

**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)**

Институт информационных технологий и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института

А. А. Галкин
« 21 » 08 2021 г.


РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ИМИТАЦИОННОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»

направление подготовки / специальность

09.03.03 – Прикладная информатика

направленность (профиль) подготовки

Прикладная информатика в экономике

Владимир

2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является получение студентами знаний по современной теории моделирования в области автоматике.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение теоретических вопросов построения и функционирования систем, основанных на концепции современной промышленной автоматике;
- освоение методов проектирования систем автоматике для промышленности;
- приобретение практических навыков автоматизации технологических процессов и производств;
- знакомство с основами обеспечения эффективности автоматизированного производства.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Имитационное и математическое моделирование» относится к дисциплинам части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-5. Способность моделировать прикладные (бизнес) процессы и предметную область.	ПК-5.1. Знает методы моделирования предметной области и бизнес-процессов. ПК-5.2. Умеет моделировать и анализировать информационные процессы прикладных задач. ПК-5.3. Владеет навыками применения современных инструментальных средств моделирования прикладных (бизнес) процессов информационной системы.	Знает методы и средства моделирования информационных процессов. Умеет решать задачи исследования бизнес-процессов с помощью моделирования. Владеет современными технологиями моделирования.	Задания рейтинг контроля Отчет по лабораторным работам

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачётных единиц, 180 час.

Тематический план

Форма обучения - очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обуча- ющихся с педагогическим работ- ником				Самостоятельная работа	Формы теку- щего кон- троля успева- емости, форма проме- жуточной аттестации (по семест- рам)
				Лекции	Практические	Лабораторные работы	в форме практи- ческой подго- товки		
1	Введение. Основные понятия теории мо- делирования	6	1	4	2	2		10	
2	Моделирование не- прерывных и дис- кретных объектов	6	2-5	4	2	2		10	
3	Аналитические ме- тоды построения мо- делей	6	6-10	4	2	2		10	1 рейтинг-кон- троль
4	Феноменологиче- ские модели	6	11- 14	4	2	2		10	2 рейтинг-кон- троль
5	Экспериментальные методы построения моделей	6	15- 16	4	2	2		10	
6	Методы исследова- ния. Имитационное моделирование	6	17	8	4	4		10	
7	Программное обес- печение моделирова- ния систем	6	18	8	2	4	2	12	3 рейтинг-кон- троль
Всего за 6 семестр				36	18	18		72	Экзамен 36
Наличие в дисциплине КП/КР					-				
Итого по дисциплине				36	18	18		72	Экзамен 36

Трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачётных единиц, 180 час.

Тематический план
Форма обучения - заочная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обуча- ющихся с педагогическим работ- ником				Самостоятельная работа	Формы теку- щего кон- троля успева- емости, форма проме- жуточной аттестации (по семест- рам)
				Лекции	Практические	Лабораторные работы	в форме практи- ческой подго- товки		
1	Введение. Основные понятия теории мо- делирования	6	1	1	1			11	
2	Моделирование не- прерывных и дис- кретных объектов	6	2-5	1	1	1		20	
3	Аналитические ме- тоды построения мо- делей	6	6-10	1	1	1		20	1 рейтинг-кон- троль
4	Феноменологиче- ские модели	6	11- 14	1	1	1		20	2 рейтинг-кон- троль
5	Экспериментальные методы построения моделей	6	15- 16	1	1	1		20	
6	Методы исследова- ния. Имитационное моделирование	6	17	1	2	1		20	
7	Программное обес- печение моделирова- ния систем	6	18	2	1	1	2	20	3 рейтинг-кон- троль
Всего за 6 семестр				8	8	6		131	Экзамен (27)
Наличие в дисциплине КП/КР					-				
Итого по дисциплине				8	8	6		131	Экзамен (27)

Трудоёмкость дисциплины составляет **5** зачётных единиц, **180** час.

Тематический план

Форма обучения – заочная (ускоренная)

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обуча- ющихся с педагогическим работ- ником				Самостоятельная работа	Формы теку- щего кон- троля успева- емости, форма проме- жуточной аттестации <i>(по семест- рам)</i>
				Лекции	Практические	Лабораторные работы	в форме <i>практи- ческой подго- товки</i>		
1	Введение. Основные понятия теории моделирования	5	1	0,5	0,5			11	
2	Моделирование непрерывных и дискретных объектов	5	2-5	0,5	0,5			20	
3	Аналитические методы построения моделей	5	6-10	0,5	0,5			20	1 рейтинг-контроль
4	Феноменологические модели	5	11-14	0,5	0,5			20	2 рейтинг-контроль
5	Экспериментальные методы построения моделей	5	15-16	0,5	0,5			20	
6	Методы исследования. Имитационное моделирование	5	17	0,5	1	4		20	
7	Программное обеспечение моделирования систем	5	18	1	0,5		2	30	3 рейтинг-контроль
Всего за 5 семестр				4	4	4		131	Экзамен (27)
Наличие в дисциплине КП/КР					-				
Итого по дисциплине				4	4	4		141	Экзамен (27)

