

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 от  
«30» ноября 2022 г. № 13

**Рабочая программа дисциплины**  
**Теория управления**

---

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования  
специалитет

---

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность  
01.05.01 Фундаментальные математика и механика

---

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы  
Фундаментальная механика и приложения

---

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения  
очная

---

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижний Новгород  
2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к обязательной части.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.О.26, «Теория управления» относится к обязательной части ООП специальность 01.05.01 Фундаментальные математика и механика

## 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**	
ОПК-1 Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной математики и механики	ОПК-1.1. Знает основы фундаментальных физико-математических дисциплин и других естественных наук	Знает фундаментальные понятия естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы при исследовании динамических систем	Собеседование
	ОПК-1.2. Умеет формулировать, анализировать и решать профессиональные задачи с применением фундаментальных знаний математики, физики и других естественных наук.	Умеет применять фундаментальные знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы при исследовании динамических систем	Контрольная работа
	ОПК-1.3. Имеет практический опыт постановки и решения актуальных задач математики и механики	Владеет навыками применения фундаментальных знаний в области естественных наук, математики и информатики, основных фактов, концепций, принципов при исследовании динамических систем	Контрольная работа
ОПК-2 Способен создавать, анализировать и реализовывать новые математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении	ОПК-2.1. Знает основные положения, терминологию и методологию в области математического и алгоритмического моделирования	Знает основные понятия теории управления, стандартные задачи профессиональной деятельности с применением информационных технологий при исследовании динамических систем	Собеседование
	ОПК-2.2. Умеет осуществлять анализ и выбор методов решения задач	Умеет осуществлять анализ и выбор методов решения задач теории управления ДС, создавать новые математические модели с применением	Контрольная работа

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**	
	<i>профессиональной и научной деятельности на основе теоретических знаний в области математических и компьютерных наук.</i>	информационных технологий	
	<i>ОПК-2.3. Имеет практический опыт разработки новых методов математического моделирования для решения задач профессиональной и научной деятельности</i>	<b>Владеет навыками</b> решения и стандартных задач теории управления ДС, создания новых математических моделей с использованием информационных технологий.	<i>Контрольная работа</i>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>8 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>288</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа	64
- занятия лабораторного типа	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	3
<b>самостоятельная работа</b>	<b>121</b>
<b>Промежуточная аттестация –</b>	<b>зачет</b>
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>	<b>36</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения							
№	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР <sup>1</sup> , часы
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
			из них				
			З/ЛеТ <sup>2</sup>	З/СеТ <sup>3</sup>	З/ЛаТ <sup>4</sup>	Всего	
1.	Предмет и содержание теории управления. Важность теории управления динамическими системами. (ДС) (в частности механическими). Ключевые слова теории управления. Прямая и обратная связи. Примеры. Кибернетика как	18	6	6		12	6

Очная форма обучения							
№	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР <sup>1</sup> , часы
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
			из них				
			З.ЛеТ <sup>2</sup>	З.СеТ <sup>3</sup>	З.ЛаТ <sup>4</sup>	Всего	
	синтетическая наука. Исторический экскурс в кибернетику. Норберт Винер.						
2.	Понятие состояния динамической системы	16	4	4		8	8
3.	Понятие равновесия и стационарные состояния ДС. Методы исследования устойчивости состояний равновесия и теоремы Ляпунова А.М. и Четаева Н.Г. Примеры. Необходимость применения теории управления в случае неустойчивости стационарных состояний.	55	10	10		20	35
4.	Стабилизация верхнего положения маятника механически и средствами управления.	54	12	12		24	30
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	1					
	Промежуточная аттестация – зачет						
	Итого	144	32	32	0	64	79
1.	Управление и левитация. Теорема Ирншоу. Устойчивая левитация ферромагнитного тела без средств управления. Магнитный подвес. Стабилизация левитации управлением по току и напряжению. Линеаризация обратной связью. Релейный закон управления. Как осуществить управление цепной ядерной реакций?	40	12	12		24	16
2.	Авторулевой. «Послушная» и «непослушная» лодки. «Приведение» и «одерживание». Программное управление. Стратегия управления. Идеальный авторулевой Неидеальности исполнительного и измерительного устройств. Релейное управление. Двухпозиционный авторулевой.	36	11	11		22	14
3.	Исследования Максвелла и Вышнеградского систем прямого регулирования. Математическая модель системы «паровая машина с регулятором».	30	9	9		18	12

