

Северодонецк – 2026

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Математическое моделирование» по направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств». – 32 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Математическое моделирование» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки, специальности 15.04.04 – Автоматизация технологических процессов и производств утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25.11.2020 № 1452 (с изменениями и дополнениями).

СОСТАВИТЕЛЬ:

Профессор, д.т.н. Стенцель И.И.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры управления инновациями в промышленности «02» 02 2026 г., протокол № 6.

Заведующий кафедрой _____  Е.А. Бойко

Переутверждена: «___» _____ 20__ г., протокол № _____.

Рекомендована на заседании Ученого совета Северодонецкого технологического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» «16» 02 2026 г., протокол № 5.

Председатель Ученого совета
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля» _____  Р.Ю. Ткачев

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи изучения дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины «Математическое моделирование» — ознакомление обучающихся с различными методами моделирования технологических процессов и замкнутых систем управления, методами алгоритмизации решения прикладных задач и их реализации на языке программирования, а также формирование у студентов научного, творческого подхода к освоению технологий, методов и средств производства программного обеспечения для проведения моделирования.

Задачи дисциплины «Математическое моделирование»: формирование у студентов знаний об общих принципах построения математических моделей технологических процессов и систем управления, о методах получения точных математических моделей, способах оценки адекватности модели и объекта, формализации и решения задачи, а также навыков разработки алгоритмического и программного обеспечения для проведения идентификации и моделирования систем и процессов с использованием математических моделей.

Дисциплина «Математическое моделирование» закладывает основы формирования знаний и компетенций в области разработки математических моделей технологических процессов и систем автоматического управления, выбора метода моделирования и разработки алгоритмического и программного обеспечения для моделирования систем и процессов.

В процессе изучения дисциплины студент приобретает теоретические знания и практические навыки при работе с вычислительной техникой, информационными системами, опыт создания и использования алгоритмов и программ для проведения моделирования.

Студенты направления подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», магистерская программа «Автоматизация технологических процессов и производств» при изучении дисциплины «Математическое моделирование» изучают:

- виды и классификацию моделей;
- основные формы представления математических моделей;
- методы определения математических моделей объектов управления с использованием динамических характеристик, методы оценки адекватности модели и объекта, алгоритмы идентификации во временной области;
- методы и алгоритмы идентификации с использованием частотных характеристик;
- методы и алгоритмы идентификации в составе замкнутых систем;
- методы и универсальные алгоритмы моделирования замкнутых систем управления.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Для успешного освоения дисциплины «Математическое моделирование» студент должен обладать знаниями по дисциплинам курса магистратуры.

Данная учебная дисциплина входит в блок 1 формируемая участниками образовательных отношений «Дисциплины (модули)» подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», магистерская программа «Автоматизация технологических процессов и производств».

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающегося в результате освоения дисциплин подготовки бакалавра: «Математика», «Численные методы»,

«Математические модели элементов и систем управления», «Программирование и алгоритмизация», «Автоматизация технологических процессов и производств».

В свою очередь, дисциплина «Математическое моделирование» является основой для изучения следующих дисциплин: «Интеллектуальные системы управления», «Современная теория управления», «Практика эксперимента», при подготовке научно-исследовательской и магистерской работы. Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	ОПК-5	ОПК-5.1. Знает: - методы построения моделей и идентификации исследуемых процессов, явлений и объектов; - основные технические средства, используемые для реализации систем управления. ОПК-5.2. Умеет: - применять физико-математические методы при моделировании задач в области автоматизации технологических процессов и производств; - осуществлять синтез систем управления для различных производственных задач; ОПК-5.3. Владеет: - навыками моделирования процессов управления объектов; - навыками использования специального программного обеспечения для реализации
Способен проводить математическое моделирование технологических процессов и систем управления в рамках научных исследований	ПК-5	ПК-5.1. Умеет: - задавать условия функционирования технологических схем и необходимых расчетных методов, обеспечивающих определение оптимальных условий с использованием критериев оптимизации и математических методов оптимизации ПК-5.2. Умеет: - использовать специализированные программные пакеты при расчете материальных и тепловых балансов сложных химико-технологических схем; применять методы решения математических задач с использованием различных вычислительных средств ПК-5.3. Владеет: - навыками анализа технологических схем и разработки схем автоматизации для стационарных и динамических режимов производственных процессов ПК-5.4. Владеет: - навыками разработки математических моделей теплоэнергетического и металлургического производства на основе материального и энергетического баланса ПК-5.5. Умеет: - пользоваться современными методами теоретических и экспериментальных исследований в

		области теплоэнергетического и металлургического производства
--	--	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	108 (3 зач. ед.)	108 (3 зач. ед.)
Обязательная контактная работа (всего)	56	12
в том числе:		
Лекции	28	6
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	28	6
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	52	96
Форма аттестации	1 семестр зачет	2 семестр зачет

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Задачи математического моделирования объектов и систем управления. Виды моделей. Сравнительный анализ моделей. Математические модели.

