

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
от 30.11.2022 г. протокол № 13

**Рабочая программа дисциплины**

*Теория управления*

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

01.03.02 Прикладная математика и информатика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и вычислительная математика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.07 «Теория управления» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.07 «Теория управления» относится к части ООП направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, формируемой участниками образовательных отношений.

## 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**	
ПК-6. Способен изучать и применять программное обеспечение, проводить расчётные работы и выполнять обработку результатов исследований	ПК-6.1. Знает методы применения современных программных комплексов, пакетов прикладных программ и автоматизированных систем для решения прикладных задач при проведении исследований	Знает основные понятия теории устойчивости, современные методы исследования в области решения задач теории устойчивости.	<i>Собеседование</i>
	ПК-6.2. Умеет самостоятельно проводить расчётные работы, выбирать и применять современные программные комплексы, пакеты прикладных программ и автоматизированные системы, обрабатывать и анализировать полученные результаты	Умеет осуществлять анализ и выбор методов теории устойчивости к решению современных прикладных задач	<i>Контрольная работа</i>

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**	
		<b>ПК-6.3. Имеет практический опыт</b> применения современного программного обеспечения для решения прикладных задач	<b>Имеет практический опыт</b> применения базовых знаний и современного математического аппарата теории устойчивости при решении прикладных задач.

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>4 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	<b>62</b>
- занятия лекционного типа	<b>30</b>
- занятия семинарского типа	<b>30</b>
- занятия лабораторного типа	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>46</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				
			ЗЛеТ <sup>2</sup>	ЗСеТ <sup>3</sup>	ЗЛаТ <sup>4</sup>	Всего	
1.	История развития теории устойчивости и качественной теории дифференциальных уравнений. Фазовое пространство и фазовые траектории	8	4	2		6	2
2.	Устойчивость состояния равновесия (СР) автономных динамических систем (ДС), описываемых ОДУ $n$ -го порядка. Уравнение возмущенного движения. Устойчивость по линейному приближению. Необходимый признак устойчивости. Критерии Рауса-Гурвица, Льенара-Шипара и Эрмита-Гурвица, критерий Михайлова. Метод Д-	20	5	5		10	10

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				
			ЗЛеТ <sup>2</sup>	ЗСеТ <sup>3</sup>	ЗЛаТ <sup>4</sup>	Всего	
	разбиений. Понятие о робастной устойчивости.						
3.	Первый и второй методы А.М. Ляпунова. Теоремы Ляпунова по исследованию устойчивости по первому приближению СР. Функции Ляпунова. Теоремы второго метода Ляпунова. Область притяжения асимптотически устойчивого СР и примеры ее построения. Дополнения Барбашина-Красовского к теореме Ляпунова. Теоремы Ляпунова и Четаева о неустойчивости СР. Устойчивость левитации. Сравнение первого и второго метода.	32	8	10		18	14
4.	Замкнутые фазовые траектории (ЗФТ) Устойчивость по Ляпунову и орбитная устойчивость. Автоколебания. Критерии отсутствия ЗФТ. Теоремы Дюлака и Бендиксона. Примеры автоколебательных систем.	24	7	7		14	10
5.	Метод точечных отображений. Неподвижная точка и ее устойчивость. Диаграммы Ламерея и теорема Кенига. Кусочно-линейные системы и скользящие движения. Исследования динамики судна с релейным законом управления. Эволюционные уравнения с малым параметром при старшей производной. Устойчивые и неустойчивые «быстрые» и «медленные» движения. Разрывные автоколебания	22	6	6		12	10
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2				2	
	Промежуточная аттестация – экзамен	36					
	Итого	144	30	30	0	62	46

<sup>1</sup> Самостоятельная работа обучающегося.

<sup>2</sup> Занятия лекционного типа.

<sup>3</sup> Занятия семинарского типа.

<sup>4</sup> Занятия лабораторного типа.

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 30 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: осуществлять анализ и выбор современных методов исследования в области решения задач теории устойчивости; применять современные программные комплексы, пакеты прикладных программ.
- компетенций - ПК-6.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

#### 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 (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 экзамену.

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций	Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)			
	Знания	Умения	Навыки	
<b>плохо</b>	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
<b>неудовлетворительно</b>		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.
<b>удовлетворительно</b>	зачтено	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Продемонстрированы 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
<b>хорошо</b>		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.

