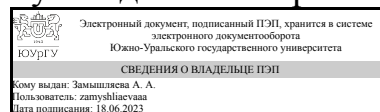


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



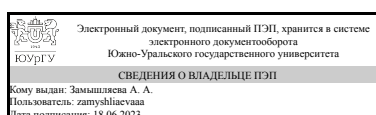
А. А. Замышляева

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.30 Вариационное исчисление и оптимальное управление
для направления 01.03.02 Прикладная математика и информатика
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Прикладная математика и программирование

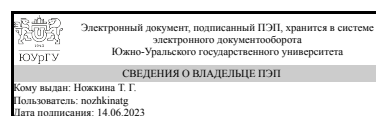
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утверждённым приказом Минобрнауки от 10.01.2018 № 9

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



А. А. Замышляева

Разработчик программы,
старший преподаватель



Т. Г. Ножкина

1. Цели и задачи дисциплины

Цель освоения учебной дисциплины «Вариационное исчисление и оптимальное управление» состоит в приобретении студентами теоретических знаний и практических умений и навыков по бесконечномерной оптимизации, использовании их для решения прикладных задач. К задачам дисциплины относятся: ознакомление студентов с базовыми понятиями вариационного исчисления и оптимального управления; овладение аналитическими и численными методами решения математических задач на экстремум функционалов.

Краткое содержание дисциплины

В дисциплине рассматриваются такие вопросы, как: основные понятия вариационного исчисления; простейшая задача вариационного исчисления и ее обобщения; изопериметрическая задача и задача Лагранжа; задачи оптимального управления; численные методы решения задач вариационного исчисления.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	Знает: классические понятия вариационного исчисления и методы теории оптимального управления Умеет: применять вариационный подход и методы оптимального управления к решению практических задач

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.01 Алгебра, 1.О.12 Дифференциальные уравнения, 1.О.14 Комплексный анализ, 1.О.02 Геометрия, 1.О.27 Функциональный анализ, 1.О.05 Математический анализ	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
1.О.27 Функциональный анализ	Знает: теоретические и практические положения функционального анализа Умеет: Имеет практический опыт:
1.О.05 Математический анализ	Знает: основные правила планирования времени при самоорганизации внеаудиторной самостоятельной работы, предусмотренной

	рабочей программой учебной дисциплины, базовые понятия математического анализа, применяемые в математических науках, прикладной математике и информатике Умеет: применять классические методы математического анализа в решении задач прикладной математики и информатики Имеет практический опыт:
1.О.12 Дифференциальные уравнения	Знает: различные типы дифференциальных уравнений и способы их решения Умеет: Имеет практический опыт: решения дифференциальных уравнений в математических моделях различных прикладных задач
1.О.14 Комплексный анализ	Знает: основные положения теории функции комплексной переменной Умеет: создавать алгоритмы решения прикладных задач над полем комплексных чисел Имеет практический опыт:
1.О.01 Алгебра	Знает: теоретические и практические основы алгебры Умеет: использовать различные алгебраические объекты и структуры в задачах профессиональной деятельности Имеет практический опыт:
1.О.02 Геометрия	Знает: основные геометрические объекты, их свойства, геометрические методы анализа и решения прикладных задач Умеет: применять геометрические методы для анализа и решения прикладных задач Имеет практический опыт: использования разных систем координат и их баз с целью оптимизации решения как задач фундаментальной математики, так и прикладных задач

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 70,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам
		в часах
		Номер семестра
		7
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	37,75	37,75
Подготовка к зачету	7,75	7.75
Подготовка к лабораторным работам	14	14
Подготовка к контрольным работам	16	16

Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основные понятия вариационного исчисления и простейшая задача вариационного исчисления	20	4	12	4
2	Задачи вариационного исчисления с подвижной границей	12	2	6	4
3	Изопериметрическая задача. Задача Лагранжа.	16	6	8	2
4	Задачи оптимального управления	10	4	6	0
5	Численные методы решения задач вариационного исчисления	6	0	0	6

