

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета энергетике и систем
управления



/ А.В. Бурковский /

16.02 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Модельно-ориентированное проектирование систем»

Направление подготовки 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль Управление и информатика в технических системах

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2023

Автор программы

Ю.В. Мурзинов

Заведующий кафедрой
Электропривода,
автоматики и управления в
технических системах

В.Л. Бурковский

Руководитель ОПОП

Ю.В. Мурзинов

Воронеж 2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

формирование знаний, умений, навыков и компетенций у студентов, необходимых для функционального, имитационного и математического моделирования систем и процессов с использованием технических и программных средств.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- получить базовые представления о классификации моделей систем и процессов, методах построения математических моделей;
- знать методы построения математических моделей процессов, систем, их элементов и систем управления, современные программные средства для моделирования;
- уметь планировать модельный эксперимент и обрабатывать его результаты на персональном компьютере, использовать программные системы для математического и имитационного моделирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Модельно-ориентированное проектирование систем» относится к дисциплинам блока ФТД.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Модельно-ориентированное проектирование систем» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-5 - Способен к разработке отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-5	Знать отдельные разделы проекта на различных стадиях проектирования автоматизированных систем управления
	Уметь разрабатывать отдельные разделы проекта на различных стадиях проектирования автоматизированных систем
	Владеть способностью к разработке отдельных разделов проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Модельно-ориентированное проектирование систем» составляет 2 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Практические занятия (ПЗ)	12	12
Лабораторные работы (ЛР)	24	24
Самостоятельная работа	36	36
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	72	72
зач.ед.	2	2

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в моделирование	Основные понятия «модель», «моделирование». Классификация моделей систем и процессов, их виды и виды моделирования. Примеры моделей систем и процессов. Требования к математическим моделям. Свойства моделей. Назначение математических моделей. Этапы математического моделирования. Принципы построения математических моделей систем.	2	4	6	12
2	Методы построения математических моделей	Постановка задачи идентификации. Общая схема построения математических моделей. Экспериментальные методы идентификации моделей. Пассивные методы определения коэффициентов моделей. Формулировка метода наименьших квадратов. Отыскание параметров эмпирических формул методом наименьших квадратов. Применение активных экспериментов при идентификации моделей. Этапы проверки адекватности моделей. Критерий Фишера. Оценка точности и достоверности результатов моделирования.	2	4	6	12
3	Моделирование на различных иерархических уровнях	Цели и задачи исследования математических моделей систем. Формы представления математических моделей. Моделирование на микроуровне. Моделирование на макроуровне. Моделирование на метауровне. Методы исследования статических и динамических моделей систем.	2	4	6	12
4	Имитационное моделирование	Сущность имитационного моделирования. Основные этапы имитационного моделирования. Имитационное моделирование систем массового обслуживания. Имитационное моделирование систем управления. Объектно-ориентированное	2	4	6	12

		моделирование. Формализация процесса функционирования системы.				
5	Основные положения теории подобия	Понятие «подобие». Классификация видов подобия. Критерии подобия. Теория подобия. Теоремы подобия.	2	4	6	12
6	Технические и программные средства моделирования	Технические средства при моделировании на ЭВМ. Моделирующие установки. Состав программного обеспечения при моделировании. Примеры программных средств, используемых при проектировании и управлении.	2	4	6	12
Итого			12	24	36	72

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Применение электронной таблицы MS Excel для построения моделей.
2. Построение моделей методом корреляционно-регрессионного анализа.
3. Построение моделей систем управления методом активного планирования эксперимента.
4. Имитационное моделирование системы массового обслуживания.
5. Объектно-ориентированное моделирование.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-5	Знать отдельные разделы проекта на различных стадиях проектирования автоматизированных систем управления	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь разрабатывать отдельные разделы проекта на	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в

	различных стадиях проектирования автоматизированных систем		рабочих программах	рабочих программах
	Владеть способностью к разработке отдельных разделов проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-5	Знать отдельные разделы проекта на различных стадиях проектирования автоматизированных систем управления	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь разрабатывать отдельные разделы проекта на различных стадиях проектирования автоматизированных систем	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть способностью к разработке отдельных разделов проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. В чем отличия пассивных и активных методов идентификации?
2. Объясните разницу между параметрическими и непараметрическими методами идентификации. В чем их преимущества и недостатки?
3. Как временные характеристики могут использоваться в качестве модели системы (для предсказания реакции на произвольный входной сигнал)?
4. Какие модели называются моделями с конечной импульсной

характеристикой?

