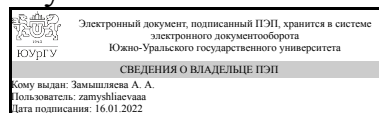


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Институт естественных и точных  
наук



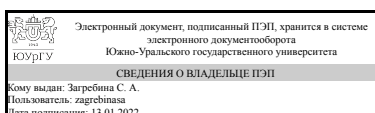
А. А. Замышляева

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.25 Теория оптимизации  
для направления 01.03.04 Прикладная математика  
уровень Бакалавриат  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Математическое и компьютерное моделирование

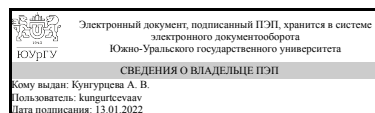
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика, утверждённым приказом Минобрнауки от 10.01.2018 № 11

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



С. А. Загребина

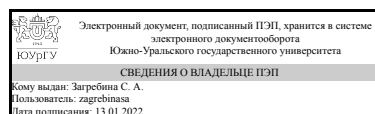
Разработчик программы,  
к.физ.-мат.н., доц., доцент



А. В. Кунгурцева

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления  
д.физ.-мат.н., проф.



С. А. Загребина

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цели изучения дисциплины 1. Знакомство с основными принципами и методами классических и численных методов оптимизации. 2. Развитие у студентов навыков по применению методов оптимизации в математическом моделировании. 3. Знакомство с функционированием наиболее популярных программных средств, используемых для решения задач методов оптимизации. 4. Приобретение практических навыков работы с программными средствами, обеспечивающими решение задач оптимизации. Задачи изучения дисциплины 1. Научить студентов методам математического программирования и исследования операций; 2. Привитие навыков по применению методов оптимизации и исследования операций в математическом моделировании. В результате освоения дисциплины студент должен получить необходимые сведения для решения следующей профессиональной задачи: исследование и разработка математических моделей, алгоритмов, методов, программного обеспечения, инструментальных средств по тематике проводимых научно-исследовательских проектов.

## Краткое содержание дисциплины

Предмет и история развития методов оптимизации. Принципы и примеры моделирования экономических и технических задач в форме задач оптимизации. Задачи условной и безусловной оптимизации. Метод Лагранжа. Классификация задач оптимизации. Постановка и геометрическая интерпретация выпуклых задач оптимизации. Методы нахождения условных экстремумов. Элементы линейного программирования. Градиентные методы решения. Численные методы оптимизации. Основы вариационного исчисления.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-2 Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем	Знает: основные математические методы и модели теории оптимизации Умеет: применять методы и модели теории оптимизации, а также проверять адекватность полученных решений Имеет практический опыт: реализации и верификации адекватности полученных решений методами теории оптимизации

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.20 Вычислительная математика, 1.О.21 Разностные численные методы, 1.О.24 Исследование операций и теория игр	1.О.23 Математические и компьютерные методы прогнозирования, 1.О.26 Теория оптимального управления в социально-экономических системах

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

Дисциплина	Требования
1.О.20 Вычислительная математика	Знает: основные методы вычислительной математики Умеет: выбирать, дорабатывать и применять методы вычислительной математики для решения исследовательских и проектных задач Имеет практический опыт: реализации методов вычислительной математики для решения исследовательских и проектных задач
1.О.21 Разностные численные методы	Знает: основные математические методы и модели численных методов для решения исследовательских и проектных задач Умеет: применять математические методы и модели численных методов для решения исследовательских и проектных задач Имеет практический опыт: использования математических методов и моделей численных методов для решения исследовательских и проектных задач
1.О.24 Исследование операций и теория игр	Знает: основные математические методы и модели теории игр и исследования операций для решения исследовательских и проектных задач Умеет: применять математические методы и модели теории игр и исследования операций при решении исследовательских и проектных задач Имеет практический опыт: использования математических методов и моделей теории игр и исследования операций при решении исследовательских и проектных задач

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 74,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		6
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	69,5	69,5
с применением дистанционных образовательных технологий	0	