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Простейшая задача классического вариационного исчисления. Пример простейшей задачи вариационного исчисления (задача о брахистохроне). Постановка задачи. Вывод уравнения Эйлера с помощью основной леммы вариационного исчисления. Вывод уравнения Эйлера с помощью леммы Дюбуа-Реймона. Векторный случай. Интегралы уравнения Эйлера. Примеры.	2
2	1	Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления. Задачи вариационного исчисления со старшими производными. Уравнение Эйлера-Пуассона. Необходимое условие слабого экстремума для случая векторной искомой функции. Система уравнений Эйлера.	2
3	2	Задача Больца. Условия трансверсальности.	2
4	3	Изопериметрическая задача. Постановка задачи. Необходимое условие экстремума. Пример. Задача Дидоны.	2
5-6	3	Задача Лагранжа. Постановка задачи. Необходимое условие экстремума. Теорема Эйлера - Лагранжа. Примеры.	4
7-8	4	Задачи оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина в общем случае. Постановка задачи. Формулировка теоремы. Пример. Формулировка и доказательство принципа максимума Понтрягина для задачи со свободным концом.	4

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1-2	1	Основные понятия вариационного исчисления. Понятие нормы. Нахождение вариации функционала	4
3-4	1	Простейшая задача вариационного исчисления	4
5-6	1	Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления	4
7-8	2	Задачи вариационного исчисления с подвижной границей	4
9	2	Контрольная работа №1	2
10	3	Правило множителей Лагранжа	2

11	3	Изопериметрическая задача	2
12-13	3	Задача Лагранжа	4
14-15	4	Задачи оптимального управления	4
16	4	Контрольная работа №2	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Решение дифференциальных уравнений в системе Maxima или Matlab	2
2	1	Поиск решения простейшей задачи вариационного исчисления в системе Maxima или Matlab	2
3	2	Нахождение экстремали в задаче со свободной границей в системе Maxima или Matlab	2
4	2	Нахождение экстремали в задаче Больца в системе Maxima или Matlab	2
5	3	Решение изопериметрической задачи в системе Maxima или Matlab	2
6	5	Метод начальных параметров для решения задач вариационного исчисления в системе Maxima или Matlab	2
7-8	5	Метод Ритца для решения задач вариационного исчисления в системе Maxima или Matlab	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к зачету	ПУМД, 1, гл. 1, 2. ЭУМД, 1, осн. лит., гл. 1, 2. ЭУМД, 2, осн. лит., гл. 1-3. ЭУМД, 3, доп. лит., гл. 5.	7	7,75
Подготовка к лабораторным работам	ПУМД, 1, гл. 1. ЭУМД, 1, осн. лит., гл. 1. ЭУМД, 2, осн. лит., гл. 1, 3. ЭУМД, 3, доп. лит., гл. 5.	7	14
Подготовка к контрольным работам	ПУМД, 1, гл. 1, 2. ЭУМД, 1, осн. лит., гл. 1, 2. ЭУМД, 2, осн. лит., гл. 1-3. ЭУМД, 3, доп. лит., гл. 5.	7	16

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

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	7	Текущий контроль	КМ-1. Лабораторная работа 1	6	7	Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно - 3 балла. Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно, студент может пояснить порядок получения результатов, расчетов и графиков - 5 баллов. Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно; студент может пояснить порядок получения результатов, расчетов и графиков; результаты работы и выводы оформлены в соответствии с указаниями - 7 баллов. В остальных случаях баллы не начисляются.	зачет
2	7	Текущий контроль	КМ-2. Лабораторная работа 2	6	7	Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно - 3 балла. Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно, студент может пояснить порядок получения результатов, расчетов и графиков - 5 баллов. Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно; студент может пояснить порядок получения результатов, расчетов и графиков; результаты работы и выводы оформлены в соответствии с указаниями - 7 баллов. В остальных случаях баллы не начисляются.	зачет
3	7	Текущий контроль	КМ-3. Лабораторная работа 3	6	7	Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно - 3 балла. Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно, студент может пояснить порядок получения результатов, расчетов и графиков - 5 баллов. Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно; студент может пояснить порядок получения результатов, расчетов и графиков; результаты работы и выводы оформлены в соответствии с указаниями - 7 баллов. В остальных случаях баллы не начисляются.	зачет
4	7	Текущий контроль	КМ-4. Лабораторная работа 4	6	7	Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно - 3 балла. Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно,	зачет