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Содержание учебных занятий

1. Введение

Краткая справка о развитии и формировании методов идентификации. Понятие модели. Классификация моделей по характеру и способам использования. Философские аспекты моделирования. Построение моделей. Использование моделей. Идентификация в процессах управления. Роль моделей в системах управления. Упрощение модели по сравнению с реальным объектом. Отображение свойств объектов, существующих для целей моделирования. Адекватность и критерии адекватности моделей.

2. Основные понятия теории моделирования

Иерархия моделей объектов управления. Ранги неопределенностей математических описаний. Эволюционный принцип раскрытия неопределенностей в процессе построения математических моделей. Принципы определения моделей различных рангов неопределенностей. Термодинамический и статистический подходы.

Системный анализ объектов. Выделение моделируемого объекта и среды. Декомпозиция и агрегирование сложных моделей. Определение характера функциональных связей. Методы выделения существующих факторов.

Моделирование как метод научного исследования. Виды моделирования. Критерии подобия.

3. Моделирование непрерывных и дискретных объектов

Классификация технологических процессов.

Термодинамический аспект эволюционного процесса математического моделирования непрерывных объектов. Понятие технологической топологии и технологического оператора. Расчет материально-энергетического балансов. Определение степеней свободы объекта. Вектор состояния термодинамической системы. Равновесные и неравновесные системы.

Топологические структуры важнейших технологических процессов.

Проблемы неоднородности продукции в дискретном производстве. Последовательное раскрытие проблемы и факторов неоднородности качества продукции ДТП. Построение причинно-следственных связей ДТП.

4. Аналитические методы построения моделей. Основные физические законы, используемые при построении моделей. Уравнения баланса. Уравнения Ньютона. Уравнения Лагранжа. Уравнения Гамильтона. Законы сохранения. Уравнения Максвелла. Уравнения Лагранжа-Максвелла. Уравнение Больцмана. Уравнение Эйлера. Уравнение Пуассона.

Преобразование моделей. Эквивалентные преобразования. Теория подобия и размерности, неэквивалентные преобразования. Линеаризация.

Примеры аналитического построения и преобразования моделей.

5. Феноменологические модели. Методология построения феноменологических моделей. Математические объекты, используемые при моделировании. Примеры феноменологических моделей.

6. Экспериментальные методы построения моделей. Постановка эксперимента. Статистические методы построения эмпирических формул. Метод наименьших квадратов.

7. Методы исследования моделей. Основные задачи при моделировании динамических систем. Аналитические методы. Точные и приближенные методы. Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений. Численные методы решения систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений.

Численные методы решения дифференциальных уравнений. Задача Коши. Краевая задача. Методы Эйлера, Хьюна, Рунге-Кутты, Адамса-Маултона, Адамса-Башфорта. Структурное моделирование динамических систем.

Моделирование систем, описываемых уравнениями с частными производными. Метод сеток. Метод конечных элементов. Проекционные методы.

8. Программные системы MAPLE, MATLAB, Scilab.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

1. Моделирование динамических систем с помощью SIMOLINK.
2. Моделирование и оптимизация линейной динамической системы.
3. Моделирование дискретной автоматической системы.
4. Структурное моделирование дискретной автоматической системы.
5. Построение эмпирических формул.

Содержание практических занятий по дисциплине

1. Математическое описание динамического объекта.
2. Эквивалентные и неэквивалентные преобразования моделей.
3. Аналитическое исследование моделей.
4. Имитационное моделирование.
5. Динамические модели с различными структурами.
6. Феноменологические модели.
7. Обработка экспериментальных данных.

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

5.1. Текущий контроль успеваемости

1 рейтинг-контроль

1. Объем газового пузыря, образовавшегося в результате глубинного подводного взрыва, колеблется с периодом, пропорциональным $p^a \rho^b E^c$. Здесь p - давление, ρ - плотность воды, E - полная энергия взрыва. Определите a, b, c .

2. На сферу, движущуюся в жидкости, действует сила, зависящая от радиуса сферы r , скорости движения v и вязкости η . Составьте уравнение, моделирующее зависимость силы от указанных величин. Размерность вязкости - $\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.

