

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

«УТВЕРЖДАЮ»
Декан факультета ВМК
_____ В.П. Гергель
«____» 2018 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

**Вычислительные методы и
алгоритмы в задачах управления**
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Бакалавр

Направление подготовки / специальность

**020302 Фундаментальная информатика и информационные
технологии**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Инженерия программного обеспечения

Квалификация (степень)

Бакалавр

Форма обучения

очная

Нижний Новгород
2018

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Курс «Вычислительные методы и алгоритмы в задачах управления» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Б.1 ОПОП бакалавриата «Фундаментальная информатика и информационные технологии». Дисциплина опирается на знания, приобретенные обучающимися в курсах «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Алгебра и геометрия». Освоение данной дисциплины осуществляется в 5 семестре.

Индекс дисциплины **Б1.В.ДВ.03.02**. Форма отчетности зачет (5 семестр).

Целями освоения дисциплины являются:

- ознакомление студентов с современными достижениями теории управления, а также с вычислительными методами и алгоритмами решения этих задач;
- закрепление навыков использования методов теории управления для аналитического и численного решения конкретных задач;
- приобретение навыков математического моделирования различных управляемых процессов, а также навыков разработки алгоритмов для численного решения задач управления и их численной реализации на компьютере;
- подготовка фундаментальной базы для изучения дисциплин: «Методы оптимизации», «Вычислительные методы» а также некоторых 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 (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников).

В результате изучения студенты должны:

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

Уметь применять методы аналитического и численного решения задач управления при анализе конкретных моделей управляемых процессов и систем.

Владеть общей культурой мышления, способностью к восприятию, обобщению и анализу информации, способностью понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат и основные законы естествознания, способностью к ведению научно-исследовательской деятельности.

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<p>ПК-1 Способность к ведению научно-исследовательской деятельности в области фундаментальной информатики и информационных технологий: понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий (ПК-1-1); (базовый этап)</p>	<p>Уметь:</p> <p>У1(ПК-1-1) использовать на практике знания, полученные при изучении дисциплины «Вычислительные методы и алгоритмы в задачах управления»:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Записывать необходимые условия оптимальности для задач оптимального управления. 2. Находить оптимальное управление в линейно-квадратичной задаче, используя матричное уравнение Рикката. 3. Записывать условия оптимальности, используя метод динамического программирования Беллмана. 4. Решать задачу синтеза оптимальных быстродействий для линейных систем второго порядка. <p>У2(ПК-1-1)</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>У3(ПК-1-1) доказывать ранее изученные математические утверждения</p> <p>У4(ПК-1-1) проводить доказательства математических утверждений не аналогичных ранее изученным, но тесно примыкающих к ним.</p> <p>Владеть:</p> <p>В1(ПК-1-1)</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>В2(ПК-1-1) способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности</p> <p>В3(ПК-1-1) навыками применения методов решения задач оптимального управления.</p> <p>Знать:</p> <p>З1(ПК-1-1) – постановку задач оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, формулировки необходимых условий оптимальности для различных типов</p>

	<p>задач.</p> <p>32(ПК-1-1) понятия и утверждения дисциплины «Вычислительные методы и алгоритмы в задачах управления»:</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. Устойчивость линейных стационарных систем. Критерий Рауса-Гурвица. Частотные критерии устойчивости. 5. Устойчивость систем по первому приближению. Матричное уравнение Ляпунова. 6. Постановка задач оптимального управления. Программное управление. Синтез управления. 7. Необходимые условия оптимальности в задачах Майера и Лагранжа. Функция Гамильтона. Условия трансверсальности. 8. Необходимые условия оптимальности в общей задаче. Метод множителей Лагранжа. 9. Линейно-квадратичная задача. Оптимальное управление в форме обратной связи по состоянию системы. Матричное уравнение Риккати. 10. Принцип максимума как необходимое условие оптимальности. 11. Задачи с ограничениями типа равенств и неравенств на фазовые и управляющие переменные. 12. Задачи оптимального быстродействия. Синтез оптимального управления. 13. Построения оптимальных траекторий на фазовой плоскости. Кривые переключения управлений. 14. Принцип оптимальности Беллмана. 15. Функция Беллмана. Уравнение Беллмана. 16. Линейно-квадратичная задача на конечном интервале времени. 17. Второй метод Ляпунова в задаче оптимальной стабилизации. 18. Стационарная линейно-квадратичная задача. Алгебраическое уравнение Риккати. 19. Численные методы, использующие необходимые условия оптимальности. 20. Способы решения краевых задач. Перенос граничных условий. 21. Метод Крылова и Черноусько. 22. Методы, использующие функции штрафа.\
--	--

3. Структура и содержание дисциплины «Вычислительные методы и алгоритмы в задачах управления»