Очная форма обучения							
№2	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР <sup>1</sup> , часы
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
			из них				
			З.ЛеТ <sup>2</sup>	З.СеТ <sup>3</sup>	З.ЛаТ <sup>4</sup>	Всего	
	Противоположные выводы исследователей. Изобретение изобретения. Современное состояние проблемы.						
4.	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2					
5.	Промежуточная аттестация – экзамен	36					
6.	Итого	144	32	32	0	64	42
<div><sup>1</sup> Самостоятельная работа обучающегося. <sup>2</sup> Занятия лекционного типа. <sup>3</sup> Занятия семинарского типа. <sup>4</sup> Занятия лабораторного типа.</div>							

Практические занятия (семинарские занятия) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 64 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: применения теории управления в случае неустойчивости стационарных состояний, программное управление, стратегия управления.
- компетенций – ОПК-, ОПК-2..

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме зачета и экзамена.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет, экзамен).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств включает: контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме задач (практических заданий), контрольных работ и контрольные материалы для проведения промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к зачету и экзамену.

## 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		Знания	Умения	Навыки
плохо	не зачтено	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа
неудовлетворительно		Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
удовлетворительно	зачтено	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
очень хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
отлично		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
превосходно		Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже

Оценка		Уровень подготовки
		«отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 5.2.1. Контрольные вопросы

№	Вопросы	Код формируемой компетенции
1.	Кибернетика как наука синтетического типа	ОПК-1
2.	Задача об авторулевом. Фазовый портрет неуправляемой лодки. Как организовать управление ею?	ОПК-1
3.	Цели управления лодкой. Стратегии управления. Оптимальная стратегия.	ОПК-1
4.	Линейная стратегия управления лодкой.	ОПК-1
5.	Блок-схема реального авторулевого с пояснениями.	ОПК-1
6.	Релейный закон управления лодкой. Скользящий режим.	ОПК-1
7.	Системы управления Ползунова и Уатта.	ОПК-1
8.	Стабилизация верхнего положения маятника механическими средствами и управлением.	ОПК-1
9.	Неустойчивость левитации. Теорема Ирншоу. Стабилизация левитации управлением по току.	ОПК-1
10.	Стабилизация левитации управлением по напряжению.	ОПК-1
11.	Линеаризация обратной связью. Ее преимущества.	ОПК-1
12.	Кризис в создании новых скоростных регулируемых паровых машин в начале XIX века. Его причины. Исследования Максвелла и Вышнеградского систем прямого регулирования.	ОПК-1
13.	Управление – могучее средство изменения поведения и свойств динамических объектов и систем. Управление как возможность стабилизации механических	ОПК-2

№	Вопросы	Код формируемой компетенции
	систем.	
14.	Как построить управление неустойчивым СР линейной ДС третьего порядка, чтобы СР стало устойчивым?	ОПК-2
15.	Иерархическая система управления. На примере Нижегородского Университета	ОПК-2
16.	Как строится управление ядерным реактором, позволяющее использовать ценную реакцию в мирных целях?	ОПК-2
17.	Можно ли увеличить область асимптотической устойчивости стационарного рабочего режима конкретного технического устройства с помощью теории управления?	ОПК-2

### 5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Темы контрольных работ:

1. Язык теории управления механическими системами. Основное ключевое слово.

Примеры управляемых систем.

2. Решение конкретных задач по построению управлений для неустойчивых объектов.

Пример контрольной работы

1. Кибернетика как наука синтетического типа. Прямая и обратная связи в управляемых динамических системах. Примеры.
2. Понятие состояния динамической системы. Примеры динамических систем и их состояний.
3. Релейный закон управления на конкретном примере.