Тема 2. Общий подход к математическому описанию объектов и систем управления. Унификация описания объектов и систем управления для проведения математического моделирования.

Тема 3. Получение математических моделей с использованием переходных функций. Инженерные методы. Критерии и оценка адекватности моделей.

Тема 4. Оценка факторов, влияющих на возможность получения точной математической модели объектов. Получение математических моделей объектов управления с частотных характеристик. Критерии и оценка адекватности моделей и объектов.

Тема 5. Противоречивость задачи получения математических моделей. Идентификация объектов управления в составе разомкнутых систем.

Тема 6. Ограничения процедуры получения математических моделей в составе разомкнутых систем. Идентификация объектов управления в составе замкнутых систем.

Тема 7. Общий подход к разработке алгоритмического и программного обеспечения для идентификации объектов управления в частотной области.

Тема 8. Унифицированное программное обеспечение и пакеты прикладных программ для моделирования объектов и систем управления во временной и частотных областях.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
1 семестр				
1	Задачи математического моделирования объектов и систем управления. Виды моделей. Сравнительный анализ моделей. Математические модели.	2	-	-
2	Общий подход к математическому описанию объектов и систем управления. Унификация описания объектов и систем управления для проведения математического моделирования.	2	-	-
3	Получение математических моделей с использованием переходных функций. Инженерные методы. Критерии и оценка адекватности моделей.	4	-	-
4	Оценка факторов, влияющих на возможность получения точной математической модели объектов. Получение математических моделей объектов управления с частотных характеристик. Критерии и оценка адекватности моделей и объектов.	4	-	-
5	Противоречивость задачи получения математических моделей. Идентификация объектов управления в составе разомкнутых систем.	4	-	-
6	Ограничения процедуры получения математических моделей в составе разомкнутых систем. Идентификация объектов управления в составе замкнутых систем.	4	-	-
7	Общий подход к разработке алгоритмического и программного обеспечения для идентификации объектов управления в частотной области.	4	-	-
8	Унифицированное программное обеспечение и пакеты прикладных программ для моделирования объектов и систем управления во временной и частотных областях.	4	-	-
2 семестр				
1	Задачи математического моделирования объектов и систем управления. Виды моделей. Сравнительный анализ моделей. Математические модели	-	-	3
2	Общий подход к математическому описанию объектов и систем управления. Унификация описания объектов и систем управления для проведения математического моделирования	-	-	3
Всего		28	-	6

4.4. Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
1 семестр				
1				
2				
...				
Всего				

4.5. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
1 семестр				
1	Разработка унифицированного алгоритмического и программного обеспечения для моделирования объектов управления	2	-	-
2	Разработка унифицированного алгоритмического и программного обеспечения для моделирования замкнутых систем управления	2	-	-
3	Разработка алгоритмического и программного обеспечения процесса получения математических моделей с использованием переходных функций	4	-	-
4	Разработка алгоритмического и программного обеспечения процесса получения математических моделей по частотным характеристикам	4	-	-
5	Разработка алгоритмического и программного обеспечения процесса идентификации объектов без запаздывания	4	-	-
6	Математическое обеспечение процедуры идентификации в составе замкнутых систем	4	-	-
7	Разработка алгоритмического и программного обеспечения процедуры идентификации в составе замкнутых систем	4	-	-
8	Унифицированное алгоритмическое и программное обеспечение для синтеза и моделирования систем управления	4	-	-
2 семестр				
1	Разработка унифицированного алгоритмического и программного обеспечения для моделирования замкнутых систем управления	-	-	6
Итого:		28	-	6