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 65 часов составляет **контактная работа** обучающегося с преподавателем, в которую включены 32 часа занятий лекционного типа, 32 часа лабораторных работ, 1 час мероприятия промежуточной аттестации; 43 часа составляет самостоятельная работа студентов

Содержание дисциплины «Вычислительные методы и алгоритмы в задачах управления»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	в том числе					Самостоятельная работа студента часов	
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации индивидуальные	Всего контактных часов		
1. АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ 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. 1.2. Устойчивость решения дифференциального уравнения по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость. 1.3. Прямой метод Ляпунова исследования систем на устойчивость Теоремы Ляпунова об устойчивости. 1.4. Примеры исследования динамических систем на устойчивость.	8	4				4	4	
2. АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ 2.1. Устойчивость линейных стационарных систем. Критерий Рауса-Гурвица. Частотные критерии устойчивости. 2.2. Устойчивость систем по первому приближению. 2.3. Обзор численных методов исследования на устойчивость линейных систем.	12	4		4		8	4	
3. ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ 3.1. Математические модели управляемых систем. Постановка задач оптимального управления. Программное управление. Синтез управления. 3.2. Понятие о численном решении дифференциального уравнения. Разностная аппроксимация дифференциального уравнения. Обзор численных методов решения	13	4		4		8	5	

дифференциальных уравнений.						
4. АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЗАДАЧАХ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ И ВАРИАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ	14	4		4		8 6
4.1. Постановка задач оптимального управления. Связь с задачами вариационного исчисления. 4.2. Необходимые условия оптимальности в задачах Майера и Лагранжа. Функция Гамильтона. Условия трансверсальности. 4.3. Линейно-квадратичная задача. Оптимальное управление в форме обратной связи по состоянию системы. Матричное уравнение Риккати. Численные методы решения дифференциального уравнения Риккати.						
5. ПРИНЦИП МАКСИМУМА ПОНТРЯГИНА В ЗАДАЧАХ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ	14	4		4		8 6
5.1. Особенности задач оптимального управления с ограничениями на функцию управления. 5.2. Принцип максимума как необходимое условие оптимальности. 5.3 Задачи с ограничениями типа равенств и неравенств на фазовые и управляющие переменные. 5.4. Задачи оптимального быстродействия. Синтез оптимального управления. 5.5. Построения оптимальных траекторий на фазовой плоскости. Кривые переключения управлений. 5.6. Теорема Фельдбахма о числе переключений. Условие общности положения. 5.7. Численные методы и алгоритмы решения задач оптимального быстродействия.						
6. ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ	20	6		8		14 6
4.1. Общая классификация численных методов решения задач оптимального управления. 4.2. Численные методы, использующие необходимые условия оптимальности. 4.3. Способы решения краевых задач. Перенос граничных условий. 4.4. Метод Крылова и Черноуско. 4.5. Методы, использующие функции штрафа. 4.6. Численное решение задач оптимального быстродействия. 4.7. Методы теории возмущений. 4.8. Прямые методы решения задач оптимального управления. Конечномерные аналоги задач. Сведение к задаче нелинейного программирования. 4.9. Метод локальных вариаций. 4.10. Проблемы устойчивости численных методов. 4.11. Численные методы решения задач на бесконечном интервале времени.						
7. МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ	14	4		4		8 6
2.1. Принцип оптимальности Беллмана. 2.2. Функция Беллмана. Уравнение Беллмана. 2.3. Линейно-квадратичная задача на конечном интервале времени. 2.4. Численные методы и алгоритмы решения уравнения Беллмана.						

8. ОПТИМАЛЬНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ 3.1. Постановка задачи о стабилизации системы. 3.2. Управляемость линейных систем. Второй метод Ляпунова в задаче оптимальной стабилизации. 3.3. Стационарная линейно-квадратичная задача. Алгебраическое уравнение Риккати. 3.4. Численные методы и алгоритмы решения алгебраического уравнения Риккати.	12	2		4		6	6
В т.ч. текущий контроль 2 ч.							
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>							

4. Образовательные технологии

Используются образовательные технологии в форме лекций и лабораторных работ. Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций используемые на занятиях лекционного типа:

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

Лабораторные 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. Лабораторная работа предполагает выполнение студентами по заданию и под руководством преподавателей нескольких практических работ, направленных на разработку алгоритмов и компьютерных программ для численного решения задач оптимального управления.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

- ❖ Подготовка лабораторных работ.

