: Понятие подобия Подобие физических процессов (объектов) Виды подобия. Теория размерности.

Тема 5. Критерии подобия.

Содержание темы: Определение критериев подобия. Преобразование критериев подобия. Этапы определения критериев подобия. Подобное моделирование. Классификация видов подобия и моделирования. Подобное моделирование САУ.

Тема 6. Методы идентификации.

Содержание темы: общие аспекты задачи оценивания параметров, оценивание по методу наименьших квадратов, методы оценивания по настраиваемой модели, использование обобщенной модели, оценивание параметров и состояний.

Тема 7. Планирование эксперимента.

Содержание темы: типы экспериментов, моделирование как основа эксперимента. Условия получения модели, Обработка результатов экспериментов. Их достоверность. Проверка адекватности модели.

Тема 8. Цифровое моделирование.

Содержание темы: Алгоритм цифрового моделирования. Этапы проектирования цифровой модели. Гибридное моделирование.

Тема 9. Технология моделирования сложных систем.

Содержание темы: Разработка математической модели исходной САУ, Анализ качества исходной САУ, синтез корректирующих устройств, анализ качества скорректированной САУ.

Содержание практических занятий по дисциплине

Тема 1. Основные понятия и определения.

Содержание практических занятий: Изучение теплофизических характеристик материала. Настройка модели.

Тема 2. Классификация моделей и методов моделирования.

Содержание практических занятий: Предварительный расчет. Выбор модели.

Тема 3. Теоретические основы моделирования.

Содержание практических занятий: Определение режимных параметров обработки по скорости. $T(v)$

Тема 4. Элементы теории подобия.

Содержание практических занятий: Определение режимных параметров обработки по мощности. $T(P)$

Тема 5. Критерии подобия.

Содержание практических занятий: Определение режимных параметров обработки по радиусу пятна. $T(r_n)$

Тема 6. Методы идентификации.

Содержание практических занятий: Определение режимных параметров обработки по скорости. $T(v)$ при $A1 \triangleright A2$

Тема 7. Планирование эксперимента.

Содержание практических занятий:

Тема 8. Цифровое моделирование.

Содержание практических занятий: Аппроксимация данных. Построение полиномиальной модели.

Тема 9. Технология моделирования сложных систем.

Содержание практических занятий: Исследование математической модели САУ процессом лазерного термического упрочнения (*MatLAB*).

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Моделирование систем и процессов» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Интерактивная лекция (темы № 1-3, 5, 7-9);
- Анализ ситуаций (тема № 4);
- Разбор конкретных ситуаций (темы № 6, 7).

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

Текущий контроль успеваемости

Вопросы к рейтинг-контролю № 1

1. Кто из известных ученых первым подошел к обоснованию законов подобия?
Леонардо да Винчи
Галилей
Ньютон
Фурье
2. Исследование переходных процессов в энергетических системах относится к *физическому* моделированию?
3. Что является критерием адекватности модели?
4. Исследования временных и частотных характеристик САУ, проведенных при выполнении лабораторных работ по ТАУ включают себя следующие этапы моделирования:
1, 2, 3, 4, 5, 6
1, 2, 3, 4
1, 4
5. Выберите, какие цели моделирования были поставлены при выполнении лабораторных работ по ТАУ?
 1. обоснование достоверности математических описаний;
 2. получение функциональных связей между величинами;
 3. сравнение конечного числа стратегий решения индивидуальной проблемы, т.е. ответ на вопросы: что будет, если...?;
 4. идентификация моделируемой системы;
 5. оптимизация модели. Выбор целевых функций;
 6. применение моделирования для обучения и тренировки.
6. Какая из задач моделирования соответствует исследованию замкнутых САУ?
Анализ – прямая
Анализ – обратная
Синтез – обратная
Индуктивная
7. Какой из подходов решения задач моделирования относится к дедуктивному?
Классический
Системный
Нет правильных ответов
8. К какому типу моделей относится граф описывающий отношение двух множеств?
Символическая модель
Иконическая
образно-знаковая
знаковая
9. Можно ли считать передаточную характеристику колебательного звена считать функциональной моделью маятника?
Да
Нет
10. Все ЭВМ являются *материальными подобными* моделями.
11. Если у реального технического объекта есть внутренние параметры, которые могут принимать случайные значения в пределах допусков, то для моделирования поведения данного объект применяется *стохастический* метод.
12. Какой метод (с точки зрения непрерывности) используется для моделирования САУ?
Непрерывный
Дискретный
Непрерывно-дискретный