4.6. Самостоятельная работа студентов

Объем часов	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
			Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
1 семестр					
1.	Задачи математического моделирования объектов и систем управления. Виды моделей. Сравнительный анализ моделей. Математические модели.	Разработка унифицированного алгоритмического и программного обеспечения для моделирования объектов управления	6	-	-
2.	Общий подход к математическому описанию объектов и систем управления. Унификация описания объектов и систем управления для проведения математического моделирования.	Разработка унифицированного алгоритмического и программного обеспечения для моделирования замкнутых систем управления	6	-	-
3.	Получение математических моделей с использованием переходных функций. Инженерные методы. Критерии и оценка адекватности моделей.	Разработка алгоритмического и программного обеспечения процесса получения математических моделей с использованием переходных функций	6	-	-
4.	Оценка факторов, влияющих на возможность получения точной математической модели объектов. Получение математических моделей объектов управления с	Разработка алгоритмического и программного обеспечения процесса получения математических моделей по частотным характеристикам	6	-	-

	частотных характеристик. Критерии и оценка адекватности моделей и объектов.				
5.	Противоречивость задачи получения математических моделей. Идентификация объектов управления в составе разомкнутых систем.	Разработка алгоритмического и программного обеспечения процесса идентификации объектов без запаздывания	6	-	-
6.	Ограничения процедуры получения математических моделей в составе разомкнутых систем. Идентификация объектов управления в составе замкнутых систем.	Математическое обеспечение процедуры идентификации в составе замкнутых систем	6	-	-
7.	Общий подход к разработке алгоритмического и программного обеспечения для идентификации объектов управления в частотной области.	Разработка алгоритмического и программного обеспечения процедуры идентификации в составе замкнутых систем	8	-	-
8.	Унифицированное программное обеспечение и пакеты прикладных программ для моделирования объектов и систем управления во временной и частотных областях.	Унифицированное алгоритмическое и программное обеспечение для синтеза и моделирования систем управления	8	-	-
		зачет	52	-	-
2 семестр					
1	Задачи математического моделирования объектов и систем управления. Виды моделей. Сравнительный	Разработка унифицированного алгоритмического и программного обеспечения для моделирования замкнутых систем управления	-	-	48

	анализ моделей. Математические модели				
2	Общий подход к математическому описанию объектов и систем управления. Унификация описания объектов и систем управления для проведения математического моделирования	Разработка унифицированного алгоритмического и программного обеспечения для моделирования замкнутых систем управления	-	-	48
		зачет			
Итого			52	-	96

4.7. **Курсовые работы/проекты** по дисциплине «Математическое моделирование» не предполагаются учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, обработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Используемые образовательные технологии и методы направлены на повышение качества подготовки путем развития у обучающихся способностей к самообразованию и нацелены на активизацию и реализацию личностного потенциала каждого студента.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Информационные технологии и вычислительные системы: Математическое моделирование. Интернет-технологии. Компьютерная графика. Интеллектуальный анализ текстов. Прикладные аспекты информатики. Биоинформатика и медицина / Под ред. С.В. Емельянова. – М.: Ленанд, 2013. – 104 с.
2. Алпатов, Ю.Н. Моделирование процессов и систем управления: Учебное пособие / Ю.Н. Алпатов. – СПб.: Лань, 2018. – 140 с. [Электронный ресурс]: Режим доступа <http://e.lanbook.com/>
3. Кондрашов, В.Е. MATLAB как система программирования научнотехнических расчетов : учебник для вузов / В.Е. Кондрашов, С.Б. Королев. – М. : Мир, 2002. – 351 с.

б) дополнительная литература

1. Голубева, Н.В. Математическое моделирование систем и процессов. Учебное пособие / Н.В. Голубева. – СПб.: Лань, 2016. – 192 с. [Электронный ресурс]: Режим доступа <http://window.edu.ru>
2. Дворецкий, С.И. Моделирование систем. Учебник / С.И. Дворецкий. – М.: Academia, 2017. – 320 с. Режим доступа <http://e.lanbook.com/>
3. Даньков, В.В. Моделирование процессов и систем: Учебное пособие / В.В. Даньков, М.М. Скрипниченко, С.Ф. Логинова и др. – СПб.: Лань, 2015. – 288 с. Режим доступа <http://e.lanbook.com/>

в) методические рекомендации:

г) интернет-ресурсы:

- Министерство науки и высшего образования РФ – <https://minobrnauki.gov.ru/>
 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
 Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
 Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
 Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
 Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы:

- Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
 Научная электронная библиотека Elibrary – Режим доступа: URL: <http://elibrary.ru/>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации:

- Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Математическое моделирование» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	FirefoxMozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	MozillaThunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	FarManager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Математическое моделирование»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
Начальный	ОПК-5 Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	Пороговый	Знать: - Методы построения моделей и идентификации исследуемых процессов, явлений и объектов - Основные технические средства, используемые для реализации систем управления
Основной		Базовый	Уметь: - Применять физико-математические методы при моделировании задач в области автоматизации технологических процессов и производств - Осуществлять синтез систем управления для различных производственных задач
Заключительный		Высокий	Владеть: - Навыками моделирования процессов управления объектов - Навыками использования специального программного обеспечения для реализации.

