

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 президиума ученого совета ННГУ
протокол от
«20» апреля 2021 г. № 1

Рабочая программа дисциплины

**Управление колебаниями
динамических систем-1**

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная математика и информатика (общий профиль)

Квалификация (степень)

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Нижний Новгород
2018

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) вариативная часть	Дисциплина Б1.В.ДВ.05.02 «Управление колебаниями динамических систем-1» относится к вариативной части ОПОП направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Дисциплина «Управление колебаниями динамических систем» состоит из 2-х частей:

первая часть «Управление колебаниями динамических систем-1» читается в 5 семестре;
вторая часть «Управление колебаниями динамических систем-2» читается в 6 семестре.

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.02 «Управление колебаниями динамических систем-1» включена в вариативную часть ОПОП дисциплин по выбору направления подготовки «010302 Прикладная математика и информатика». Преподается в 5 семестре.

Форма отчетности – экзамен 5 семестр.

Целями освоения дисциплины являются:

Разнообразные реальные процессы, происходящие в окружающем мире, зачастую являются управляемыми, т.е. протекают различным образом в зависимости от конкретного воздействия на них управляющей стороны. При этом естественным является стремление выбрать в некотором смысле оптимальное управляющее воздействие, т.е. наилучшее по сравнению со всеми другими возможными способами управления.

Изложение опирается на курсы дифференциальных уравнений, линейной алгебры, теории управления, а также на ряд специальных курсов, посвященных качественной теории динамических систем и оптимальному управлению.

Целями освоения дисциплины являются:

- ознакомление студентов с современными достижениями теории управления,
- закреплении навыков использования методов теории оптимального управления для аналитического и численного решения конкретных задач;
- ознакомление с фундаментальными методами исследования переменных величин посредством анализа бесконечно малых, основу которого составляет теория дифференциального и интегрального исчисления;
- приобретение навыков математического моделирования различных процессов и закономерностей реального мира;
- подготовка фундаментальной базы для изучения дисциплин: «Математическая физика», «Методы оптимизации», «Численные методы» а также специальных курсов;
- воспитание у студентов математической культуры;
- формирование математического мышления;
- формирование абстрактной формы рассмотрения проблем;
- развитие математической культуры слушателей;

- привитие навыков работы в команде;
- развитие способностей к самоорганизации и самообразованию.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников).

Научиться применять методы аналитического и численного решения задач оптимального управления, уметь применять их при анализе конкретных моделей управляемых процессов и систем.

В результате изучения студенты должны:

Знать постановки задач оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, формулировки необходимых условий оптимальности для различных типов задач, уметь применять эти условия для решения задач оптимального управления.

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<p>ОПК-1 Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой</p> <p>(Базовый этап)</p>	<p>Уметь: У1 (ОПК-1)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Приобретать новые научные и профессиональные знания для решения задач оптимального управления, используя современные образовательные и информационные технологии; 2. Искать информацию о научных и технологических достижениях в сети Интернет и из других источников 3. Уметь анализировать и выбирать современные технологии и методики выполнения работ по реализации информационной системы 4. Собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования подходов, решений и выводов по соответствующим научным и профессиональным проблемам <p>Владеть: В1 (ОПК-1)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Владеть навыками ведения аналитической деятельности 2. Владеть математическим мышлением, математической культурой как частью профессиональной и общечеловеческой культуры <p>Знать: З1 (ОПК-1) – постановку задач оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, формулировки необходимых условий оптимальности для различных типов задач.</p>
<p>ПК-2 Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат</p> <p>(Базовый этап)</p>	<p>Знать: З1 (ПК-2) понятия и утверждения дисциплины «Управление колебаниями динамических систем-1»:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие о динамической системе. Фазовое пространство. Фазовые траектории. 2. Устойчивость решения дифференциального уравнения по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость. Экспоненциальная устойчивость. 3. Прямой метод Ляпунова исследования систем на устойчивость Теоремы Ляпунова об устойчивости. 4. Теорема Барбашина-Красовского. Устойчивость по части переменных. Теорема Румянцева об устойчивости по части переменных. 5. Устойчивость линейных стационарных систем. Критерий Рауса-Гурвица. Частотные критерии устойчивости. 6. Устойчивость систем по первому приближению. Матричное уравнение Ляпунова. 7. Постановка задач оптимального управления. Программное

