

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 11 от 25.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Математическое моделирование процессов управления

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
02.04.01 - Математика и компьютерные науки

Направленность образовательной программы
Математика и компьютерные науки

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.08 Математическое моделирование процессов управления относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-2: Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, совершенствовать и разрабатывать концепции, теории и методы	ОПК-2.1: Владеет навыками создания и исследования новых математических моделей в естественных науках ОПК-2.2: Умеет использовать их в профессиональной деятельности ОПК-2.3: Имеет практический опыт создания и исследования подобных математических моделей и разработки теорий и методов для их описания	ОПК-2.1: Знать как строить математические модели управляемых объектов и процессов и формулировать задачи управления, включая задачи управления в условиях неопределенности. ОПК-2.2: Уметь анализировать и корректировать процессы управления с использованием техники линейных матричных неравенств ОПК-2.3: Владеть методами и приемами аналитического и численного решения задач управления, в том числе для решения задач: 1. Синтеза регуляторов по состоянию и измеряемому выходу. 2. Оптимального гашения возмущений. 3. Оптимального линейно-квадратичного управления. 4. Робастной стабилизации. навыками использования универсальных математических пакетов для выполнения расчетов.	Задания	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	74
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
1. Примеры математических моделей управляемых систем и процессов.	8	1		1	7
2. Описание линейных управляемых систем в пространстве состояний. Передаточная функция. Операторный подход. Нормы сигналов. Нормы операторов. Нормы передаточных функций.	11	2	2	4	7
3. Виды управления. Программное управление. Обратная связь по состоянию. Обратная связь по выходу. Управляемость. Наблюдаемость.	11	2	2	4	7
4. Устойчивость. Устойчивость линейных непрерывных систем. Устойчивость дискретных систем. Критерии устойчивости. Методы исследования. Линейные матричные неравенства.	10	1	2	3	7
5. Стабилизация линейных управляемых систем. Задачи стабилизации по состоянию и по выходу. Примеры решения задач.	11	2	2	4	7
6. Оптимальное линейно-квадратичное управление. Синтез регуляторов по состоянию и измеряемому выходу.	11	2	2	4	7
7. Оптимальное гашение возмущений. Оптимальное - управление.	10	1	1	2	8
8. Численные методы синтеза законов управления.	10	1	1	2	8
9. Законы управления в условиях неопределенности. Модели неопределенности. Робастная устойчивость.	12	2	2	4	8
10. Робастная стабилизация. Робастное - управление.	12	2	2	4	8

Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	16	16	34	74

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Примеры математических моделей управляемых систем и процессов.
2. Описание линейных управляемых систем в пространстве состояний. Передаточная функция. Операторный подход. Нормы сигналов. Нормы операторов. Нормы передаточных функций.
3. Виды управления. Программное управление. Обратная связь по состоянию. Обратная связь по выходу. Управляемость. Наблюдаемость.
4. Устойчивость. Устойчивость линейных непрерывных систем. Устойчивость дискретных систем. Критерии устойчивости. Методы исследования. Линейные матричные неравенства.
5. Стабилизация линейных управляемых систем. Задачи стабилизации по состоянию и по выходу. Примеры решения задач.
6. Оптимальное линейно-квадратичное управление. Синтез регуляторов по состоянию и измеряемому выходу.
7. Оптимальное гашение возмущений. Оптимальное - управление.
8. Численные методы синтеза законов управления.
9. Законы управления в условиях неопределенности. Модели неопределенности. Робастная устойчивость.
10. Робастная стабилизация. Робастное - управление.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

«Математическое моделирование процессов управления», <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=6844>.

Иные учебно-методические материалы:

Виды самостоятельной работы: подготовка к лекциям и практическим занятиям, изучение обязательной и дополнительной литературы, выполнение практических заданий.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

1. Записать необходимые и достаточные условия устойчивости линейной системы в терминах линейных матричных неравенств.
2. Записать условие робастной устойчивости линейной системы в терминах линейных матричных неравенств.
3. Записать решение задачи оптимального H_∞ - управления в терминах линейных матричных неравенств.
4. Описать модели управляемых объектов и процессов по измеряемому состоянию и выходу.
5. Сформулировать задачи стабилизации по состоянию и управляемому выходу.
6. Сформулировать задачи оптимального линейно-квадратичного управления по состоянию и управляемому выходу.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнена основная часть задания, возможно с незначительными недочетами
не зачтено	Выполнено менее половины задания, есть существенные недочеты

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	знаний вследствие отказа обучающегося от ответа		много негрубых ошибок	подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	подготовк и. Ошибок нет.	
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».

	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»
--	--------------	---

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

1. Описание линейных управляемых систем в пространстве состояний. Передаточная функция.
2. Нормы сигналов. Нормы операторов. Нормы передаточных функций.
3. Обратная связь по состоянию. Обратная связь по выходу. Управляемость. Наблюдаемость.
4. Линейные матричные неравенства для исследования устойчивости динамических систем.
5. Задача стабилизации по состоянию и по измеряемому выходу.
6. Оптимальное линейно-квадратичное управление. Синтез законов управления по состоянию и по выходу.
7. Оптимальное H^∞ - управление. Синтез законов H^∞ - управления по состоянию.
8. Модели неопределенности. Робастная устойчивость. Достаточные условия робастной устойчивости.
9. Робастная стабилизация. Робастное H^∞ - управление.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент получил верный ответ во всех заданиях. При этом студент продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент получил верный ответ во всех заданиях.
очень хорошо	Студент получил верный ответ в большинстве заданий.
хорошо	Студент решил большую часть задач с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент решил большую часть задач с существенными недочетами.
неудовлетворительно	Студент допускает грубые ошибки в решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных

Оценка	Критерии оценивания
	задач.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Федюков А. А. Применение средств пакета MATLAB для численного решения задач стабилизации по выходу динамических систем с фазовыми ограничениями : учебно-методическое пособие / Федюков А. А. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2014. - 37 с. - Рекомендовано методической комиссией факультета ВМК для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 010400 «Прикладная математика и информатика». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729864&idb=0>.
2. Неймарк Юрий Исаакович. Математические модели в естествознании и технике : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика" и специальности 010200 "Прикладная математика и информатика" / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 2004. - 401 с. - ISBN 5-85746-496-X : 80.00., 156 экз.
3. Неймарк Юрий Исаакович. Динамические системы и управляемые процессы. - М. : Наука, 1978. - 336 с. : ил. - 1.50., 40 экз.

Дополнительная литература:

1. Баландин Д. В. Классические и современные методы построения регуляторов в примерах : электронное учебно-методическое пособие / Баландин Д. В., Городецкий С. Ю. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2012. - 122 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729784&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Научная электронная библиотека
<http://e-library/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов»
<http://scholl-collection.edu.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: 1. Операционные системы семейства Microsoft Windows, пакет прикладных программ «MATLAB».

2. Учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде, в электронных библиотеках и на кафедре дифференциальных уравнений, математического и численного анализа.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 02.04.01 - Математика и компьютерные науки.

Автор(ы): Баландин Дмитрий Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Калинин Алексей Вячеславович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.