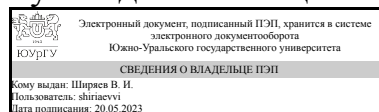


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель специальности



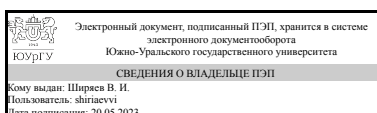
В. И. Ширяев

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.02 Методы оптимизации  
для специальности 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами  
уровень Специалитет  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Системы автоматического управления

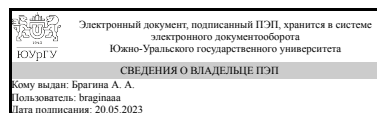
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами, утверждённым приказом Минобрнауки от 04.08.2020 № 874

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



В. И. Ширяев

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



А. А. Брагина

## 1. Цели и задачи дисциплины

освоение знаний по основным разделам теории оптимизации и применение их при решении задач теоретического обоснования и исследования алгоритмических реализаций методов наиболее эффективного управления различными системами.

## Краткое содержание дисциплины

Рассматривается классификация задач и методов оптимизации, постановка задач оптимизации, математические модели основных классов оптимизационных задач, формулировка задач параметрической оптимизации в динамике летательных аппаратов (ЛА.) Изучаются: Теоретические основы линейного и нелинейного программирования, градиентные методы параметрической оптимизации.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способность определять структуру системы управления полетами ракет-носителей и космических аппаратов	Знает: методы оптимизации в системах управления летательными аппаратами Умеет: пользоваться методами определения оптимизации системы управления полетами РН и КА Имеет практический опыт: применения методов оптимизации для решения инженерных задач

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	1.Ф.05 Оптимальные системы управления, 1.Ф.11 Интегрированные системы навигации и управления движением летательных аппаратов, 1.Ф.04 Фильтрация и идентификация в динамических системах, 1.Ф.08 Проектирование систем управления летательными аппаратами, 1.Ф.07 Статистическая динамика систем управления, 1.Ф.10 Системы управления летательными аппаратами с элементами искусственного интеллекта

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

Нет

## 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 54,25 ч.  
контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75	
Самостоятельное изучение тем	21	21	
Подготовка к практическим занятиям и выполнению индивидуальной работы	21	21	
Подготовка к зачету	11,75	11,75	
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	Общая характеристика задач математического программирования.	6	2	4	0
2	Теоретические основы линейного программирования.	24	8	16	0
3	Теоретические основы нелинейного программирования. Методы нелинейного программирования для решения задач параметрической оптимизации.	18	6	12	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Общая характеристика задач математического программирования. Функции нескольких переменных. Градиент. Выпуклые функции. Экстремумы. Классическая задача Лагранжа. Понятия локального и глобального оптимумов. Целевая функция и способы ее построения. Примеры постановки задачи оптимизации, математические модели.	2
2,3	2	Теоретические основы линейного программирования. Выпуклые множества. Базисные решения и угловые точки выпуклого множества. Алгебраические условия угловой точки. Основные формы задач линейного программирования (ЗЛП). Приемы преобразования ЗЛП из одной формы в другую. Понятие неограниченной и недопустимой ЗЛП. Признак существования оптимального решения ЗЛП. Основное свойство ЗЛП. Графическое решение. Симплекс-метод решения ЗЛП. Оценки переменных ЗЛП и их вычисление, первая симплексная таблица. Критерии оптимальности основного опорного плана и	4

