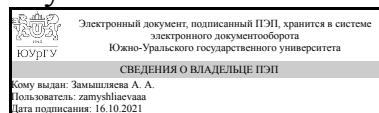


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Институт естественных и точных  
наук



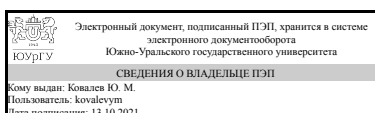
А. А. Замышляева

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.П1.14.01 Устойчивость и управление движением  
**для направления** 01.03.03 Механика и математическое моделирование  
**уровень** Бакалавриат  
**профиль подготовки** Механика и математическое моделирование жидкости, газа и плазмы  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Вычислительная механика

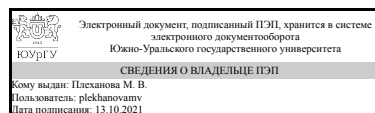
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование, утверждённым приказом Минобрнауки от 10.01.2018 № 10

Зав.кафедрой разработчика,  
д.физ.-мат.н., проф.



Ю. М. Ковалев

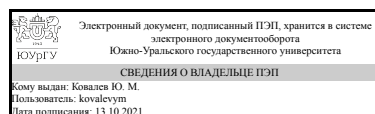
Разработчик программы,  
д.физ.-мат.н., доц., профессор



М. В. Плеханова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы  
д.физ.-мат.н., проф.



Ю. М. Ковалев

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является углубленное изучение принципов оптимизации систем на основе теории экстремальных задач с использованием аналитических, численных методов. Указанная цель достигается за счёт решения следующих задач: • изучение основных типов моделей управляемых систем и математических методов их исследования; • изучение и освоение принципов построения численных алгоритмов оптимизации динамических систем; • разработка моделей реальных систем различных классов с использованием методов теории управления; • обработка и анализ результатов оптимизации реальных систем для выявления экстремальных свойств и закономерностей, присущих процессам, протекающим в системах.

## Краткое содержание дисциплины

Основы теории управления, теория устойчивости, управление возмущенными системами, управление в условиях неопределенности, методы оптимизации.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-4 Владение навыками самостоятельного анализа поставленной задачи, выбора корректного метода ее решения, построение алгоритма и его реализации.	Знает: основные типы моделей управляемых систем и математические методы их исследования Имеет практический опыт: применения методов анализа устойчивости, управляемости, наблюдаемости динамических систем

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Методы вычислений	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Методы вычислений	Знания основных методов вычислений в задачах механики, умение реализовывать алгоритмы поиска численного решения, навык программирования в среде Matlab

## 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 62,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	56	56	
Лекции (Л)	28	28	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	28	28	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	45,75	45,75	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Выполнение домашних заданий	12	12	
Подготовка к дифф. зачету	20	20	
Индивидуальное задание по теме "Численное решение задачи управления"	13,75	13.75	
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	диф.зачет	

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Устойчивость	28	14	14	0
2	Управление движением	28	14	14	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Основные положения теории устойчивости Ляпунова нелинейных систем.	2
2	1	Функции Ляпунова. Теоремы прямого метода об устойчивости и неустойчивости.	2
3	1	Теорема об устойчивости по первому приближению.	2
4	1	Критерий Рауса-Гурвица. Запас устойчивости.	2
5	1	Структурная схема линейной управляемой динамической системы. Понятие о входах и выходах.	2
6	1	Представление линейных управляемых систем в пространстве состояний. Преобразование Лапласа.	2
7	1	Критерий Рауса-Гурвица для систем в дискретном времени.	2
8	2	Общая постановка задач вариационного исчисления.	2
9	2	Простейшая задача вариационного исчисления. Уравнение Эйлера. Алгоритм решения.	2
10	2	Задача Больца. Приращение функционала в задаче с фиксированным временем и свободным концом траектории. Классическая вариация и необходимое условие слабого локального минимума. Связь с вариационным исчислением.	2
11	2	Принцип максимума Понтрягина. Иерархия уровней управления движением. Структура двухуровневого управления механическими системами.	2