Начальный	ПК-5 Способен проводить математическое моделирование технологических процессов и систем управления в рамках научных исследований	Пороговый	Уметь: -задавать условия функционирования технологических схем и необходимых расчетных методов, обеспечивающих определение оптимальных условий с использованием критериев оптимизации и математических методов оптимизации -использовать специализированные программные пакеты при расчете материальных и тепловых балансов сложных химико-технологических схем; применять методы решения математических задач с использованием различных вычислительных средств
Основной		Базовый	Владеть: -навыками анализа технологических схем и разработки схем автоматизации для стационарных и динамических режимов производственных процессов -навыками разработки математических моделей теплоэнергетического и металлургического производства на основе материального и энергетического баланса
Заключительный		Высокий	Уметь: -пользоваться современными методами теоретических и экспериментальных исследований в области теплоэнергетического и металлургического производства

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код контролируемо й компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формиро- вания (семестр изучения)
1	ОПК-5	Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	ОПК-5.1. Знает: - Методы построения моделей и идентификации исследуемых процессов, явлений и объектов - Основные технические средства, используемые для реализации систем управления ОПК-5.2. Умеет: - Применять физико-математические методы при моделировании задач в области автоматизации технологических процессов и производств - Осуществлять синтез систем управления для различных производственных задач ОПК-5.3. Владеет: - навыками моделирования процессов управления объектов; - навыками использования	Задачи математического моделирования объектов и систем управления. Виды моделей. Сравнительный анализ моделей. Математические модели.	1,2
				Общий подход к математическому описанию объектов и систем управления. Унификация описания объектов и систем управления для проведения математического моделирования.	1,2
				Получение математических моделей с использованием переходных функций. Инженерные методы. Критерии и оценка адекватности моделей.	1,2

			специального программного обеспечения для реализации	Оценка факторов, влияющих на возможность получения точной математической модели объектов. Получение математических моделей объектов управления с частотных характеристик. Критерии и оценка адекватности моделей и объектов.	1,2
2	ПК-5	Способен проводить математическое моделирование технологических процессов и систем управления в рамках научных исследований	ПК-5.1. Умеет задавать условия функционирования технологических схем и необходимых расчетных методов, обеспечивающих определение оптимальных условий с использованием критериев оптимизации и математических методов оптимизации ПК-5.2. Умеет использовать специализированные программные пакеты при расчете материальных и тепловых балансов сложных химико-технологических схем; применять методы решения математических	Противоречивость задачи получения математических моделей. Идентификация объектов управления в составе разомкнутых систем	1,2
				Ограничения процедуры получения математических моделей в составе разомкнутых систем. Идентификация объектов управления в составе замкнутых систем.	1,2

			задач с использованием различных вычислительных средств ПК-5.3. Владеет навыками анализа технологических схем и разработки схем автоматизации для стационарных и динамических режимов производственных процессов ПК-5.4. Владеет навыками разработки математических моделей теплоэнергетического и металлургического производства на основе материального и энергетического баланса ПК-5.5. Умеет пользоваться современными методами теоретических и экспериментальных исследований в области теплоэнергетического и металлургического производства	Общий подход к разработке алгоритмического и программного обеспечения для идентификации объектов управления в частотной области	1,2
				Унифицированное программное обеспечение и пакеты прикладных программ для моделирования объектов и систем управления во временной и частотных областях.	1,2