Выполнение индивидуального домашнего задания	49,5	49,5
Подготовка к экзамену	20	20
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Вводный	4	2	2	0
2	Элементы выпуклого анализа	10	4	6	0
3	Выпуклые задачи	26	12	14	0
4	Численные методы оптимизации	10	6	4	0
5	Основы вариационного исчисления	14	8	6	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Постановка задачи и существование решения	2
2	2	Топология выпуклых множеств	2
3	2	Выпуклые функции и их свойства	2
4, 5	3	Гладкие конечномерные задачи с ограничениями вида равенств-неравенств	4
6	3	Постановка задачи линейного программирования. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования	2
7	3	Модифицированный симплекс-метод	2
8	3	Теория двойственности	2
9	3	Построение математических моделей задач выпуклого анализа	2
10	4	Численные методы оптимизации. Методы сужения интервала неопределенности	2
11	4	Минимизация функций одной переменной. Ньютоновские методы	2
12	4	Минимизация функций многих переменных. Методы с использованием производных: градиентные методы, метод Ньютона, метод Марквардта	2
13,14	5	Постановка задачи вариационного исчисления. Простейшая задача вариационного исчисления	4
15	5	Задача Больца и изопериметрическая задача вариационного исчисления. Их прикладное значения.	2
16	5	Задачи вариационного исчисления с подвижными концами.	2

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Старинные оптимизационные задачи	2
2	2	Выпуклые множества. Выпуклые функции	2
3	2	Элементы выпуклого анализа. Критерии выпуклости	2
4	2	Элементы выпуклого анализа. Непрерывность и дифференцируемость выпуклых функций. Субдифференциалы.	2

5,6	3	Гладкие конечномерные задачи с ограничениями вида равенств-неравенств. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Теорема Куна-Таккера	4
7	3	Задачи линейного программирования. Графический метод решения	2
8	3	Симплекс-метод решения задачи линейного программирования	2
9	3	Модифицированный симплекс-метод	2
10	3	Двойственные задачи линейного программирования	2
11	3	Экономическая интерпретация двойственных задач. Использование специального программного обеспечения для решения ЗЛП.	2
12	4	Метод Свенна. Метод равномерного поиска. Метод золотого сечения.	2
13	4	Метод покоординатного спуска. Использование программного обеспечения для решения задач градиентными методами.	2
14	5	Простейшая задача вариационного исчисления	2
15	5	Задача Больца вариационного исчисления. Изопериметрическая задача	2
16	5	Задача вариационного исчисления с подвижными концами	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 индивидуального домашнего задания	Акулич, И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Л. Акулич. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 352 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2027">https://e.lanbook.com/book/2027</a> . — Загл. с экрана.	6	49,5
Подготовка к экзамену	Алексеев, В.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Алексеев, Э.М. Галеев, В.М. Тихомиров. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2011. — 256 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2097">https://e.lanbook.com/book/2097</a> . — Загл. с экрана Главы 1-3	6	20

## 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	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитыва-
------	----------	--------------	-----------------------	-----	------------	---------------------------	----------

			мероприятия				ется в ПА
1	6	Текущий контроль	П1	0,06	6	Согласно регламенту БРС: 3 балла выставляется за активную работу на практических занятиях со 2 по 6 неделю семестра по 0,6 баллов за каждое занятие; 3 балла выставляется за выполнение домашних заданий со 2 по 6 неделю семестра по 0,6 баллов за каждое занятие. В итоге баллы суммируются и округляются до целого числа.	экзамен
2	6	Текущий контроль	П2	0,06	6	Согласно регламенту БРС: 3 балла выставляется за активную работу на практических занятиях с 7 по 11 недели семестра по 0,6 баллов за каждое занятие; 3 балла выставляется за выполнение домашних заданий с 7 по 11 неделю семестра по 0,6 баллов за каждое занятие. В итоге баллы суммируются и округляются до целого числа.	экзамен
3	6	Текущий контроль	П3	0,06	6	Согласно регламенту БРС: 3 балла выставляется за активную работу на практических занятиях с 12 по 16 неделю семестра по 0,6 баллов за каждое занятие; 3 балла выставляется за выполнение домашних заданий с 12 по 16 неделю семестра по 0,6 баллов за каждое занятие. В итоге баллы суммируются и округляются до целого числа.	экзамен
4	6	Текущий контроль	T1	0,06	6	Контрольное мероприятие T1 проводится на практическом занятии в течение 30 минут. Согласно регламенту БРС баллы выставляются по следующей схеме: Задача 1. Записано необходимое условие экстремума - 1 балл; Верно решена система - 1 балл; Записано верно достаточное условие и сделан вывод - 1 балл. Задача 2. Выписана верно функция Лагранжа - 1 балл; Проверено необходимое условие локального экстремума - 1 балл; Записано верно достаточное условие и сделан вывод - 1 балл.	экзамен
5	6	Текущий контроль	T2	0,06	6	Контрольное мероприятие T2 проводится на практическом занятии в течение 30 минут. Согласно регламенту БРС баллы выставляются по следующей схеме: - Записано и верно решено уравнение Эйлера - 1 балл; - Найдено верно экстремаль - 1 балл; - Проверено условие Лежандра - 1 балл; - Решено уравнение Якоби - 1 балл; - Проверено условие Якоби - 1 балл;	экзамен