12	2	Задача Больца. Приращение функционала в задаче с фиксированным временем и свободным концом траектории. Классическая вариация и необходимое условие слабого локального минимума. Связь с вариационным исчислением.	2
13	2	Метод Рунге для обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных.	2
14	2	Задача управления. Метод условного градиента. Пример решения задачи жесткого управления для уравнения теплопроводности.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Решение дифференциальных систем. Устойчивость по определению.	2
2	1	Устойчивость: функции Ляпунова, устойчивость по первому приближению,	2
3	1	Линейные управляемые динамические системы: преобразование Лапласа; ставление управляемой системы в виде передаточной функции; задача стабилизации линейной системы посредством обратной связи.	2
4	1	Критерий Рауса-Гурвица.	2
5	1	Управляемые системы в дискретном времени	2
6	1	Дискретное преобразование Лапласа; критерий Рауса-Гурвица для систем в дискретном времени.	2
7	1	Контрольная работа по теме "Устойчивость и управление"	2
8	2	Решение простейшей задачи вариационного исчисления.	2
9	2	Задача Больца.	2
10	2	Решение простейших задач оптимального управления.	2
11	2	Обоснование применения метода Рунге к конкретным начальным задачам для ОДУ	2
12	2	Численная реализация метода Рунге	2
13	2	Численная реализация задачи распределенного управления для уравнения теплопроводности.	2
14	2	Устные доклады по защите индивидуального задания по теме "Численное решение задачи управления"	2

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Выполнение домашних заданий	Осн. лит. 1. (п. 1,2 стр. 26; п. 1.4 стр.50), 2. (п. 1.1-1.4 стр. 24-92 )	8	12
Подготовка к дифф. зачету	Осн. лит. 1. (п. 1,2 стр. 26; п. 1.4 стр.50, п. 1.5.стр. 69), 2. (п. 1.1-1.4 стр. 24-92 ). Доп. лит. 1 (гл. L-LIV стр. 17-67), 2. (гл. XXIV стр. 27), Эл. лит. 1 (гл. I стр. 7), 2. (гл. II, стр. 38)	8	20

Индивидуальное задание по теме "Численное решение задачи управления"	Осн. лит. 2. (п. 1.5.стр. 69)	8	13,75
--	-------------------------------	---	-------

## 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	8	Текущий контроль	Контрольная работа	1	20	Контрольная работа проводится на практическом занятии. Продолжительность – 2 академических часа. Она содержит 5 задач. Студент должен самостоятельно решить задачи, оформить их решение на отдельном листочке. Каждая задача оценивается от 0 до 4 баллов следующим образом: 4 балла – задача решена правильно, 3 балла содержится не более двух негрубых ошибок, не повлиявших на общий ход решения задачи, верно выбран метод решения задачи, запись решения последовательная и математически грамотная, решение доведено до ответа; 2 балла – в решении содержатся 2–3 ошибки, не повлиявшие существенно на ход решения, или решение не доведено до ответа, но при этом изложено не менее 60% полного решения. 1 балл – в процессе решения задачи допущены существенные ошибки, показавшие, что студент не владеет обязательными знаниями и умениями по данной теме, или изложено менее 40% полного решения; 0 баллов – неверно выбран метод	дифференцированный зачет

						решения или изложено менее 20% полного решения. Вес мероприятия 1, максимальный балл 20.	
2	8	Текущий контроль	Индивидуальное задание	8	5	<p>Мероприятие состоит в докладе по применению метода Ритца к уравнениям в частных производных. Доклады заслушиваются на последней лекции в семестре. В случае если студент не сделал доклад или не удовлетворён оценкой, доклад заслушивается повторно в день зачета. Доклад рассчитан на 10 минут в виде презентации. Индивидуальные задания выдаются после лекции о методе Ритца.</p> <p>Подготовлен доклад - 1 балл.  Материал презентации грамотно, логически составлен - 1 балл.  Тема раскрыта полностью - 1 балл.  Студен продемонстрировал грамотное владение навыками устного изложения материала - 1 балл  Студент грамотно ответил на вопросы аудитории - 1 балл  Максимальный балл - 5 баллов. Весовой коэффициент мероприятия - 8.</p>	дифференцированный зачет
3	8	Промежуточная аттестация	Зачет	1	40	<p>Зачетное мероприятие проводится в письменной форме с последующим собеседованием. Студенту выдается билет, содержащий 8 вопросов из списка вопросов к зачету. На письменный ответ дается 2 ак. часа. Максимальная оценка за каждый вопрос 5 баллов. 5 баллов - дан полный развернутый ответ на вопрос, ошибок нет; 4 балла - приведены все теоремы, определения,</p>	дифференцированный зачет