3. Дано дифференциальное уравнение $\dot{x} + f(x) = 0$. Линеаризуйте его в окрестности точки $x = 0$ и дайте оценку погрешности линеаризации. Функция $f(x)$ имеет вид:

$$f(x) = e^{-x}.$$

4. Химическая реакция описывается упрощенной математической моделью, которая представлена дифференциальным уравнением первого порядка

$$\frac{dx}{dt} = (x-a)(x-b)(x-c)(x-d)(x-e);$$

$$x(0) = x_0, \quad 0 < a < b < c < d < e,$$

где $x(t)$ - концентрация вещества.

Составьте модель этой системы в виде структурной схемы и исследуйте изменение концентрации $x(t)$ на больших характерных временах при различных значениях x_0 .

5. Дифференциальное уравнение колебательной системы имеет вид

$$\ddot{x} + \gamma \dot{x} + kx = f,$$

где $\gamma = 0,1$; $k = 1$; $f = 1$.

Составьте модель системы в виде структурной схемы с разными начальными условиями. Определите характер колебаний в системе.

6. Дано дифференциальное уравнение $\dot{x} + f(x) = 0$. Линеаризуйте его в окрестности точки $x = 0,5$. Функция $f(x)$ имеет вид: $f(x) = x^3$. Дайте оценку погрешности линеаризации.

7. Грузик массой m на пружинке с жесткостью κ совершает колебания в жидкости. Насколько велик должен быть коэффициент вязкого трения γ , чтобы грузик без колебаний двигался к положению равновесия? (При решении задачи следует воспользоваться уравнением колебательной системы).

8. Дано дифференциальное уравнение $\dot{x} + f(x) = 0$. Линеаризуйте его в окрестности точки $x = 0,5$. Функция $f(x)$ имеет вид: $f(x) = x^3 + x$. Дайте оценку погрешности линеаризации.

Рейтинг-контроль № 2

1. При исследовании статической характеристики датчика расхода получены следующие результаты:

Q, л/с	0	1	2	3	4	5	6	7	8
U, В	0	1,1	1,5	1,8	2,1	2,3	2,4	2,6	2,9

Подберите аналитическую зависимость для аппроксимации характеристики.

2. Определите корень алгебраического уравнения $x^2 \sin 2x + 1 = 0$, $x \in 0,10$.

3. Определите корни уравнения $x^2 \cos(\pi x) - 2 = 0$, $x \in 0,10$.

4. При исследовании статической характеристики датчика давления получены следующие результаты:

P, МПа	0	1	2	3	4	5	6	7	8
U, В	0	0,1	0,5	1,0	1,8	2,6	3,7	5,1	6,8

Подберите аналитическую зависимость для аппроксимации характеристики.

5. Дано дифференциальное уравнение $\dot{x} = t + \sin \frac{x}{\sqrt{3}}$, $x_0(1,1) = 1,5$, $t \in (1,1;2,1)$. Сформулируйте задачу Коши и запишите формулы для его решения методами Эйлера, Хьюна и Рунге-Кутты.

6. Дано дифференциальное уравнение $\dot{x} = t + \sin \frac{x}{\sqrt{3}}$, $x_0(1,1) = 1,5$, $t \in (1,1;2,1)$. Сформулируйте задачу Коши и запишите формулы для его решения методами Адамса-Башфорта и Адамса-Моултона.

7. Определите корень алгебраического уравнения $x^2(1 - e^{-x}) = -1$, $x \in [-1,1]$.

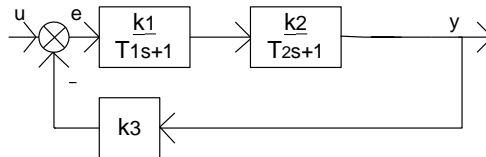
8. Дано дифференциальное уравнение $\dot{x} = t + \cos \frac{x}{\pi}$, $x_0(1,7) = 5,3$, $t \in (1,7;2,7)$. Сформулируйте задачу Коши и запишите формулы для его решения методами Эйлера, Хьюна и Рунге-Кутты.

9. На входе объекта управления с передаточной функцией $H(s) = \frac{1}{s+1}$ действует гармонический сигнал $x(t) = 10\sin 0,5t$. Определить выходной сигнал объекта.