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. Неймарк Ю.И. Динамические системы и управляемые процессы. М.: Наука, 1978. 336 с. (37 экз.)
3. 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. Черноуско 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>

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.
11. Принцип максимума как необходимое условие оптимальности.
12. Задачи с ограничениями типа равенств и неравенств на фазовые и управляющие переменные.
13. Задачи оптимального быстродействия. Синтез оптимального управления.
14. Построения оптимальных траекторий на фазовой плоскости. Кривые переключения управлений.
15. Принцип оптимальности Беллмана.
16. Функция Беллмана. Уравнение Беллмана.
17. Линейно-квадратичная задача на конечном интервале времени.
18. Второй метод Ляпунова в задаче оптимальной стабилизации.
19. Стационарная линейно-квадратичная задача. Алгебраическое уравнение Риккати.
20. Численные методы, использующие необходимые условия оптимальности.
21. Способы решения краевых задач. Перенос граничных условий.
22. Метод Крылова и Черноусько.
23. Методы, использующие функции штрафа.
23. Численное решение задач оптимального быстродействия.
24. Прямые методы решения задач оптимального управления. Конечномерные аналоги задач. Сведение к задаче нелинейного программирования.
25. Метод локальных вариаций.
26. Проблемы устойчивости численных методов.
27. Численные методы решения задач на бесконечном интервале времени.

5.4. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ПРОГРАММА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

1. Численное решение алгебраического уравнения Риккати в стационарной задаче оптимальной стабилизации.
2. Численное решение дифференциального матричного уравнения Риккати.
3. Численное решение задач оптимального быстродействия.
4. Численное решение задач оптимального управления методом Крылова-Черноусько.
5. Численное решение задач оптимального управления методом локальных вариаций.
6. Численное решение задач оптимального управления с использованием штрафных функций.

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

6.1 Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

Оценка уровня формирования компетенции ПК-1

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	Шкала оценивания
Знать: 31(ПК-1-1) – постановку задач оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, формулировки необходимых условий оптимальности для различных типов задач. 32(ПК-1-1) понятия и утверждения дисциплины «Вычислительные методы и алгоритмы в задачах управления». Уметь: У1(ПК-1-1) использовать на практике знания, полученные при изучении дисциплины «Вычислительные методы и алгоритмы в задачах управления»: 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-1-1)	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией. Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией Знать постановку задач оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, формулировки необходимых условий оптимальности для различных типов задач. Понятия и утверждения дисциплины «Вычислительные методы и алгоритмы в задачах управления». Уметь У1 с рядом негрубых ошибок. Владеть навыками ведения аналитической деятельности, математическим мышлением, математической культурой как частью профессиональной и общечеловеческой культуры Способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности Навыками применения методов решения задач оптимального управления.	Плохой уровень формирования компетенции. 0-19 баллов – «Плохо» Неудовлетворительный уровень формирования компетенции. 20-49 баллов – «неудовлетворительно» Удовлетворительный уровень формирования компетенции. 50-59 баллов «Удовлетворительно» Хороший уровень
	Знать постановку задач оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, формулировки необходимых условий оптимальности для различных типов задач. Понятия и утверждения дисциплины «Вычислительные методы и алгоритмы в задачах управления». Уметь У1 с рядом негрубых ошибок. Владеть навыками ведения аналитической деятельности, математическим мышлением, математической культурой как частью профессиональной и общечеловеческой культуры Способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности Навыками применения методов решения задач оптимального управления.	
	Знать постановку задач оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, формулировки необходимых условий оптимальности для различных типов задач. Понятия и утверждения дисциплины «Вычислительные методы и алгоритмы в задачах управления». Уметь У1 с рядом негрубых ошибок. Владеть навыками ведения аналитической деятельности, математическим мышлением, математической культурой как частью профессиональной и общечеловеческой культуры Способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности Навыками применения методов решения задач оптимального управления.	
	Знать постановку задач оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, формулировки необходимых условий оптимальности для различных типов задач. Понятия и утверждения дисциплины «Вычислительные методы и алгоритмы в задачах управления». Уметь У1 с рядом негрубых ошибок. Владеть навыками ведения аналитической деятельности, математическим мышлением, математической культурой как частью профессиональной и общечеловеческой культуры Способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности Навыками применения методов решения задач оптимального управления.	