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контроли руемые темы учебной дисципли ны	Наименование оценочного средства
1	ОПК-5. Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математически х моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологически х процессов	ОПК-5.1. Методы построения моделей и идентификации исследуемых процессов, явлений и объектов, основные технические средства, используемые для реализации систем управления ОПК-5.2. Применяет физико- математические методы при моделировании задач в области автоматизации технологических процессов и производств, осуществляет синтез систем управления для различных производственных задач ОПК-5.3. Владеет навыками моделирования процессов управления объектов, навыками использования специального программного обеспечения для реализации	Знать: структурные компоненты акта общения; сущность, структуру и динамику конфликта; основы социального, психологического и социально- экономического управления конфликтами; специфику прогнозирования, предупреждения и разрешения конфликтов; приемы делового общения; психологические и этические правила межличностного общения; методы социального воздействия на партнера. Уметь: структурировать деловую информацию и отделять ее от личной; применять технологии регулирования конфликтов; устанавливать, регулировать и	Тема 1 Тема 2 Тема 3 Тема 4 Тема 5 Тема 6	разноуровневые контрольные работы и задания

			поддерживать психологический контакт; применять методы личностного и массового регулирования в общении; наблюдать за социальным партнером, соблюдать психологическую линию в беседах и деловых взаимоотношениях Владеть: навыками установливания контакта и выхода из него; навыками разрешения конфликтов; использования конфликта в качестве конструктивного инструмента для достижения поставленных целей; навыками активного слушания, навыками эффективной коммуникации; навыками управления социальными конфликтами; навыками управления вниманием собеседника.		
2	ПК-5. Способен проводить математическое моделирование технологически	ПК-5.1. Умеет задавать условия функционирования технологических схем и необходимых расчетных методов,	Знать: теоретические модели, позволяющие исследовать качество	Тема 7 Тема 8	тестовые задания, разноуровневые контрольные работы и задания, лабораторные

	х процессов и систем управления в рамках научных исследований	обеспечивающих определение оптимальных условий с использованием критериев оптимизации и математических методов оптимизации ПК-5.2. Умеет использовать специализированные программные пакеты при расчете материальных и тепловых балансов сложных химико-технологических схем; применять методы решения математических задач с использованием различных вычислительных средств ПК-5.3. Владеет навыками анализа технологических схем и разработки схем автоматизации для стационарных и динамических режимов производственных процессов ПК-5.4. Владеет навыками разработки математических моделей теплоэнергетического и металлургического производства на основе материального и энергетического баланса ПК-5.5. Умеет пользоваться современными методами теоретических и экспериментальных исследований в	транспортно-логистической деятельности, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления Уметь: организовывать контроль работ по наладке, настройке, регулировке, опытной проверке, регламенту, техническому, эксплуатационному обслуживанию оборудования, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления и программного обеспечения предприятий дорожно-транспортной инфраструктуры Владеть: современными методами и средствами определения эксплуатационных характеристик оборудования, технических средств и систем управления предприятием дорожно-транспортной инфраструктуры		работы
--	--	--	--	--	---------------

		области теплоэнергетического и металлургического производства			
--	--	--	--	--	--

3. Вопросы к контрольным работам (пороговый уровень)

- 1) Понятие моделирования. Виды моделей.
- 2) Математические модели. Формы записи математических моделей.
- 3) Задачи математического моделирования технологических объектов.
- 4) Задачи математического моделирования замкнутых систем.
- 5) Преимущества математических моделей перед другими видами моделей.
- 6) Основные формы записи математических моделей.
- 7) Переход от дифференциальной формы записи математических моделей к передаточным функциям.
- 8) Переход от передаточных функций дифференциальной формы записи математических моделей.
- 9) Классификация объектов управления по динамическим характеристикам.
- 10) Как по виду переходных функций выбирается структура математической модели?
- 11) Как по виду частотных характеристик выбирается структура математической модели?
- 12) Обоснование выбора структуры модели.
- 13) Обоснование выбора структуры модели.
- 14) Назначение математических моделей при разработке систем управления.
- 15) Обобщенный алгоритм идентификации объектов управления во временной области.
- 16) Порядок получения математических моделей с использованием переходных функций объектов.
- 17) Выбор начальных условий и интервала поиска численных параметров модели при проведении идентификации во временной области.
- 18) Критерии адекватности модели и объекта при проведении идентификации во временной области.
- 19) Основные ограничения принципиального и организационного характера возникающие при проведении идентификации во временной области.
- 20) Выбор точности идентификации.
- 21) Основные причины перехода к идентификации в частотной области.
- 22) Основные этапы процесса получения математических моделей в частотной области.
- 23) Обоснование выбора структуры модели.
- 24) Критерии адекватности модели и объекта при получении математических моделей в частотной области.
- 25) Выбор начальных условий и интервала поиска численных параметров модели при получении математических моделей в частотной области.