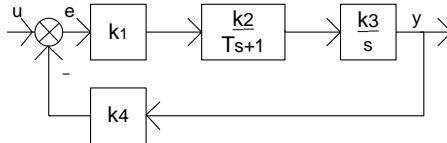
10. На входе объекта управления с передаточной функцией $H(s) = \frac{0,1s+1}{s+1}$ действует гармонический сигнал $x(t) = 10\sin 0,5t$. Определить выходной сигнал объекта.

Рейтинг-контроль № 3

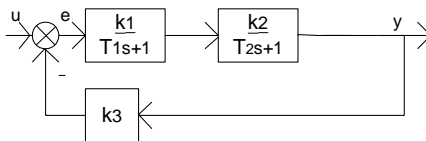
1. Составьте программу для моделирования процессов в системе.



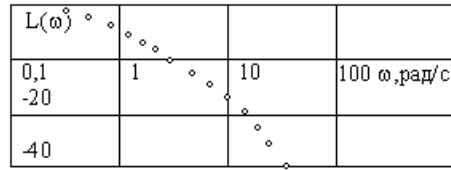
2. Составьте программу для моделирования процессов в системе.



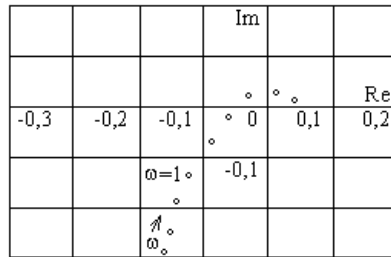
3. Составьте программу расчета процессов в автоматической системе.



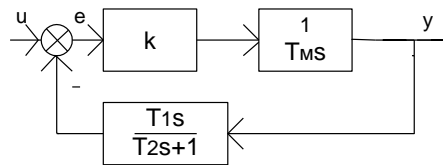
4. По экспериментальной частотной характеристике объекта определить его передаточную функцию.



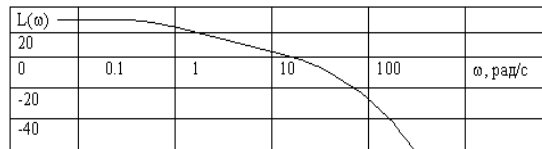
5. По экспериментальной КЧХ определить передаточную функцию объекта управления.



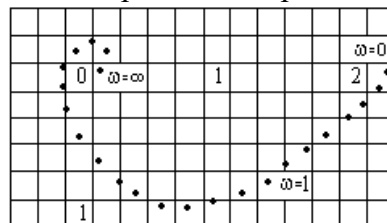
6. Составьте программу для расчета процессов в системе



7. По экспериментальной ЛАЧХ определить передаточную функцию объекта.



8. По экспериментальной КЧХ определить передаточную функцию объекта управления.



5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен).

Вопросы к экзамену

1. Понятие системы и модели. Виды и свойства моделей.

2. Методы построения моделей. Особенности методов и примеры.
3. Математические объекты, используемые при моделировании.
4. Моделирование как метод научного исследования. Способы моделирования.
5. Феноменологические модели. Методы построения, особенности.
5. Аналитический метод построения моделей систем. Уравнения Лагранжа, Гамильтона, Лагранжа-Максвелла. Уравнение баланса. Уравнение Навье-Стокса. Уравнение Эйлера.
6. Эквивалентные преобразования моделей. Теория размерности.
7. Теорема подобия. Построение моделей систем на основе теории размерности.
8. Неэквивалентные преобразования моделей. Линеаризация нелинейных систем.
9. Основные задачи исследования динамических систем. Точные и приближенные методы исследования.
10. Методы моделирования статических режимов систем. Вычислительные методы решения алгебраических уравнений.
11. Методы половинных делений, Ньютона, простых итераций, секущих, хорд. Модифицированные методы Ньютона.
12. Вычислительные методы определения комплексных корней алгебраических уравнений.
13. Вычислительные методы численного решения систем алгебраических уравнений.
14. Вычислительные методы решения дифференциальных уравнений. Задача Коши.
15. Одношаговые методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
16. Многошаговые методы решения дифференциальных уравнений.
17. Краевая задача. Метод прогонки.
18. Проекционные методы. Метод Галеркина.
19. Вычислительные методы решения дифференциальных уравнений с частными производными.
20. Структурное моделирование динамических систем.
21. Экспериментальные методы построения моделей систем.
20. Графоаналитические методы определения моделей объектов по переходной характеристике.
21. Определение моделей объектов по частотным характеристикам.
22. Построение моделей статических характеристик объектов управления. Метод наименьших квадратов.
23. Проверка адекватности моделей. Критерий Фишера.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа заключается в изучении содержания тем курса по конспектам, учебникам и дополнительной литературе, подготовке к лабораторным занятиям, к текущим контролям успеваемости, оформлении лабораторных работ, подготовке к экзамену.