5. Что такое корреляционная функция?
6. Как связаны корреляционные функции для входа и выхода с импульсной характеристикой системы?
7. Что такое дисперсия, какой параметр сигнала она характеризует?
8. Изобразите автокорреляционную функцию белого шума, гармонического сигнала, постоянного сигнала.
9. Перечислите основные модели, применяемые для идентификации на основе типовых передаточных функций.
10. Изложите суть авторегрессионного метода идентификации.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Дельта –функция Дирака является

- a. импульсной переходной характеристикой
- b. переходной характеристикой звена
- c. импульсным сигналом с единичной площадью
- d. производной функции Хевисайда

1) a

2) b

3) a, d

4) a, d

5) c, d

2. Выходной сигнал элемента при входном воздействии типа функции Хевисайда является

- a. переходной функцией системы
- b. весовой функцией системы
- c. автокорреляционной функцией системы
- d. свободным движением системы
- e. реакцией элемента на единичный входной сигнал

1) a

2) b

3) a, d

4) a, e

5) b, e

3. Весовая функция элемента это:

- a. реакция системы на постоянный входной сигнал
- b. реакция элемента на единичный импульсный сигнал
- c. обратное преобразование Лапласа от передаточной функции
- d. прямое преобразование Лапласа от импульсного входного сигнала
- e. реакция элемента на дельта функцию Дирака

1) b

2) b, c

3) b, c, e

4) b, e

5) b, d, e

4. Переходная характеристика

- a. является производной от весовой характеристики
- b. является обратным преобразованием Лапласа от передаточной функции элемента
- c. является интегралом от весовой характеристики

1) a 2) b 3) c 4) a, b 5) b, c

5. Дисперсия случайного процесса является характеристикой:

- a. уровня, на котором колеблется случайный процесс
- b. скорости изменения случайного процесса во времени
- c. ширины коридора колебания случайного процесса
- d. уровня связи предыдущего значения случайного процесса с последующими

1) a 2) b 3) c 4) d 5) c, d

6. Ширина коридора колебания случайной величины равна

- a. дисперсии случайной величины
- b. величине случайной ошибки
- c. по правилу «трех сигм» равна 6 сигмам случайной величины

1) a 2) b 3) c 4) a, d 5) b, c

7. Приближенное значение СКО случайного процесса равно

- a. ширине коридора колебания случайной величины, деленному на 2
- b. ширине коридора колебания случайной величины, деленному на 3
- c. ширине коридора колебания случайной величины, деленному на 4
- d. ширине коридора колебания случайной величины, деленному на 6

1) a 2) b 3) c 4) d 5) c, d

8. Равномерный случайный процесс

- a. имеет равномерное значение изменения случайного процесса во времени
- b. имеет колоколообразную дифференциальную функцию распределения
- c. имеет прямоугольную дифференциальную функцию распределения
- d. имеет сигмоидальную интегральную функцию распределения

1) a 2) a, c, 3) b, d 4) c, d 5) c, e

5. График какой функции распределения представлен на рисунке:

- a. логнормальный закон распределения
 - b. нормальный закон распределения
 - c. равномерный закон распределения
 - d. показательный закон распределения
- 1) a 2) b 3) c 4) d

6. Остаточная дисперсия математической модели это:

- a. сумма квадратов отклонения расчетного значения от экспериментального
- b. дисперсия выходного сигнала с учетом дисперсии ошибки измерения
- c. дисперсия временного ряда отклонения расчетного значения от экспериментального
- d. сумма квадратов отклонений расчетного значения от экспериментального, разделенная на число степеней свободы

- 1) a 2) b 3) a, c 4) b, c 5) b, d

7. Коэффициент регрессии значим если:

- a. величина оценки превышает величину доверительного интервала
- b. оценка удовлетворяет t-критерию
- c. оценка удовлетворяет хи – квадрат критерию
- d. оценка удовлетворяет F - критерию

- 1) a, b 2) b 3) a, c 4) a, d

8. Для построения доверительного интервала среднего, коэффициента корреляции используется

- a. t-критерий b. хи – квадрат критерий c. F - критерий

- 1) a 2) b 3) c 4) a, b a, b, c

9. Основное уравнение дисперсионного анализа

- a. устанавливает связь между оценкой параметра модели и надежностью его определения
- b. позволяет определить обусловленную регрессией сумму квадратов отклонений
- c. позволяет определить коэффициент множественной корреляции
- d. позволяет определить часть дисперсии, которая описывается математической моделью

- 1) a 2) b 3) b, c 4) a, d, c 5) b, c, d

10. Значение коэффициента множественной корреляции

- a. находится в диапазоне от -1 до $+1$
- b. находится в диапазоне от 0 до 1
- c. находится в диапазоне $(0 - 1)$, умноженному на число входных факторов

- 1) a 2) b 3) c

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Что называют идентификацией систем?
2. Назовите основные этапы процедуры идентификации.
3. Назовите основные подходы к решению задачи идентификации.
4. Каким образом осуществляется регуляризация некорректно оставленных задач идентификации?
5. Назовите отличия пассивных и активных методов идентификации.
6. Как еще можно получить модель, не прибегая к идентификации?