26) Методы увеличения быстродействия процедуры идентификации по экспериментальным частотным характеристикам объекта управления.

27) Обобщенный алгоритм идентификации по экспериментальным частотным характеристикам объекта управления.

28) Основные ограничения принципиального и организационного характера возникающие при проведении идентификации в частотной временной области.

29) Идентификация объектов в составе разомкнутых систем управления.

30) Основные ограничения идентификации в составе разомкнутых систем.

31) Идентификация объектов в составе замкнутых систем управления.

32) Какие ограничения исчезают при проведении идентификации в составе замкнутых систем управления?

33) Математическое обеспечение процедуры идентификации в составе замкнутых систем.

34) Моделирование замкнутых систем в частотной области. Оценка косвенных показателей качества работы систем.

35) Моделирование замкнутых систем во временной области. Оценка прямых показателей качества работы систем.

36) Унификация программного обеспечения для моделирования замкнутых систем во временной области.

37) Обобщенный алгоритм моделирования замкнутых систем в частотной области.

38) Обобщенный алгоритм моделирования замкнутых систем во временной области.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «контрольная работа»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90 – 100% вопросов/задач)
4	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75 – 89% вопросов/задач)
3	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50 – 74% вопросов/задач)
2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

2. Вопросы для обсуждения (в виде индивидуальных заданий) (базовый уровень)

Тест для проверки знаний

1. Что такое математическая модель?

- а) Физическая копия объекта в уменьшенном масштабе;
- б) Совокупность формул и уравнений, описывающих поведение системы;
- в) Компьютерная программа для визуализации данных;
- г) Набор экспериментальных данных.

2. Какой тип модели описывает процессы с учётом случайных факторов?
- а) Детерминированная;
 - б) Статическая;
 - в) Стохастическая;
 - г) Дискретная.
3. Что является первым этапом построения математической модели?
- а) Выбор численного метода решения;
 - б) Формулировка цели моделирования и определение границ системы;
 - в) Проведение экспериментов;
 - г) Построение графиков результатов.
4. Какой метод используется для решения систем линейных алгебраических уравнений?
- а) Метод Монте-Карло;
 - б) Метод конечных разностей;
 - в) Метод Гаусса;
 - г) Метод Эйлера.
5. Что такое верификация математической модели?
- а) Проверка соответствия модели реальному объекту;
 - б) Проверка корректности математической постановки и реализации модели;
 - в) Визуализация результатов моделирования;
 - г) Сбор исходных данных для моделирования.
6. Какой метод применяется для численного решения дифференциальных уравнений?
- а) Метод наименьших квадратов;
 - б) Метод Ньютона;
 - в) Метод Рунге-Кутты;
 - г) Симплекс-метод.
7. Что характеризует адекватность математической модели?
- а) Сложность математических выражений;
 - б) Соответствие результатов моделирования экспериментальным данным;
 - в) Количество переменных в модели;
 - г) Скорость вычислений.
8. Какой тип модели используется для описания процессов, изменяющихся во времени?
- а) Статическая модель;
 - б) Детерминированная модель;

- в) Динамическая модель;
- г) Алгебраическая модель.

9. Что такое параметрическая идентификация модели?

- а) Определение структуры модели;
- б) Подбор значений параметров модели по экспериментальным данным;
- в) Выбор метода решения уравнений;
- г) Визуализация модели.

10. Какой программный пакет широко используется для математического моделирования?

- а) Microsoft Word;
- б) AutoCAD;
- в) MATLAB/Simulink;
- г) Adobe Photoshop.

11. Что означает понятие «чувствительность модели»?

- а) Скорость вычислений модели;
- б) Зависимость результатов моделирования от изменения параметров;
- в) Точность аппроксимации данных;
- г) Сложность математического описания.

12. Какой метод используется для оптимизации параметров модели?

- а) Метод конечных элементов;
- б) Метод градиентного спуска;
- в) Метод прогонки;
- г) Метод Фурье.

13. Что такое дискретизация при математическом моделировании?

- а) Преобразование непрерывной модели в дискретную;
- б) Упрощение математической модели;
- в) Построение графика функции;
- г) Анализ устойчивости системы.

14. Какой тип данных необходим для построения эмпирической модели?

- а) Теоретические формулы;
- б) Экспериментальные данные;
- в) Графические изображения;
- г) Текстовые описания.

15. Что такое имитационное моделирование?