Вопросы к рейтинг-контролю № 2

1. Перечислите содержание основных этапов «технологического цикла» математического моделирования технического объекта.
2. Каковы особенности построения РС (содержательной модели) ТО?
3. Что понимают под иерархией ММ по отношению к одному и тому же ТО?
4. Какую роль играет упрощенный вариант ММ ТО при проведении вычислительного эксперимента?
5. Какое свойство ММ позволяет установить «родство» между различными отраслями знаний?
6. К какому типу задач относится проверочный расчет?
7. К какому типу задач относится проектировочный расчет?
8. Охарактеризуйте задачу идентификации.
9. От каких параметров зависит точность ММ?
10. Какие параметры определяют полноту модели?
11. В каком случае область адекватности ММ будет равна $\emptyset$?
12. В противоречие с какими свойствами ММ вступает требование экономичности?
13. Что может являться причиной низкой робастности ММ?
14. Какие требования предъявляются к точности измерений исходных данных, чтобы ММ считалась продуктивной?
15. Какое свойство ММ является желательным, но не обязательным? Пояснить.
16. Что является критерием правильности моделирования?
17. Найдите соответствие между целями моделирования и его этапами.
18. К какому классу задач относится задачи оптимизации? Поясните.
19. Может ли быть оригинал проектируемым объектом? Что такое оригинал?
20. Какой подход моделирования применяется при моделировании САУ? Пояснить.
21. Согласно классификации моделей к какому типу моделей относится следующий пример: частицы газа в виде упругих шаров.
22. Согласно классификации моделей к какому типу моделей относится следующий пример: все виды макетов кораблей, самолетов.
23. Согласно классификации моделей к какому типу моделей относится следующий пример: макет самолета в аэродинамической трубе.
24. Согласно классификации моделей к какому типу моделей относится следующий пример: карта.
25. Согласно классификации моделей к какому типу моделей относится следующий пример: *RLC*-цепочка.
26. Согласно классификации моделей к какому типу моделей относится следующий пример: чертежи, графы, структурные формулы.
27. Согласно классификации моделей к какому типу моделей относится следующий пример: физические и химические формулы.
28. Какой математический аппарат лежит в основе стохастического моделирования?
29. Какие математические аппараты лежат в основе непрерывного и дискретного моделирований?
30. Какой метод моделирования применяется при моделировании САУ?

Вопросы к рейтинг-контролю № 3

1. Как рассчитать число различных состояний «черного ящика»?
2. Что такое функции отклика? Как выбрать ее и построить?
3. Какой эксперимент называется экстремальным и почему?
4. Сколько составляет КПД проведения эксперимента без применения математических методов планирования эксперимента?
5. В каком случае эксперимент на объекте может быть заменен экспериментом на модели?
6. В чем заключается идея метода Бокса-Уилсона?
7. Для каких моделей используется имитационное моделирование? Какой метод моделирования используется для планирования эксперимента?
8. Как стандартизовать шкалу частных откликов? Что такое обобщенный отклик? Как осуществляется нивелировка частных откликов?
9. С каким свойством фактора связаны выбор его размерности и точности его фиксирования?

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

Вопросы к зачету

1. Основные понятия и определения
2. Этапы моделирования
3. Цели моделирования
4. подходы к решению задач моделирования
5. Классификация моделей по 1 признаку
6. Классификация моделей по 2 признаку
7. Классификация видов моделирования (по детерминированность, динамичность, непрерывность)
8. Классификация видов моделирования (по форма-представление)
9. Роль математического моделирования в технике
10. Математическая модель и ее свойства
11. Иерархия математических моделей и формы их представления
12. Условное моделирование
13. Аналогия и аналогичное моделирование
14. Понятие подобия. Подобие физических процессов (объектов)
15. Виды подобия. Основные положения теории размерности
16. Критерии подобия. Определение критериев подобия при известном математическом описании
17. Определение критериев подобия с использованием теории размерности (при неизвестном математическом описании)
18. Преобразование критериев подобия
19. Автомодельность. Подобное моделирование. Этапы процесса подобного моделирования.
20. Классификация видов подобия и моделирования
21. Подобное моделирование САУ
22. Методы идентификации и структурная идентификация. Параметрическая идентификация
23. Планирование эксперимента
24. Способы математического описания систем автоматизации электроприводов
25. Моделирование нелинейных функций.
26. Общая методика моделирования на АВМ
27. Цифровое моделирование. Гибридное моделирование
28. Имитационное моделирование. Аналитические модели

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Текущая и опережающая СРС состоит в проработке лекционного материала, подготовке к защите лабораторных работ, подготовке к контрольной работе, тестированию и рейтинг-контролю.