	<p>управление. Синтез управления.</p> <p>8. Необходимые условия оптимальности в задачах Майера и Лагранжа. Функция Гамильтона. Условия трансверсальности.</p> <p>9. Необходимые условия оптимальности в общей задаче. Метод множителей Лагранжа.</p> <p>10. Линейно-квадратичная задача. Оптимальное управление в форме обратной связи по состоянию системы. Матричное уравнение Риккати.</p> <p>Уметь: У1 (ПК-2) использовать на практике знания, полученные при изучении дисциплины «Управление колебаниями динамических систем-1»: 1. Записывать необходимые условия оптимальности для задач оптимального управления. 2. Находить оптимальное управление в линейно-квадратичной задаче, используя матричное уравнение Риккати. У2 (ПК-2) доказывать ранее изученные математические утверждения У3(ПК-2) проводить доказательства математических утверждений не аналогичных ранее изученным, но тесно примыкающих к ним.</p> <p>Владеть: В1 (ПК-2) способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности В2 (ПК-2) Владеть навыками применения методов решения задач оптимального управления.</p>
--	--

3. Структура и содержание дисциплины «Управление колебаниями динамических систем-1»

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего **108** часов, из которых **50 часов** составляет **контактная работа** обучающегося с преподавателем:

16 часов занятия лекционного типа

32 часов практические занятия

2 часа – мероприятия промежуточной аттестации (экзамен)

58 часов составляет **самостоятельная работа** обучающегося (в т.ч. 36 часов подготовки к экзамену)

Содержание дисциплины «Управление колебаниями динамических систем-1»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	в том числе					
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы					Самостоятельная работа студента часы
		из них					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа		Всего контактных часов	
1.МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	27	4	8			12	15

<p>1.1. Понятие о динамической системе. Фазовое пространство. Фазовые траектории. Примеры динамических систем, описываемые дифференциальными уравнениями в обыкновенных и частных производных. Примеры конечномерных и бесконечномерных фазовых пространств.</p> <p>1.2. Устойчивость решения дифференциального уравнения по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость. Экспоненциальная устойчивость.</p> <p>1.3. Прямой метод Ляпунова исследования систем на устойчивость Теоремы Ляпунова об устойчивости. Теорема Четаева о неустойчивости.</p> <p>1.4. Развитие метода Ляпунова. Теорема Барбашина-Красовского. Устойчивость по части переменных. Теорема Румянцева об устойчивости по части переменных. Метод сравнения Матросова.</p> <p>1.5. Примеры исследования динамических систем на устойчивость.</p>							
<p>2. УСТОЙЧИВОСТЬ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ</p> <p>2.1. Устойчивость линейных стационарных систем. Критерий Рауса-Гурвица. Частотные критерии устойчивости.</p> <p>2.2. Устойчивость линейных нестационарных систем. О методе "замороженных коэффициентов". Устойчивость систем с периодическим изменением параметров.</p> <p>2.3. Устойчивость систем по первому приближению. Матричное уравнение Ляпунова.</p>	27	4	8			12	15
<p>3. ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ</p> <p>3.1. Математические модели управляемых систем. Постановка задач оптимального управления. Программное управление. Синтез управления.</p> <p>3.2. Примеры решения конкретных задач оптимального управления. Задача Годдарда. Задача о мягкой посадке космического аппарата.</p>	25	4	8			12	13
<p>4. ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ВАРИАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ</p> <p>4.1. Постановка задач оптимального управления. Связь с задачами вариационного исчисления.</p> <p>4.2. Необходимые условия оптимальности в задачах Майера и Лагранжа. Функция Гамильтона. Условия трансверсальности.</p> <p>4.3. Необходимые условия оптимальности в общей задаче. Метод множителей Лагранжа.</p> <p>4.4. Линейно-квадратичная задача. Оптимальное управление в форме обратной связи по состоянию системы. Матричное</p>	27	4	8			12	15

уравнение Риккати.							
В т.ч. текущий контроль	2						
Промежуточная аттестация - экзамен							

4. Образовательные технологии

Используются активные и интерактивные образовательные технологии в форме лекций и практических занятий.

Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций используемые на занятиях лекционного типа.

Лекция-информация. Ориентирована на изложение и объяснение студентам научной информации, подлежащей осмыслению и запоминанию.

Практические занятия. Одна из форм учебного занятия, направленная на развитие самостоятельности обучающихся и приобретение умений и навыков. Данные учебные занятия углубляют, расширяют, детализируют полученные на лекции знания. Практическое занятие предполагает выполнение студентами по заданию и под руководством преподавателя нескольких домашних практических работ.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Выполнение домашних практических заданий.