Пример задачи

1. Будет ли нулевое СР ДС, описываемой уравнением  $\ddot{x} + \dot{x} + \dot{x}^2 + 2x = u(t)$  устойчивым при  $u(t) \equiv 0$ ? Можно ли сделать его устойчивым, выбрав управление  $u(t) = \alpha x + \beta \dot{x}$ ? В плоскости параметров  $(\alpha, \beta)$  изобразите  $D(0)$ .

### 5.2.3. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-2

Тема контрольной работы:

Задачи с параметрами в управляемых динамических системах

Пример задачи

Дана Динамическая система  $m\ddot{z} = -mg + k \frac{qQ}{(z_0 - z)^2} \quad |z| \ll 1$

Определить тип состояния равновесия. Что надо сделать, чтобы СР стало устойчивым?



**6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

<b>№</b>	<b>а) основная литература:</b>	<b>К-во</b>
1.	Неймарк М.И., Коган Н.Я., Савельев В.П. Динамические модели теории управления. М.: Наука, 1985.	135
2.	Неймарк Ю.И. Математическое моделирование как наука и искусство: Учебник. 2-е изд., исправ. и доп. Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2010	2
3.	Баландин Д.В., Коган М.М. Синтез законов управления на основе линейных матричных неравенств. М.: Физматлит, 2007.	1
4.	Пятницкий Е.С. Избранные труды. В 3 т. Т. 1. Теория управления. М.: Физматлит, 2004.	-
5.	Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления. М.: Наука, 2002	36

<b>№</b>	<b>б) дополнительная литература:</b>	<b>К-во</b>
1.	Баландин Д.В., Коган М.М. Управление движением вертикального жесткого ротора, вращающегося в электромагнитных подшипниках // Изв. РАН. ТиСУ. 2011. №5.	-
1.	Поляк Б.Т., Щербаков П.С. Робастная устойчивость и управление. М.: Наука, 2002. . Сборник докладов, 2015	-
2.	Срагович В.Г. Адаптивное управление. Харьков: Вища школа, 1984.	-
3.	Коробкова А.В., Сандалов В.М. О стабилизации вертикальных колебаний тела в электромагнитном подвесе // Моделирование динамических систем: Сб. науч. трудов Нф ИМАШ РАН / Н.Новгород, 2011	-
4.	Калишева Д.О., Сандалов В.М. Стабилизация вертикальных колебаний жесткого тела за счет управления по напряжению // Нелинейные колебания механических систем: Труды IX Всероссийск. науч. конф. им. Ю.И. Неймарка / Н Новгород, 2012.	-
5.	Глушихина М.А., Сандалов В.М. Стабилизация колебаний тела в магнитном подвесе // Нелинейные колебания механических систем: Труды IX Всероссийск. науч. конф. им. Ю.И. Неймарка / Н Новгород, 2012	-
6.	Маркин Ю.В., Сандалов В.М., Кокшарова Н.В., Маслов М.А. Вопросы удержания ферромагнитного тела при левитации в электромагнитном подвесе. XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механике. Казань. Изд-во Академии наук РТ <a href="http://ruscongrmech2015.ru/">http://ruscongrmech2015.ru/</a> <a href="https://yadi.sk/d/mvNZxL9FkjwMU">https://yadi.sk/d/mvNZxL9FkjwMU</a>	Э

<b>№</b>	<b>в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)</b>	<b>«Л» или «С»</b>
1.	<a href="http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/control.htm">http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/control.htm</a>	С
2.	<a href="http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/asymptotic.htm">http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/asymptotic.htm</a>	С

**7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран).

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 ОС ННГУ 01.05.01  
Фундаментальные математика и механика.

Автор к.т.н., доцент Сандалов В.М.

Заведующий кафедрой  
теоретической,  
компьютерной и  
экспериментальной  
механики

д.ф.-м.н., профессор Игумнов Л.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30.11.2022 года, протокол № 3.