		критерий неограниченности ЗЛП. Теорема об улучшении основного опорного плана. Метод искусственного базиса. (Двухфазный симплекс-метод). Игровые методы обоснования решений. Нижняя и верхняя цена игры Принцип минимакса. Решение игр в смешанных стратегиях. Приведение матричной игры к ЗЛП. Транспортная задача (ТЗ). Постановка ТЗ и ее разрешимость. Поиск опорного решения. Метод северо-западного угла. Метод минимального элемента. Критерий оптимальности плана ТЗ (критерий потенциалов).	
4,5	2	Двойственность в линейном программировании. Симметричные и несимметричные двойственные задачи. Основные свойства взаимно двойственных задач, критерии оптимальности их планов. Критерии Канторовича. Двойственный симплекс-метод. Целочисленное программирование. Примеры постановки задач. Метод отсечения Гомори. Игровые методы обоснования решений. Нижняя и верхняя цена игры Принцип минимакса. Решение игр в смешанных стратегиях. Приведение матричной игры к ЗЛП. Транспортная задача (ТЗ). Постановка ТЗ и ее разрешимость. Поиск опорного решения. Метод северо-западного угла. Метод минимального элемента. Критерий оптимальности плана ТЗ (критерий потенциалов).	4
6	3	Теоретические основы нелинейного программирования. Общая формулировка задачи выпуклого программирования. Метод множителей Лагранжа. Теорема Куна-Таккера. Численные методы решения задач нелинейного программирования. Метод штрафов. Метод барьерных функций.	2
7,8	3	Общая характеристика модифицированных методов параметрической оптимизации. Модифицированный метод наискорейшего спуска. Модифицированный метод возможных направлений. Методы нелинейного программирования для решения задач параметрической оптимизации. Алгоритм решения задачи оптимизации параметров летательного аппарата. Алгоритм выбора оптимальных параметров системы управления летательным аппаратом.	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1,2	1	Введение в математическое программирование. Модели динамики полета летательных аппаратов. Постановка задачи оптимизации с ограничениями и без ограничений. Критерии оптимизации. Целевая функция и способы ее построения. Связь задачи оптимизации с задачей поиска экстремумов функции многих переменных. Примеры постановки задачи оптимизации, математические модели. Понятия локального и глобального оптимумов.	4
3,4	2	Понятие задачи линейного программирования (ЗЛП). Основные формы ЗЛП. Основные приемы преобразования ЗЛП из одной формы в другую. Понятие неограниченной и недопустимой ЗЛП. Признак существования оптимального решения ЗЛП. Основное свойство ЗЛП. Графическое решение. Базисные решения и угловые точки выпуклого множества. Алгебраические условия угловой точки.	4
5,6	2	Симплекс-метод решения ЗЛП. Оценки переменных ЗЛП и их вычисление, первая симплексная таблица. Критерии оптимальности основного опорного плана и критерий неограниченности ЗЛП. Теорема об улучшении основного опорного плана. Метод искусственного базиса: Симплекс-метод решения ЗЛП. Оценки переменных ЗЛП и их вычисление, первая симплексная таблица. Критерии оптимальности основного опорного плана и критерий неограниченности ЗЛП. Теорема об улучшении основного опорного плана.	4

		Метод искусственного базиса: Двухфазный симплекс-метод.	
7,8	2	Двойственность в линейном программировании. Симметричные и несимметричные двойственные задачи. Основные свойства взаимно двойственных задач, критерии оптимальности их планов. Критерии Канторовича. Двойственный симплекс-метод. Целочисленное программирование. Примеры постановки задач. Метод отсечения Гомори.	4
9,10	2	Целочисленное программирование. Примеры постановки задач. Метод отсечения Гомори. Игровые методы обоснования решений. Нижняя и верхняя цена игры Принцип минимакса. Решение игр в смешанных стратегиях. Приведение матричной игры к ЗЛП. Транспортная задача (ТЗ). Постановка ТЗ и ее разрешимость. Поиск опорного решения. Метод северо-западного угла. Метод минимального элемента. Критерий оптимальности плана ТЗ (Критерий потенциалов).	4
11,12	3	Методы нелинейного программирования. Метод множителей Лагранжа. Условия Куна-Таккера. Численные методы поиска условного экстремума. Метод штрафов. Метод барьерных функций.	4
13,14	3	Применение методов нелинейного программирования для решения задач параметрической оптимизации. Общая характеристика градиентных методов. Модифицированный метод наискорейшего спуска. Модифицированный метод возможных направлений.	4
15,16	3	Применение методов нелинейного программирования для решения задач параметрической оптимизации. Алгоритм решения задачи оптимизации параметров летательного аппарата. Алгоритм выбора оптимальных параметров системы управления летательным аппаратом.	4

### 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
Самостоятельное изучение тем	1). Вентцель, Е. С. Исследование операций: Задачи, принципы, методология. - 2-е изд., стер. - М.: Наука, 1988. - 206 с., 2). Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах Учеб. пособие для вузов А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2005. - 544 с., 3), Акулич, И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 352 с., 4). Малиновский Ю.Г., Андреева С.Г., Брагина А.А. Элементы математического программирования. Изд-во ЮУрГУ, 2014, 147с., 5) Методические указания по освоению дисциплины "Методы оптимизации" (для СРС) (в локальной сети кафедры), 6). Плотникова, Н. В.	5	21

	<p>Исследование операций Ч. 1 Линейное программирование Учеб. пособие Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы упр. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 41с., 7) Городецкий, С. Ю. Лекции по вариационному исчислению и оптимальному управлению : учебно-методическое пособие / С. Ю. Городецкий. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020. — 51 с., 8) Шалыгин, А. С. Параметрические методы оптимизации в динамике полёта беспилотных летательных аппаратов : учебное пособие / А. С. Шалыгин, И. Л. Петрова, В. А. Санников. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2010. — 126 с.</p>		
<p>Подготовка к практическим занятиям и выполнению индивидуальной работы</p>	<p>1). Ширяев, В. И. Исследование операций и численные методы оптимизации [Текст] учеб. пособие для экон. специальностей ун-тов В. И. Ширяев. - 5-е изд., доп. - М.: ЛЕНАНД : URSS, 2017. - 219с., [1] с., 2) Акулич, И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 352 с., 3). Плотникова, Н. В. Исследование операций Ч. 1 Линейное программирование Учеб. пособие Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы упр. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 41с, 4). Малиновский Ю.Г., Андреева С.Г., Брагина А.А. Элементы математического программирования. Изд-во ЮУрГУ, 2014, 147с., 5) Методические указания по освоению дисциплины "Методы оптимизации" (для СРС) (в локальной сети кафедры), 6) Методические указания по освоению дисциплины "Методы оптимизации" (в локальной сети кафедры), 7) Городецкий, С. Ю. Лекции по вариационному исчислению и оптимальному управлению : учебно-методическое пособие / С. Ю. Городецкий. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020. — 51 с., 8). Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах Учеб. пособие для вузов А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2005. - 544 с., 9) Шалыгин, А. С. Параметрические методы оптимизации в динамике полёта беспилотных летательных аппаратов : учебное пособие / А. С. Шалыгин, И. Л. Петрова, В. А.</p>	<p>5</p>	<p>21</p>