5.2 Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов, практические задания для проведения текущего контроля

а) Основная литература

1. Неймарк Ю.И. Математические модели в естествознании и технике. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2004. 401 с. 161 экз
2. Баландин Д.В., Коган М.М. Использование LMI toolbox пакета Matlab в синтезе законов управления. Учебно-методические материалы по программе повышения квалификации «Информационные технологии и компьютерная математика». ННГУ, 2006. <http://www.unn.ru/e-library/aids.html?pscience=5&posdate=2006>

б) Дополнительная литература

1. Черноусько Ф.Л., Баничук Н.В. Вариационные задачи механики и управления. М.: Наука, 1973. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/numerics.htm>
2. Акуленко Л.Д. Асимптотические методы оптимального управления. М.: Наука, 1987 <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/numerics.htm>
3. Неймарк Ю.И. Динамические системы и управляемые процессы. М.: Наука, 1978. 336 с. 37 экз

5.3 Вопросы для контроля:

1. Понятие о динамической системе. Фазовое пространство. Фазовые траектории.
2. Устойчивость решения дифференциального уравнения по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость. Экспоненциальная устойчивость.
3. Прямой метод Ляпунова исследования систем на устойчивость Теоремы Ляпунова об устойчивости.
4. Теорема Барбашина-Красовского. Устойчивость по части переменных. Теорема Румянцева об устойчивости по части переменных.
5. Устойчивость линейных стационарных систем. Критерий Рауса-Гурвица. Частотные критерии устойчивости.
6. Устойчивость систем по первому приближению. Матричное уравнение Ляпунова.

7. Постановка задач оптимального управления. Программное управление. Синтез управления.
8. Необходимые условия оптимальности в задачах Майера и Лагранжа. Функция Гамильтона. Условия трансверсальности.
9. Необходимые условия оптимальности в общей задаче. Метод множителей Лагранжа.
10. Линейно-квадратичная задача. Оптимальное управление в форме обратной связи по состоянию системы. Матричное уравнение Риккати.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

6.1 Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования (*приводятся полные «карты компетенций», в формировании которых участвует дисциплина (модуль) или дается ссылка на них*).

Оценка уровня формирования компетенции **ОПК-1**

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	Шкала оценивания
Знать: 31 (ОПК-1) – постановку задач оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, формулировки необходимых условий оптимальности для различных типов задач. Уметь: У1 (ОПК-1) 1. Приобретать новые научные и профессиональные знания для решения задач оптимального управления, используя современные образовательные и информационные технологии; 2. Искать информацию о научных и технологических достижениях в сети Интернет и из других источников 3. Уметь анализировать и выбирать современные технологии и методики выполнения работ по реализации информационной системы 4. Собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования подходов, решений и выводов по соответствующим научным и профессиональным проблемам Владеть: В1 (ОПК-1) 1. Владеть навыками ведения аналитической деятельности 2. Владеть математическим мышлением, математической культурой как частью	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией.	Плохой уровень формирования компетенции. 0-19 баллов - «Плохо»
	Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией	Неудовлетворительный уровень формирования компетенции. 20-49 баллов – «неудовлетворительно»
	Знать постановку задач оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, формулировки необходимых условий оптимальности для различных типов задач. Уметь У1 с рядом негрубых ошибок. Владеть навыками ведения аналитической деятельности, математическим мышлением, математической культурой как частью профессиональной и общечеловеческой культуры	Удовлетворительный уровень формирования компетенции. 50-59 баллов «Удовлетворительно»
	Знать постановку задач оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, формулировки необходимых условий оптимальности для различных типов задач. Уметь У1 с незначительными погрешностями. Владеть большинством основных навыков, демонстрируя их в стандартных ситуациях	Хороший уровень формирования компетенции. 60-79 баллов «Хорошо»
Критерии оценивания (дескрипторы)		Шкала оценивания
Знать постановку задач оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными		Очень хороший уровень формирования компетенции 80-89 баллов

профессиональной и общечеловеческой культуры	уравнениями, формулировки необходимых условий оптимальности для различных типов задач. Уметь У1 без ошибок и погрешностей. Владеть всеми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях	«Очень хорошо»
	Знать основные определения и утверждения, предусмотренные компетенцией без ошибок и погрешностей. Уметь У1. Владеть всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.	Отличный уровень формирования компетенции 90-99 баллов «Отлично»
	Знать основной и дополнительный материал без ошибок и погрешностей. Уметь У1. Свободно Владеть всеми навыками, демонстрируя их в стандартных и нестандартных ситуациях.	Превосходный уровень формирования компетенции 100 баллов «Превосходно»