						студент может пояснить порядок получения результатов, расчетов и графиков - 5 баллов. Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно; студент может пояснить порядок получения результатов, расчетов и графиков; результаты работы и выводы оформлены в соответствии с указаниями - 7 баллов. В остальных случаях баллы не начисляются.	
5	7	Текущий контроль	КМ-5. Лабораторная работа 5	6	7	Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно - 3 балла. Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно, студент может пояснить порядок получения результатов, расчетов и графиков - 5 баллов. Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно; студент может пояснить порядок получения результатов, расчетов и графиков; результаты работы и выводы оформлены в соответствии с указаниями - 7 баллов. В остальных случаях баллы не начисляются.	зачет
6	7	Текущий контроль	КМ-6. Лабораторная работа 6	6	7	Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно - 3 балла. Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно, студент может пояснить порядок получения результатов, расчетов и графиков - 5 баллов. Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно; студент может пояснить порядок получения результатов, расчетов и графиков; результаты работы и выводы оформлены в соответствии с указаниями - 7 баллов. В остальных случаях баллы не начисляются.	зачет
7	7	Текущий контроль	КМ-7. Лабораторная работа 7	6	7	Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно - 3 балла. Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно, студент может пояснить порядок получения результатов, расчетов и графиков - 5 баллов. Получена программа реализации решения задачи, программа работает корректно;	зачет

						студент может пояснить порядок получения результатов, расчетов и графиков; результаты работы и выводы оформлены в соответствии с указаниями - 7 баллов. В остальных случаях баллы не начисляются.	
8	7	Текущий контроль	КМ-8. Контрольная работа 1	20	8	Контрольная работа состоит из 4 заданий, за каждое из которых студент может получить от 0 до 2 баллов: 2 балла - задача решена верно, получен правильный ответ; 1 балл - задача, в целом, решена верно, но имеются незначительные ошибки; 0 баллов - в остальных случаях.	зачет
9	7	Текущий контроль	КМ-9. Контрольная работа 2	20	6	Контрольная работа состоит из 3 заданий, за каждое из которых студент может получить от 0 до 2 баллов: 2 балла - задача решена верно, получен правильный ответ; 1 балл - задача, в целом, решена верно, но имеются незначительные ошибки; 0 баллов - в остальных случаях.	зачет
10	7	Текущий контроль	КМ-10. Активная познавательная деятельность	18	36	На каждой лекции студент может получить 1 балл: - студент правильно отвечает на вопросы по изучаемому материалу - 1 балл. В противном случае баллы не начисляются. На практических занятиях №1-8 и №10-15 студент может получить по 2 балла: -студент задает вопросы по изучаемому материалу или решает задачу у доски- 1 балл; -студент правильно отвечает на вопросы по изучаемому материалу - 1 балл. В противном случае баллы не начисляются	зачет
11	7	Промежуточная аттестация	КМ-11. Зачет	-	6	Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится во время зачета в форме ответа на билет, который содержит 2 теоретических вопроса. Продолжительность зачета – 60 минут. Максимальный балл за ответ на теоретический вопрос 3 балла. 3 балла - ответ структурирован, приведен анализ положений существующих теорий по вопросу билета, студент логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете, ответ не содержит фактических ошибок и характеризуется глубиной, полнотой; 2 балла - ответ имеет достаточный содержательный уровень, однако отличается слабой структурированностью,	зачет

					раскрыто содержание билета, имеются неточности при ответе; 1 балл - ответ имеет фрагментарный характер, отличается поверхностностью и малой содержательностью, имеются неточности; материал в основном излагается, но допущены фактические ошибки; 0 баллов - допускаются существенные фактические ошибки при ответе или ответ отсутствует.	
--	--	--	--	--	--	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	На зачете происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. Студент может повысить свой рейтинг, пройдя контрольное мероприятие промежуточной аттестации. Студент выбирает случайный билет, содержащий два теоретических вопроса. Студенту предоставляется не более 60 минут на подготовку ответа. По истечении этого времени студент отвечает преподавателю вопросы билета. Фиксация результатов учебной деятельности по дисциплине проводится в день зачета при личном присутствии студента.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ОПК-1	Знает: классические понятия вариационного исчисления и методы теории оптимального управления	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ОПК-1	Умеет: применять вариационный подход и методы оптимального управления к решению практических задач	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) *основная литература:*

Не предусмотрена

б) *дополнительная литература:*

Не предусмотрена

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Никитина, С.А. Основы вариационного исчисления и оптимального управления

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Никитина, С.А. Основы вариационного исчисления и оптимального управления

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Абдрахманов, В. Г. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания : учебное пособие / В. Г. Абдрахманов, А. В. Рабчук. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 112 с. — ISBN 978-5-8114-1630-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/211535 (дата обращения: 14.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Гюнтер, Н. М. Курс вариационного исчисления : учебное пособие / Н. М. Гюнтер. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0893-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/210236 (дата обращения: 14.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах : учебное пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1887-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/212129 (дата обращения: 14.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. 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
-------------	--------	--

Лабораторные занятия	327 (3б)	Персональные компьютеры, ПО.
----------------------	-------------	------------------------------