7. Когда целесообразно применять оперативные методы идентификации?
8. Преимущества и недостатки активного и пассивного экспериментов?
9. Пример динамической модели линейного стационарного многомерного объекта?
10. Пример динамической нелинейной одномерной модели?

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.
2. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 20 баллов

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия «модель», «моделирование». Классификация моделей систем и процессов, их виды и виды моделирования. Примеры моделей систем и процессов. Требования к математическим моделям. Свойства моделей. Назначение математических моделей. Этапы математического моделирования. Принципы построения математических моделей систем.	ПК-5	Тест, защита лабораторных работ.
2	Постановка задачи идентификации. Общая схема построения математических моделей. Экспериментальные методы идентификации моделей. Пассивные методы определения коэффициентов моделей. Формулировка метода наименьших квадратов. Отыскание параметров эмпирических формул методом наименьших квадратов. Применение активных экспериментов при идентификации моделей. Этапы проверки адекватности моделей. Критерий Фишера. Оценка точности и достоверности результатов моделирования.	ПК-5	Тест, защита лабораторных работ.
3	Цели и задачи исследования математических моделей систем. Формы представления математических моделей. Моделирование на микроуровне. Моделирование на макроуровне. Моделирование на метауровне. Методы исследования статических и динамических моделей систем.	ПК-5	Тест, защита лабораторных работ.
4	Сущность имитационного моделирования. Основные этапы имитационного	ПК-5	Тест, защита лабораторных работ.

	моделирования. Имитационное моделирование систем массового обслуживания. Имитационное моделирование систем управления. Объектно-ориентированное моделирование. Формализация процесса функционирования системы.		
5	Понятие «подобие». Классификация видов подобия. Критерии подобия. Теория подобия. Теоремы подобия.	ПК-5	Тест, защита лабораторных работ.
6	Технические средства при моделировании на ЭВМ. Моделирующие установки. Состав программного обеспечения при моделировании. Примеры программных средств, используемых при проектировании и управлении.	ПК-5	Тест, защита лабораторных работ.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Кудряшов, В.С. Моделирование систем: учебное пособие [Электронный ресурс] / В.С. Кудряшов, М.В. Алексеев; Воронеж. гос. ун-т инженерных технологий. - Воронеж: ВГУИТ, 2012. - 208 с. - ISBN 978-5-89448-912-4. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book view&book id=141980>.
2. Тимохин А.Н. Моделирование систем управления с применением Matlab: учебное пособие [Электронный ресурс] / Тимохин А. Н., Румянцев Ю. Д. - НИЦ ИНФРА-М, 2016. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=474709>.
3. Основы научных исследований [Электронный ресурс] / Б.И. Герасимов,

- В.В. Дробышева, Н.В. Злобина и др. - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. - 272 с. - ISBN 978-5-91134-340-8. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=390595>.
4. Петько, В.И. Методы идентификации нелинейных динамических объектов / В.И. Петько. - Минск : , 2016. - 139 с. Доступ: <https://e.lanbook.com/book/90455>.
 5. Методические указания к выполнению лабораторной работы «Элементы математической статистики». Доступ: http://aics.ru/files/subi/90/Met_ukaz_lb_Proverka_gipotez_2008.doc
 6. Математическое моделирование технических систем : учебник / В.П. Тарасик. - Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2017. - 592 с. - ISBN 978-5-16-011996-0. Доступ: http://znanium.com/catalog.php-bookinfo_773106
 3. Таблицы распределений. Доступ: <http://aics.rU/files/subi/90/1.tif>

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- Microsoft Office Word 2007
- Microsoft Office Excel 2007
- Microsoft Office Power Point 2007
- ABBYY FineReader 9.0
- программа Matlab
- <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ
- <https://wiki.cchgeu.ru/>
- <http://www.iprbookshop.ru/>.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Учебные лаборатории:

Дисплейный класс, оснащенный компьютерами с доступом в Интернет.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Модельно-ориентированное проектирование систем» проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Практические занятия направлены на приобретение практических

навыков расчета адекватности моделей. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--