Оценка уровня формирования компетенции ПК-2

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	Шкала оценивания
Знать 31 (ПК-2) понятия и утверждения дисциплины «Управление колебаниями динамических систем-1»: Уметь У1 (ПК-2) использовать на практике знания, полученные при изучении дисциплины «Управление колебаниями динамических систем-1»: 1. Записывать необходимые условия оптимальности для задач оптимального управления. 2. Находить оптимальное управление в линейно-квадратичной задаче, используя матричное уравнение Риккати. 3. Записывать условия оптимальности, используя метод динамического программирования Беллмана. 4. Решать задачу синтеза оптимальных быстродействий для линейных систем второго порядка. У2 (ПК-2) доказывать ранее изученные математические утверждения У3(ПК-2) проводить доказательства математических утверждений не аналогичных ранее изученным, но тесно примыкающих к ним Владеть В1 (ПК-2) способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности В2 (ПК-2) Владеть навыками применения методов приближенного решения операторных и интегральных уравнений.	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией.	Плохой уровень формирования компетенции. 0-19 баллов - «Плохо»
	Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией	Неудовлетворительный уровень формирования компетенции. 20-49 баллов – «неудовлетворительно»
	Знать понятия и утверждения дисциплины «Управление колебаниями динамических систем-1» с рядом негрубых ошибок.: Уметь У1,У2,У3 с рядом негрубых ошибок. Владеть способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности. Владеть навыками применения методов решения задач оптимального управления.	Удовлетворительный уровень формирования компетенции. 50-59 баллов «Удовлетворительно»
	Знать понятия и утверждения дисциплины «Управление колебаниями динамических систем-1» с рядом заметных погрешностей. Уметь У1,У2,У3 с незначительными погрешностями. Владеть большинством основных навыков, демонстрируя их в стандартных ситуациях	Хороший уровень формирования компетенции. 60-79 баллов «Хорошо»
	Критерии оценивания (дескрипторы) Знать понятия и утверждения	Шкала оценивания Очень хороший уровень

	дисциплины «Управление колебаниями динамических систем-1» с незначительными погрешностями. Уметь У1,У2, У3 без ошибок и погрешностей. Владеть всеми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях	формирования компетенции 80-89 баллов «Очень хорошо»
	Знать основные определения и утверждения, предусмотренные компетенцией без ошибок и погрешностей. Уметь У1,У2, У3. Владеть всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.	Отличный уровень формирования компетенции 90-99 баллов «Отлично»
	Знать основной и дополнительный материал без ошибок и погрешностей. Уметь У1,У2,У3 Свободно Владеть всеми навыками, демонстрируя их в стандартных и нестандартных ситуациях.	Превосходный уровень формирования компетенции 100 баллов «Превосходно»

Карта компетенций для оценивания умений и навыков

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
Умения У1 (ОПК-1) У1 (ПК-2) У2 (ПК-2) У3 (ПК-2)	отсутствует способность решения стандартных задач	наличие грубых ошибок при решении стандартных задач	способность решения основных стандартных задач с негрубыми ошибками	способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями	способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей	Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач	способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач
Навыки В1 (ОПК-1) В1 (ПК-2) В2 (ПК-2)	полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией	отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией	наличие минимального необходимого множества навыков	наличие большинства основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях	наличие всех основных навыков, продемонстрированных в стандартных ситуациях	наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях	Наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных и нестандартных ситуациях

6.2. Описание шкал оценивания

Шкала оценок при промежуточной аттестации в форме экзамена

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждая теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий
Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждает теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
Очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.
Хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.
Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки при характеристике нормативно-правовой базы валютного регулирования, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Студент посещал практические занятия. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
Плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

6.3 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- практические задания.

6.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Вопросы для экзамена для оценивания результатов обучения в виде знаний, умений и владений компетенций ОПК1, ПК2

1. Понятие о динамической системе. Фазовое пространство. Фазовые траектории. Примеры динамических систем, описываемых дифференциальными уравнениями в обыкновенных и частных производных.
2. Устойчивость решения дифференциального уравнения по Ляпунову.
3. Асимптотическая устойчивость. Экспоненциальная устойчивость.
4. Теоремы Ляпунова об устойчивости. Теорема Четаева о неустойчивости.
5. Теорема Барбашина-Красовского. Устойчивость по части переменных.
6. Теорема Румянцева об устойчивости по части переменных.
7. Устойчивость линейных стационарных систем. Критерий Рауса-Гурвица.
8. Частотные критерии устойчивости.
9. Устойчивость систем с периодическим изменением параметров.
10. Устойчивость систем по первому приближению. Матричное уравнение Ляпунова.
11. Математические модели управляемых систем.
12. Постановка задач оптимального управления.
13. Программное управление. Синтез управления.
14. Необходимые условия оптимальности в задачах Майера и Лагранжа.
15. Функция Гамильтона. Условия трансверсальности.
16. Необходимые условия оптимальности в общей задаче.
17. Метод множителей Лагранжа.
18. Линейно-квадратичная задача. Оптимальное управление в форме обратной связи по состоянию системы. Матричное уравнение Риккати.