Шкала оценивания сформированности компетенций	Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
	Знания	Умения	Навыки
	негрубых ошибок	все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	
<b>очень хорошо</b>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
<b>отлично</b>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
<b>превосходно</b>	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	Продемонстрирован 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 «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

№	Вопрос	Код формируемой компетенции
1.	Определения устойчивости по Ляпунову и асимптотической устойчивости СР. Геометрическая интерпретация в пространстве Миньковского.	ПК-1
2.	Процесс линеаризации уравнений ДС около изолированного СР. Подстановка Эйлера и характеристическое уравнение.	ПК-1
3.	Классические теоремы Ляпунова его первого метода.	ПК-6
4.	Критерии устойчивости. Построение области $D(0)$ в пространстве параметров ДС.	ПК-6
5.	Метод $D$ -разбиений по одному комплексному или двум действительным параметрам. Робастная устойчивость.	ПК-6
6.	Предельная ограниченность ДС. Теорема о предельной ограниченности.	ПК-6
7.	Знакопеременные и знакопостоянные функции. Функции Ляпунова.	ПК-6
8.	Формулировка и геометрическое доказательство теорем второго метода Ляпунова.	ПК-6
9.	Методы построения функций Ляпунова. О построении области притяжения устойчивого СР.	ПК-6
10.	Теорема Барбашина-Красовского. примеры.	ПК-6
11.	Методы доказательства неустойчивости СР. Примеры.	ПК-6
12.	Теорема Четаева. Примеры.	ПК-6
13.	Сравнение первого и второго методов Ляпунова.	ПК-6
14.	Изолированные замкнутые фазовые траектории. Орбитная устойчивость и устойчивость по Ляпунову замкнутых траекторий.	ПК-6
15.	Автоколебательные режимы в динамических системах. Устойчивый предельный цикл – геометрический образ автоколебательного режима в фазовом пространстве.	ПК-6
16.	Метод точечных отображений. Устойчивость неподвижной точки. Диаграмма Ламерея. Теорема Кенигса.	ПК-6
17.	Опасные и безопасные границы области устойчивости.	ПК-6
18.	Разрывные колебания и автоколебания в существенно нелинейных ДС. Участки $F^+$ и $F^-$ притяжения и отталкивания фазовых траекторий быстрых движений. Разрывные предельные циклы.	ПК-6

### 5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-6

#### Контрольная работа №1

1. Назовите 10 ключевых слов по теории устойчивости движения.
2. Чем отличается асимптотическая устойчивость СР от устойчивости?
3. Сформулируйте теоремы Ляпунова его «прямого» метода.

### Задачи

1. Исследовать устойчивость нулевого CP ДС:  
$$\left\{ \begin{aligned} \dot{x} &= e^x - e^{-3z}, & \dot{y} &= 4z - 3\sin(x+y) + 1 - \cos z, & \dot{z} &= \ln(1+z-3x) + \sin(xyz) \end{aligned} \right\}$$
2. Построить (для  $0 < \mu \ll 1$ ) фазовые портреты ДС и исследовать возможность устойчивых разрывных предельных циклов для ДС  $\mu\dot{x} = x(1-x^2) - y; \quad \dot{y} = x$ . Является ли ДС автоколебательной?

### Контрольная работа №2

1. Какова идея метода D-разбиений. Чему отвечает область  $D(\kappa)$ ?
2. Как можно установить неустойчивость изолированного CP ДС?
3. В чем заключается процесс линеаризации уравнений относительно CP?

### Задачи

1. Найти все CP ДС и исследовать их на устойчивость:  $\dot{x} = \sqrt{x^2} + y - 5, \quad \dot{y} = y^2 - x - 7$
2. На плоскости параметров  $a$  и  $b$  выделите область  $D(0)$  нулевого CP ДС:  
 $a\ddot{x} + (a-b)\dot{x} + a\dot{x}^2 + b\dot{x} + \sin x = 0$ . Что будет на границе  $D(0)$ ?

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

Горяченко В.Д. Элементы теории колебаний. 2-е изд. М.: Высшая школа, 2001; Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та, 1995. (100 экз.)

Горяченко В.Д., Пригоровский А.Л., Сандалов В.М. "Задачи по теории колебаний, устойчивости движения и качественной теории дифференциальных уравнений (Часть 1. Второй (прямой) метод А.М.Ляпунова)" Нижний Новгород. Изд-во ННГУ 2007 г.

<http://www.unn.ru/books/resources.html> Vadim.doc

В.Д.Горяченко, А.Л.Пригоровский, В.М.Сандалов "Задачи по теории колебаний, устойчивости движения и качественной теории дифференциальных уравнений", Нижний Новгород. Изд-во ННГУ 2009 г.

<http://www.unn.ru/books/resources.html> Vadim2.doc

В.Д.Горяченко, А.Л. Пригоровский, В.М. Сандалов Построение фазовых портретов динамических систем первого порядка. Бифуркации. Бифуркационные кривые. Учебное пособие. Часть 3.//Нижний Новгород. Изд-во ННГУ, 2014, 25 с.

[http://www.unn.ru/books/met\\_files/Vadim3.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Vadim3.pdf)

### б) дополнительная литература:

1. Неймарк Ю.И. Математические модели в естествознании и технике. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2004. 30экз.

### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/ode.htm>

## 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 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

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