- а) Создание физической копии объекта;
- б) Компьютерное воспроизведение поведения системы с учётом случайных факторов;
- в) Аналитическое решение уравнений модели;
- г) Построение блок-схемы алгоритма.

16. Какой критерий используется для оценки точности модели?

- а) Среднеквадратичная ошибка;
- б) Количество уравнений в модели;
- в) Время моделирования;
- г) Размерность системы.

17. Что такое многомерная модель?

- а) Модель с одним входным параметром;
- б) Модель, учитывающая несколько входных и выходных переменных;
- в) Модель, реализованная в 3D-графике;
- г) Модель с нелинейными уравнениями.

18. Какой метод подходит для моделирования сложных нелинейных систем?

- а) Линейная регрессия;
- б) Нейросетевое моделирование;
- в) Метод главных компонент;
- г) Корреляционный анализ.

19. Что такое граничные условия в математическом моделировании?

- а) Ограничения на входные данные;
- б) Значения переменных на границах области моделирования;
- в) Параметры численного метода;
- г) Критерии остановки вычислений.

20. Какой этап следует после построения математической модели?

- а) Публикация результатов;
- б) Численное решение и анализ результатов;
- в) Формулировка новой задачи;
- г) Утилизация модели.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «разноуровневые задания и задачи»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Обучающийся полностью и правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения и владения навыками применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Работа оформлена аккуратно в соответствии с предъявляемыми требованиями
4	Обучающийся выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения и владения навыками применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Есть недостатки в оформлении работы
3	Обучающийся выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения и владения навыками применения их при решении задач
2	Обучающийся выполнил задание неправильно. При выполнении обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и владения ими при решении задач в рамках усвоенного учебного материала

3. Вопросы к практическим работам

(высокий уровень)

1. Какие основные этапы включает процесс выполнения практической работы по математическому моделированию? Кратко (2–3 предложения) опишите каждый этап — от постановки задачи до анализа результатов.

2. Какие исходные данные необходимы для построения математической модели технологического процесса? Перечислите 4–5 ключевых типов данных (например, параметры оборудования, характеристики сырья) и поясните их роль в моделировании.

3. Как выбрать подходящий тип математической модели (детерминированная/стохастическая, статическая/динамическая) для конкретного технологического процесса? Опишите алгоритм выбора из 3–4 шагов и приведите пример для процесса нагрева в печи.

4. Какие методы идентификации параметров модели применяются на практике? Кратко (50–70 слов) охарактеризуйте 2–3 метода (например, метод наименьших квадратов, метод максимального правдоподобия) и укажите условия их применения.

5. Какие программные средства (MATLAB/Simulink, Python с библиотеками SciPy/NumPy, COMSOL Multiphysics и др.) наиболее эффективны для реализации математических моделей технологических процессов? Кратко (70–100 слов) опишите 2 инструмента и укажите их преимущества для задач моделирования.

6. Как проводится верификация математической модели? Опишите 2–3 метода верификации (например, сравнение с аналитическим решением, проверка размерностей) и поясните, какие ошибки они позволяют выявить.

7. Какие методы используются для валидации математической модели по экспериментальным данным? Перечислите 2–3 метода (например, расчёт среднеквадратичной ошибки, построение графиков остатков) и укажите критерии успешной валидации.

8. Как оценить чувствительность модели к изменению параметров? Опишите методику анализа чувствительности (3–4 шага) и приведите пример интерпретации результатов для модели регулирования давления в трубопроводе.

9. Какие численные методы применяются для решения систем дифференциальных уравнений в задачах моделирования? Кратко (50–70 слов) охарактеризуйте 2 метода (например, метод Рунге-Кутты, метод конечных разностей) и укажите их область применения.

10. Как осуществляется дискретизация непрерывной модели для численного решения? Опишите 2–3 подхода к дискретизации (например, метод конечных элементов, метод конечных объёмов) и укажите факторы выбора метода.

11. Какие критерии используются для оценки точности математической модели? Перечислите 3–4 показателя (например, среднеквадратичная ошибка, коэффициент детерминации) и укажите нормативные значения для инженерных расчётов.

12. Как документируются результаты практической работы по математическому моделированию? Укажите 4–5 обязательных разделов отчёта (например, постановка задачи, описание модели, результаты расчётов) и кратко раскройте содержание каждого раздела.

13. Какие типичные ошибки возникают при построении математических моделей технологических процессов? Приведите 3–4 примера ошибок (например, игнорирование нелинейностей, некорректные граничные условия) и предложите способы их предотвращения.