Задания к контрольной работе

Цель выполнения контрольных работ – приобретение навыков составления планов, обработки и анализа результатов экспериментов.

На основании полного факторного плана (ПФП) эксперимента проведено исследование влияния трех факторов X_1 (радиуса пятна), X_2 (мощности лазерного излучения), X_3 (скорости обработки) на отклик (температура центре лазерного пятна) $y = f(X_1, X_2, X_3)$, где X_j - нормированные значения факторов. Определены уровни факторов, определены интервалы варьирования. В каждом очке ПФП проведено по два дублирующих опыта. Результаты откликов опытов занесены в таблицу, откуда студенты получают данные для обработки согласно варианту, в списке журнала.

Задание на контрольную работу № 1

1. Построить матрицу-таблицу плана эксперимента.
2. Пояснить организацию проведения эксперимента. Указать реальные значения факторов в точка плана эксперимента.
3. Выяснить оценки дисперсии отклика в точках плана и проверить их однородность.

Задание на контрольную работу № 2

1. Найти математическую модель объекта исследования в виде линейного полинома с учетом возможность взаимодействий между факторами.
2. оценить значимость коэффициентов уравнения регрессии.
3. Проверить адекватность полученной модели.

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
1	2	3	4
Основная литература			
1. Математическое моделирование технических систем: учебник / В.П. Тарасик. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2019. — 592 с.	2019		http://znanium.com/catalog/product/1019246
2. Планирование научного эксперимента: Учебник/В.А.Волосухин, А.И.Тищенко, 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 176 с.	2016		http://znanium.com/catalog/product/516516
3. Моделирование систем управления с применением Matlab: Учебное пособие / Тимохин А.Н., Румянцев Ю.Д; Под ред. А.Н.Тимохина - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 256 с.	2016		http://znanium.com/catalog/product/474709
Дополнительная литература			
1. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие / Н.Г. Чикуров. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 398 с.	2013		http://znanium.com/catalog/product/392652
2. Основы инженерного эксперимента: Учебное пособие / Лукьянов С.И., Панов А.Н., Васильев А.Е. - М.:ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 99 с.	2018		http://znanium.com/catalog/product/972678
3. Имитационное моделирование и системы управления: Учебно-практическое пособие / Решмин Б.И. - Вологда:Инфра-Инженерия, 2016. - 74 с.: ISBN 978-5-9729-0120-3	2016		http://znanium.com/catalog/product/760003

7.2. Периодические издания: «Моделирование систем и процессов» - научно-технический журнал ISSN 2219-0767.

7.3. Интернет-ресурсы: <http://www.studentlibrary.ru>; www.exponenta.ru.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины на кафедре АМиР имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа и занятий практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Практические работы проводятся в компьютерном классе кафедры АМиР ауд. 1146-2.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения - пакеты математического моделирования MathCad и MatLab.

Рабочую программу составил доцент кафедры АМиР Кирилина А.Н.

Рецензент (представитель работодателя)
зав. сектором ФГУП ГНПП «Крона», к.т.н. Черкасов Ю.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АМиР
Протокол № 2 от 03.09. 2019 года
Заведующий кафедрой АМиР Коростелев В.Ф.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 15.03.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств»
Протокол № 2 от 03.09. 2019 года
Председатель комиссии Коростелев В.Ф.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ
«МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ»**

Рабочая программа одобрена на 2020/21 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 01.09.20 года

Заведующий кафедрой *В.Р. Коростелев*

Рабочая программа одобрена на 2021/22 учебный год

Протокол заседания кафедры № 2 от 14.03.21 года

Заведующий кафедрой *В.Р. Коростелев*

Рабочая программа одобрена на 2022/23 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.22 года

Заведующий кафедрой *В.Р. Коростелев*

образовательной программы направления подготовки 15.03.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств»

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой _____ / _____
Подпись Ф.И.О.