						- Сделан вывод - 1 балл.	
6	6	Текущий контроль	ТЗ	0,06	6	Согласно регламенту БРС: 3 балла выставляется за посещаемость лекций в течение семестра, за каждую лекцию выставляется 0,375 баллов; 3 балла выставляется за конспект лекций, за конспект каждой лекции выставляется 0,375 баллов. В итоге баллы суммируются и округляются до целого числа.	экзамен
7	6	Текущий контроль	ПК1	0,12	12	Контрольное мероприятие ПК1 проводится в аудитории в течение 2 часов. Согласно регламенту БРС: Задача 1: - 1 балл за правильное исследование в пункте а); -1 балл за правильное решение в пункте б). Задача 2: - 1 балл за составление математической модели; -1 балл за правильное решение геометрическим методом; - 1 балл за правильную запись двойственной задачи; - 1 балл за верное решение двойственной задачи. Задача 3: - 1 балл за правильную запись условий Куна-Таккера; -1 балл за проверку необходимых условий; -1 балл за проверку достаточных условий. Задача 4: - 1 балл за правильную каноническую форму ЗЛП; - 1 балл за правильную первую симплекс-таблицу; - 1 балл за верный ответ.	экзамен
8	6	Текущий контроль	ПК2	0,12	12	Контрольное мероприятие выполняется на практическом занятии. Согласно БРС выставляются баллы по следующей схеме: Задача 1. - 1 балл - найдена экстремаль; - 1 балл - верно записано определение через приращение функционала; - 1 балл - доказано существование или отсутствие экстремума. Задача 2. - 1 балл - записан лагранжиан; - 1 балл - записано и решено уравнение Эйлера; - 1 балл - записаны и решены условия трансверсальности; - 1 балл - записаны и решены условия стационарности; - 1 балл - исследована полученная экстремаль на экстремум.	экзамен

						<p>Задача 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-1 балл - записана математическая модель задачи;</li> <li>-1 балл - для полученной задачи вариационного исчисления найдена допустимая экстремаль;</li> <li>-1 балл - применены достаточные условия;</li> <li>-1 балл - интерпретировано решение в терминах задачи.</li> </ul>	
9	6	Текущий контроль	ИДЗ	0,2	20	<p>Согласно регламенту БРС баллы выставляются по следующей схеме:</p> <p>1 пункт:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- по 1 баллу за каждое найденное допустимое решение (всего 5 решений);</li> <li>- 1 балл за полный правильный перебор.</li> </ul> <p>2 пункт:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-1 балл за правильное приведение задачи к стандартному виду;</li> <li>-1 балл за модификацию задачи к ЗЛП с двумя переменными;</li> <li>-по у баллу за каждую правильно построенную прямую (всего 3);</li> <li>- 1 балл за правильную область;</li> <li>-1 балл за правильный вектор градиента;</li> <li>- 1 балл за правильную выбранную точку экстремума;</li> <li>- 1 балл за верные координаты точки экстремума;</li> <li>-1 балл за правильно найденное решение ЗЛП.</li> </ul> <p>3 пункт:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-1 балл за правильный вид двойственной задачи;</li> <li>-1 балл за верное применение критериев Канторовича;</li> <li>-1 балл за решение двойственной задачи;</li> <li>-1 балл за совпадение значений целевой функции прямой и двойственной задач.</li> </ul>	экзамен
10	6	Текущий контроль	ИТ	0,2	20	<p>Контрольное мероприятие ИТ - итоговый тест проводится в электронном курсе. За каждый правильный ответ система выставляет 2 балла. Всего 10 вопросов.</p>	экзамен
11	6	Промежуточная аттестация	Э	-	40	<p>Билет состоит из двух частей. Первая часть 5 задач по 4 балла за каждую, вторая часть 4 задачи по 5 баллов за каждую.</p> <p>Каждая задача первой части оценивается:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>4 балла - Задача решена и оформлена правильно;</li> <li>3 балла - Задача решена в целом правильно, содержит не более двух негрубых ошибок, не влияющих на общий ход решения задачи, решение доведено до ответа;</li> <li>2 балла - Задача, возможно не доведена до ответа, но метод решения выбран верно. Изложено не менее 60% полного решения;</li> </ul>	экзамен