<p>1. Приобретать новые научные и профессиональные знания для решения задач оптимального управления, используя современные образовательные и информационные технологии;</p> <p>2. Искать информацию о научных и технологических достижениях в сети Интернет и из других источников</p> <p>3. Уметь анализировать и выбирать современные технологии и методики выполнения работ по реализации информационной системы</p> <p>4. Собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования подходов, решений и выводов по соответствующим научным и профессиональным проблемам</p> <p>У3(ПК-1-1) доказывать ранее изученные математические утверждения</p> <p>У4(ПК-1-1) проводить доказательства математических утверждений не аналогичных ранее изученным, но тесно примыкающих к ним.</p> <p>Владеть:</p> <p>B1(ПК-1-1)</p> <p>1. Владеть навыками ведения аналитической деятельности</p> <p>2. Владеть математическим мышлением, математической культурой как частью профессиональной и общечеловеческой культуры</p> <p>B2(ПК-1-1) способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности</p> <p>B3(ПК-1-1) навыками применения методов решения</p>	<p>оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, формулировки необходимых условий оптимальности для различных типов задач. Понятия и утверждения дисциплины «Вычислительные методы и алгоритмы в задачах управления».</p> <p>Уметь У1-У4 с незначительными погрешностями.</p> <p>Владеть большинством основных навыков, демонстрируя их в стандартных ситуациях</p>	<p>формирования компетенции.</p> <p>60-79 баллов</p> <p>«Хорошо»</p>
	<p>Критерии оценивания (дескрипторы)</p> <p>Знать постановку задач оптимального управления системами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, формулировки необходимых условий оптимальности для различных типов задач. Понятия и утверждения дисциплины «Вычислительные методы и алгоритмы в задачах управления».</p> <p>Уметь У1-У4 без ошибок и погрешностей. Владеть всеми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях</p>	<p>Шкала оценивания</p> <p>Очень хороший уровень формирования компетенции</p> <p>80-89 баллов</p> <p>«Очень хорошо»</p>
	<p>Знать основные определения и утверждения, предусмотренные компетенцией без ошибок и погрешностей. Уметь У1-У4.</p> <p>Владеть всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.</p>	<p>Отличный уровень формирования компетенции</p> <p>90-99 баллов</p> <p>«Отлично»</p>
	<p>Знать основной и дополнительный материал без ошибок и погрешностей. Уметь У1-У4 Свободно. Владеть всеми навыками, демонстрируя их в стандартных и нестандартных ситуациях.</p>	<p>Превосходный уровень формирования компетенции</p> <p>100 баллов</p> <p>«Превосходно»</p>

<i>задач</i>	<i>оптимального</i>		
--------------	---------------------	--	--

6.2 Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Оценка	Оценка	Уровень подготовки
Зачтено	Превосходно	<p>Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий поход 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.</p> <p>100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий</p>
	Отлично	<p>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.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше</p>
	Очень хорошо	<p>Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п.</p> <p>Студент активно работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.</p>
	Хорошо	<p>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.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.</p>
	Удовлетворительно	<p>Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки при характеристике нормативно-правовой базы</p>

		<p>валютного регулирования, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Студент посещал практические занятия.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.</p>
Не зачлено	Неудовлетворительно	<p>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.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.</p>
	Плохо	<p>Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.</p>

По результатам итоговой аттестации в 5 семестре проставляются оценки «Зачленено» (соответствует уровням оценки компетенций «удовлетворительно» и выше) и «Не зачленено» (соответствует уровням оценки компетенций «плохо» и «неудовлетворительно»).

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

- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

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

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить.

По сложности ПКЗ разделяются на простые и комплексные задания.

Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия. К ним можно отнести: простые ситуационные задачи с коротким ответом или простым действием; несложные задания по выполнению конкретных действий. Простые задания применяются для оценки умений. Комплексные задания требуют многоходовых решений как в типичной, так и в нестандартной ситуациях. Это задания в открытой форме, требующие поэтапного решения и развернутого ответа, в т.ч. задания на индивидуальное или коллективное выполнение проектов, на выполнение практических домашних практических работ. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

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

Типовые контрольные задания

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.
9. Формулировка необходимых условий оптимальности в форме принципа максимума Понтрягина.
10. Формулировка задачи оптимального быстродействия. Формулировка и доказательство теоремы Фельдбаума о числе переключений.
11. Примеры синтеза оптимальных быстродействий для линейных систем второго порядка.
12. Формулировка принципа оптимальности Беллмана. Вывод уравнения Беллмана для задач оптимального управления, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями.
13. Формулировка задачи об оптимальной стабилизации. Применение метода Ляпунова к решению задачи.
14. Классификация и краткий обзор методов численного решения задач оптимального управления.

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»

а) Основная литература

1. Неймарк Ю.И. Математические модели в естествознании и технике. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2004. 401 с. (161 экз.)
2. Неймарк Ю.И. Динамические системы и управляемые процессы. М.: Наука, 1978.- 336 с.(36 экз.)
3. 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

3. Черноусько Ф.Л., Баничук Н.В. Вариационные задачи механики и управления. М.: Наука, 1973. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/numerics.htm>
4. Акуленко Л.Д. Асимптотические методы оптимального управления. М.: Наука, 1987 <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/numerics.htm>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Имеются в наличии учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (компьютерный класс), промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет». Компьютерный класс с доступом в интернет для проведения тестирования и демонстрации результатов домашних лабораторных работ. Учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде, в электронных библиотеках.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ и ОПОП по направлению подготовки (профиль Инженерия программного обеспечения) 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор д.ф-м.н., проф.Баландин Д.В.

Заведующий кафедрой _____ Д.В. Баландин

Программа одобрена методической комиссией Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского
от 20 июня 2018 года, протокол № 10