					<p>описаны математические методы, допущены 1-2 негрубые ошибки;  3 балла - описаны методы, теоремы, определения  ответ содержит грубые ошибки, но при собеседовании демонстрирует понимание материала, с подсказки преподавателя способен исправить ошибки;  2 балла - даны только общие определения, методы теории описываются только при собеседовании с подсказки преподавателя;  1 балл - студент описывает только общие представления о методах;  0 баллов - совершены грубые ошибки, в ответе отсутствуют основные определения.</p> <p>Максимальный балл - 40 баллов. Весовой коэффициент мероприятия - 1.</p>	
--	--	--	--	--	--	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
дифференцированный зачет	Зачетное мероприятие проводится в письменной форме с последующим собеседованием. Студенту выдается билет, содержащий 8 вопросов из списка вопросов к зачету. На письменный ответ дается 2 ак. часа. Если студент по результатам семестра набрал достаточное количество баллов, зачет выставляется автоматически.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ		
		1	2	3
ПК-4	Знает: основные типы моделей управляемых систем и математические методы их исследования	+		+
ПК-4	Имеет практический опыт: применения методов анализа устойчивости, управляемости, наблюдаемости динамических систем		+	+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Рубановский, В. Н. Устойчивость стационарных движений в примерах и задачах Учеб. пособие для ун-тов и втузов. - М.: Наука, 1988. - 304 с. ил.
2. Алексеев, В. М. Оптимальное управление Учеб. пособие для мат. спец. вузов. - М.: Наука, 1979. - 429 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Вся высшая математика Текст Т. 6 Вариационное исчисление. Линейное программирование. Вычислительная математика. Теория сплайнов учебник для втузов : в 6 т. М. Л. Краснов, А. И. Киселев, Г. И. Макаренко и др. - Изд. 2-е. - М.: URSS : Едиториал УРСС, 2010. - 254 с. ил.
2. Вся высшая математика Т. 3 Теория рядов, обыкновенные дифференциальные уравнения, теория устойчивости Учеб. для высш. техн. учеб. заведений М. Л. Краснов, А. И. Киселев, Г. И. Макаренко и др. - 2-е изд., испр. - М.: УРСС, 2005. - 237 с. ил.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. «Вестник Южно-Уральского университета» серия «Математика. Механика. Физика»
2. «Вестника Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование»

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Адуков, В. М. Вариационное исчисление [Текст] : учеб. пособие по направлению 01.03.01 "Математика" и др. / В. М. Адуков, Е. В. Мартюшев ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Мат. и функц. анализ ; ЮУрГУ Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2015
2. Абдрахманов, В. Г. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания [Текст] : учеб. пособие для техн. ун-та / В. Г. Абдрахманов, А. В. Рабчук. СПб. и др. : Лань , 2014. 11 с.

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Адуков, В. М. Вариационное исчисление [Текст] : учеб. пособие по направлению 01.03.01 "Математика" и др. / В. М. Адуков, Е. В. Мартюшев ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Мат. и функц. анализ ; ЮУрГУ Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2015
2. Абдрахманов, В. Г. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания [Текст] : учеб. пособие для техн. ун-та / В. Г. Абдрахманов, А. В. Рабчук. СПб. и др. : Лань , 2014. 11 с.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид	Наименование	Библиографическое описание
---	-----	--------------	----------------------------



	литературы	ресурса в электронной форме	
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Демидович, Б.П. Лекции по математической теории устойчивости. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 480 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/123">http://e.lanbook.com/book/123</a> — Загл. с экрана.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Охорзин, В.А. Теория управления. [Электронный ресурс] / В.А. Охорзин, К.В. Сафонов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 224 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/49470">http://e.lanbook.com/book/49470</a> — Загл. с экрана.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	708a (1)	Компьютер, проектор для демонстрации лекций