					<p>1 балл - В процессе решения задачи допущены существенные ошибки или изложено менее 40% полного решения;</p> <p>0 баллов - неверно выбран метод решения или изложено менее 20% полного решения.</p> <p>Каждая задача второй части оценивается:</p> <p>5 баллов - Задача решена и оформлена правильно;</p> <p>4 балла - Задача решена в целом правильно, содержит не более двух негрубых ошибок, не влияющих на общий ход решения задачи, решение доведено до ответа;</p> <p>3 балла - Задача, возможно не доведена до ответа, но метод решения выбран верно. Изложено не менее 70% полного решения;</p> <p>2 балла - Допущена одна существенная ошибка или изложено менее 60% полного решения;</p> <p>1 балл - В процессе решения задачи допущены существенные ошибки или изложено менее 40% полного решения;</p> <p>0 баллов - Неверно выбран метод решения или изложено менее 20% полного решения.</p>	
--	--	--	--	--	--	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Контрольное мероприятие промежуточной аттестации обязательно. Экзамен проводится очно в письменной форме. На подготовку билета отводится 120 минут.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
ОПК-2	Знает: основные математические методы и модели теории оптимизации				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ОПК-2	Умеет: применять методы и модели теории оптимизации, а также проверять адекватность полученных решений				+	+		+	+	+	+	+	+	+
ОПК-2	Имеет практический опыт: реализации и верификации адекватности полученных решений методами теории оптимизации	+	+	+		+		+	+	+				+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

*б) дополнительная литература:*

1. Панюков, А. В. Математическое моделирование экономических процессов Текст учеб. пособие для экон. и матем. специальностей вузов А. В. Панюков ; ЮУрГУ. - М.: URSS : ЛИБРОКОМ, 2010. - 191 с.
2. Васильев, Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач Текст Учеб. пособие для вузов по спец. "Прикл. математика" Ф. П. Васильев. - М.: Наука, 1980. - 518 с. ил.
3. Галеев, Э. М. Оптимизация : Теория. Примеры. Задачи Текст учеб. пособие для ун-тов Э. М. Галеев. - 4-е изд. - М.: URSS : ЛИБРОКОМ, 2012. - 335 с. ил.
4. Ширяев, В. И. Исследование операций и численные методы оптимизации Текст учеб. пособие для экон. специальностей ун-тов В. И. Ширяев. - Изд. 3-е, стер. - М.: КомКнига, 2007. - 210, [1] с.
5. Вся высшая математика Т. 6 Учеб. для втузов М. Л. Краснов, А. И. Киселев, Г. И. Макаренко и др. - М.: УРСС, 2003. - 254 с. ил.
6. Карманов, В. Г. Математическое программирование Учеб. пособие для вузов по спец. "Прикл. математика" В. Г. Карманов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1986. - 286 с. граф.

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

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

1. Методы одномерной оптимизации : методические указания и задания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Методы оптимизации»/ сост. Т. М. Попова. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2011. – 26 с.

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

1. Методы одномерной оптимизации : методические указания и задания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Методы оптимизации»/ сост. Т. М. Попова. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2011. – 26 с.

**Электронная учебно-методическая документация**

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Акулич, И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Л. Акулич. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 352 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2027">https://e.lanbook.com/book/2027</a> . — Загл. с экрана.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Струченков, В.И. Методы оптимизации в прикладных задачах. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : СОЛОН-Пресс, 2009. — 320 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/13781">http://e.lanbook.com/book/13781</a> — Загл. с экрана.
3	Методические	Электронно-	Власов, В.А. Методы оптимизации и оптимального

	пособия для самостоятельной работы студента	библиотечная система издательства Лань	управления: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] / В.А. Власов, А.О. Толоконский. — Электрон. дан. — М. : НИЯУ МИФИ, 2013. — 88 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/75855">http://e.lanbook.com/book/75855</a> — Загл. с экрана.
4	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Алексеев, В.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Алексеев, Э.М. Галеев, В.М. Тихомиров. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2011. — 256 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2097">https://e.lanbook.com/book/2097</a> . — Загл. с экрана
5	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Пантелеев, А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах. [Электронный ресурс] / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 512 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/67460">http://e.lanbook.com/book/67460</a> — Загл. с экрана.
6	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Аттетков, А.В. Введение в методы оптимизации. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Финансы и статистика, 2011. — 272 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/53756">http://e.lanbook.com/book/53756</a> — Загл. с экрана.
7	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Сухарев, А.Г. Курс методов оптимизации. [Электронный ресурс] / А.Г. Сухарев, А.В. Тимохов, В.В. Федоров. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2011. — 384 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/2330">http://e.lanbook.com/book/2330</a> — Загл. с экрана.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	204 (3г)	Проектор, экран, документ-камера.
Практические занятия и семинары	405 (1)	Компьютер, проектор