Темы для самостоятельной работы

1. Математические объекты, используемые при моделировании.
2. Уравнения Лагранжа и Гамильтона.
3. Вычислительные методы решения алгебраических уравнений.
4. Методы проверки адекватности моделей.
5. Генетические алгоритмы.
6. Метод Монте-Карло.
7. Визуализация процессов при моделировании.

8. Data mining.
9. Фильтр Калмана-Бьюси.
10. Методы прогнозирования.

Тематика курсового проектирования

1. Моделирование автоматической системы регулирования уровня воды в резервуаре.
2. Моделирование автоматической системы регулирования давления.
3. Моделирование автоматической системы регулирования температуры.
4. Моделирование автоматической системы регулирования напряжения.
5. Моделирование автоматической системы регулирования тока.
6. Моделирование следящей системы.
7. Моделирование электромагнитного привода.
8. Моделирование электропривода постоянного тока.

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

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид тип издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
1	2	3
Основная литература		
1. Соснин П.И. Архитектурное моделирование автоматизированных систем. – СПб., Лань, 2019. – 180 с.	2019	https://lanbook.com/catalog/informatika/arkhitekturnoe-modelirovanie-avtomatizirovannykh-sistem2/
2. Хабаров С.П. Основы моделирования технических систем. – СПб., Лань, 2019. – 120 с.	2019	https://lanbook.com/catalog/informatika/osnovy-modelirovaniya-tekhnicheskikh-sistem-sredasimintech/
3. Пен Р.З. Статистические методы математического моделирования, анализа и оптимизации технологических процессов. – СПб., Лань, 2019. – 308 с.	2019	https://lanbook.com/catalog/informatika/statisticheskie-metody-matematicheskogo-modelirovaniya-analiza-i-optimizatsii-tekhnologicheskikh-pro/

Дополнительная литература		
1. Амелина М.А. Программа схемотехнического моделирования Micro Sap. Версии 9, 10. – СПб., Лань, 2019. – 180 с.	2019	https://lanbook.com/catalog/mashinostroenie/programma-skhemotekhnicheskogo-modelirovaniya-micro-sap-versii-9-10/
2. Трушков А.С. Статистическая обработка информации. Основы теории и компьютерный практикум. – СПб., Лань, 2019. – 152 с.	2019	https://lanbook.com/catalog/informatika/statisticheskaya-obrabotka-informatsii-osnovy-teorii-i-kompyuternyy-praktikum-/

6.2. Периодические издания

1. Автоматика и телемеханика.
2. Математическое моделирование.
3. Известия РАН. Теория и системы управления.
4. Электротехника.
5. Нелинейный мир.

6.3. Интернет-ресурсы

1. РУСИКОН – Российский архив по системам и управлению - <http://www.rusycon.ru>
2. IFAC - Международная Федерация по автоматическому управлению (International Federation on Automatic Control) - <http://www.ifac-control.org/>
3. IEEE (Institute of Electrical and Electronical Engineers) - <http://www.ieee.org/>
4. Кибернетика - <http://www.rmcybernetics.com/>
5. Теория управления и инженерные приложения - <http://www.theorem.net/>
6. Образовательный математический сайт - <http://www.exponenta.ru/>
7. Математическая энциклопедия - <http://allmath.com/>
8. Средства и системы компьютерной автоматизации - <http://asutp.ru>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного, практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а так же помещения для самостоятельной работы.

Лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе кафедры ВТиСУ 111-3, оснащенный современными персональными компьютерами с установленной операционной системой Windows 8 (10).

При изучении дисциплины используется следующее программное обеспечение: операционная система MSWindows, СУБД MS SQL.

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного, лабораторного, практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а так же помещения для самостоятельной работы.

Рабочую программу составил

Профессор кафедры ВТ и СУ



С.И. Малафеев

Рецензент (представитель работодателя):
Начальник лаборатории ЗАО «Автоматика»
к.т.н.



В.М. Дерябин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ВТ и СУ
Протокол № 1 от 31.08.2021 года
Заведующий кафедрой



В.Н.Ланцов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 09.03.03 Прикладная информатика

Протокол № 1 от 31.08.2021 года



Председатель комиссии

А.Б. Градусов

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 21 / 20 22 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.2021 года

Заведующий кафедрой _____ К.В.Куликов

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 14 от 23.06.22 года

Заведующий кафедрой _____ К.В.Куликов

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____ К.В.Куликов

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____ К.В.Куликов