14. Как визуализируются результаты математического моделирования? Опишите 2–3 способа визуализации данных (например, графики переходных процессов, 3D-поверхности, анимации) и правила их оформления (подписи осей, легенды, масштаб).

15. Какие меры безопасности необходимо соблюдать при проведении экспериментальных исследований для сбора данных для моделирования? Перечислите 3–4 меры (например, контроль давления/температуры, аварийные блокировки) и кратко обоснуйте их необходимость для процессов с высокими энергонагрузками.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству
«практическая работа»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Практическая работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)
4	Практическая работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% вопросов/задач)
3	Практическая работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% вопросов/задач)
2	Практическая работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

4. Оценочные средства для промежуточной аттестации

(зачет)

- 1) Дайте определение математической модели. Какие виды моделей (детерминированные, стохастические, статические, динамические) вы знаете?
- 2) Опишите этапы построения математической модели технологического процесса.
- 3) В чем разница между аналитическими и численными методами моделирования? Приведите примеры.
- 4) Какие программные средства (MATLAB, Simulink, Python, AnyLogic и др.) применяются для математического моделирования в автоматизации?
- 5) Запишите дифференциальное уравнение, описывающее динамику объекта 1-го порядка. Приведите пример из ТП (нагреватель, ёмкость с жидкостью и др.).
- 6) Как преобразовать дифференциальное уравнение в передаточную функцию? Продемонстрируйте на примере.
- 7) Постройте переходную характеристику звена 2-го порядка (колебательное, апериодическое) в MATLAB/Simulink.
- 8) Как определить устойчивость системы по критерию Гурвица? Примените его для заданной передаточной функции.
- 9) В чем суть метода наименьших квадратов (МНК)? Как его применяют для идентификации параметров модели?
- 10) Сформулируйте задачу оптимизации для технологического процесса (минимизация энергии, максимизация производительности).
- 11) Какие методы оптимизации (градиентные, генетические алгоритмы и др.) подходят для задач автоматизации?
- 12) Смоделируйте в MATLAB процесс поиска экстремума функции с помощью градиентного спуска.
- 13) Как моделируется работа ПИД-регулятора? Приведите схему в Simulink.
- 14) Постройте модель системы автоматического управления (САУ) температурой в реакторе.
- 15) В чем особенности дискретных моделей (разностные уравнения, Z-преобразование)?
- 16) Смоделируйте работу логистической системы производства с использованием агентного подхода (AnyLogic).
- 17) Как математическое моделирование применяется в управлении роботизированными комплексами?
- 18) Разработайте модель прогнозирования отказов оборудования на основе данных датчиков.
- 19) Сравните методы имитационного и аналитического моделирования на примере производственной линии.
- 20) Проанализируйте влияние случайных факторов (шумов, возмущений) на работу САУ.
- 21) Как нейронные сети могут быть использованы для создания нелинейных моделей технологических процессов? Приведите пример.
- 22) В чем заключается концепция Digital Twin? Опишите этапы разработки цифрового двойника для промышленного оборудования.
- 23) Какие принципы заложены в дискретно-событийном моделировании (DES)? Сравните DES с агентным моделированием на примере логистического цеха.
- 24) Как объединяются физические и data-driven модели (например, механические уравнения + машинное обучение)? Примените это к задаче управления роботоманипулятором.

25) Какие методы используются для проверки адекватности математической модели реальному процессу? Приведите критерии оценки точности.

26) Какие особенности учитываются при моделировании систем с жесткими временными ограничениями (например, управление прецизионными станками)?

27) Как методы математического программирования (линейного, нелинейного) применяются для минимизации энергозатрат в производственном цикле?

28) Разработайте модель системы с резервированием компонентов. Как оценить её надежность с помощью теории вероятностей?

29) Как инструменты ROS (Gazebo, Rviz) помогают в создании и тестировании моделей роботизированных систем?

30) Какие перспективы имеет применение квантовых алгоритмов для оптимизации сложных технологических процессов?

Критерии и шкала оценивания к промежуточной аттестации
«зачет»

Шкала оценивания	Критерий оценивания
зачтено	Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
	Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
	Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
не зачтено	Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.

9. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости рабочая программа учебной дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). В случае необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения – аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, – не более чем на 90 минут;
- продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут;
- продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 минут.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобренны изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)