Типовые практические задания для текущего контроля успеваемости для оценивания результатов обучения в виде умений и владений компетенций ОПК-1, ПК-2

1. Построение функций Ляпунова для анализа устойчивости (неустойчивости) тривиального решения систем дифференциальных уравнений.
2. Применение теоремы Барбашина-Красовского к анализу устойчивости тривиального решения систем дифференциальных уравнений.
3. Применение теоремы Румянцева к анализу устойчивости решений дифференциальных уравнений по части переменных.
4. Анализ устойчивости систем дифференциальных уравнений по первому приближению.
5. Применение критерия Рауса-Гурвица к анализу устойчивости линейных систем дифференциальных уравнений.
6. Формулировка и вывод необходимых условий оптимальности в задачах Майера и Лагранжа.
7. Формулировка необходимых условий оптимальности в задачах оптимального управления с использованием множителей Лагранжа.
8. Формулировка линейно-квадратичной задачи оптимального управления. Представление решения этой задачи через решение дифференциального матричного уравнения Риккати.

Вопросы для собеседования для оценивания результатов обучения в виде знаний компетенций ОПК1, ПК2

Вопросы для оценки компетенции «ОПК-1»:

1. Понятие о динамической системе. Фазовое пространство. Фазовые траектории.

2. Устойчивость решения дифференциального уравнения по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость. Экспоненциальная устойчивость.
3. Прямой метод Ляпунова исследования систем на устойчивость Теоремы Ляпунова об устойчивости.
4. Теорема Барбашина-Красовского. Устойчивость по части переменных. Теорема Румянцева об устойчивости по части переменных.
5. Устойчивость линейных стационарных систем. Критерий Рауса-Гурвица. Частотные критерии устойчивости.
6. Устойчивость систем по первому приближению. Матричное уравнение Ляпунова.
7. Постановка задач оптимального управления. Программное управление. Синтез управления.
8. Необходимые условия оптимальности в задачах Майера и Лагранжа. Функция Гамильтона. Условия трансверсальности.
9. Необходимые условия оптимальности в общей задаче. Метод множителей Лагранжа.

Вопросы для оценки компетенции «ПК-2»:

1. Линейно-квадратичная задача. Оптимальное управление в форме обратной связи по состоянию системы. Матричное уравнение Риккати.
2. Прямые методы решения задач оптимального управления. Конечномерные аналоги задач. Сведение к задаче нелинейного программирования.

Пример экзаменационных билетов

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского

Институт/факультет Институт информационных технологий, математики и механики
Кафедра Дифференциальных уравнений, математического и численного анализа

Дисциплина **Управление колебаниями динамических систем-1**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Теорема Барбашина-Красовского. Устойчивость по части переменных.
2. Необходимые условия оптимальности в задачах Майера и Лагранжа. Функция Гамильтона.

Зав. кафедрой _____

Экзаменатор _____

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ от 13.02.2014.

http://www.unn.ru/pages/general/norm-acts/attest_stud%202014.pdf

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Управление колебаниями динамических систем-1»

а) Основная литература

1. Неймарк Ю.И. Математические модели в естествознании и технике. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2004. 401 с. 161 экз.
2. Баландин Д.В., Коган М.М. Использование LMI toolbox пакета Matlab в синтезе законов управления. Учебно-методические материалы по программе повышения квалификации «Информационные технологии и компьютерная математика». ННГУ, 2006. <http://www.unn.ru/e-library/aids.html?pscience=5&posdate=2006>

б) Дополнительная литература

1. Черноусько Ф.Л., Баничук Н.В. Вариационные задачи механики и управления. М.: Наука, 1973. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/numerics.htm>
2. Акуленко Л.Д. Асимптотические методы оптимального управления. М.: Наука, 1987 <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/numerics.htm>
3. Неймарк Ю.И. Динамические системы и управляемые процессы. М.: Наука, 1976. 336 с. 37 экз.

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Ресурсы открытого доступа **Общероссийский математический портал**
Math-Net.Ru <http://www.lib.unn.ru/er/mathnet.html> (<http://www.mathnet.ru/>)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Имеются в наличии учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ. Наличие рекомендованной литературы.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Автор д.ф-м.н., проф. Баландин Д.В.

Рецензент: _____

Заведующий кафедрой ДУМиЧА _____ Д.В. Баландин

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики
от 24.02.2021 года, протокол № 5.