	Санников. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2010. — 126 с.		
Подготовка к зачету	<p>1). Вентцель, Е. С. Исследование операций: Задачи, принципы, методология. - 2-е изд., стер. - М.: Наука, 1988. - 206 с., 2). Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах Учеб. пособие для вузов А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2005. - 544 с., 3) Акулич, И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 352 с., 4). Плотникова, Н. В. Исследование операций Ч. 1 Линейное программирование Учеб. пособие Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы упр. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 41с., 5). Малиновский Ю.Г., Андреева С.Г., Брагина А.А. Элементы математического программирования. Изд-во ЮУрГУ, 2014, 147с., 6) Методические указания по освоению дисциплины "Методы оптимизации" (для СРС) (в локальной сети кафедры), 7) Методические указания по освоению дисциплины "Методы оптимизации" (в локальной сети кафедры), 8) Черников, Ю.Г. Системный анализ и исследование операций. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Горная книга, 2006. — 370 с., 9) Кутузов, А.Л. Исследование операций: учеб. пособие. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : СПб ГПУ, 2011. — 98 с., 10) Сеславин, А.И. Исследование операций и методы оптимизации. [Электронный ресурс] / А.И. Сеславин, Е.А. Сеславина. — Электрон. дан. — М. : УМЦ ЖДТ, 2015. — 200 с., 11) Городецкий, С. Ю. Лекции по вариационному исчислению и оптимальному управлению : учебно-методическое пособие / С. Ю. Городецкий. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020. — 51 с., 12) Шалыгин, А. С. Параметрические методы оптимизации в динамике полёта беспилотных летательных аппаратов : учебное пособие / А. С. Шалыгин, И. Л. Петрова, В. А. Санников. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2010. — 126 с.</p>	5	11,75

## 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	5	Текущий контроль	Выполнение индивидуального задания №1	0,25	5	<p>Обучающийся на практических занятиях решает задачи по соответствующим темам, предусмотренным рабочей программой дисциплины, получает дополнительно индивидуальное задание для выполнения вне аудитории и представляет результаты этих работ на проверку преподавателю в виде краткого отчета. Преподаватель проверяет работу во внеаудиторное время и выставляет оценку.</p> <p>Представленный отчет оценивается по пятибалльной системе.</p> <p>Отчет, не содержащий ошибок и замечаний, оценивается в 5 баллов.</p> <p>Отчет с незначительными неточностями или упущениями оценивается в 4 балла.</p> <p>Отчет с незначительными ошибками оценивается в 3 балла.</p> <p>Отчет с ошибками оценивается в 2 балла.</p> <p>Отчет с грубыми ошибками оценивается в 1 балл.</p> <p>Отчет, не соответствующий требованиям индивидуального задания, оценивается в 0 баллов.</p>	зачет
2	5	Текущий контроль	Выполнение индивидуального задания №2	0,25	0	<p>Обучающийся на практических занятиях решает задачи по соответствующим темам, предусмотренным рабочей программой дисциплины, получает дополнительно индивидуальное задание для выполнения вне аудитории и представляет результаты этих работ на проверку преподавателю в виде краткого отчета. Преподаватель проверяет работу во внеаудиторное время и выставляет оценку.</p> <p>Представленный отчет оценивается по пятибалльной системе.</p>	зачет



						<p>Отчет, не содержащий ошибок и замечаний, оценивается в 5 баллов.</p> <p>Отчет с незначительными неточностями или упущениями оценивается в 4 балла.</p> <p>Отчет с незначительными ошибками оценивается в 3 балла.</p> <p>Отчет с ошибками оценивается в 2 балла.</p> <p>Отчет с грубыми ошибками оценивается в 1 балл.</p> <p>Отчет, не соответствующий требованиям индивидуального задания, оценивается в 0 баллов.</p>	
3	5	Текущий контроль	Выполнение индивидуального задания №3	0,25	5	<p>Обучающийся на практических занятиях решает задачи по соответствующим темам, предусмотренным рабочей программой дисциплины, получает дополнительно индивидуальное задание для выполнения вне аудитории и представляет результаты этих работ на проверку преподавателю в виде краткого отчета. Преподаватель проверяет работу во внеаудиторное время и выставляет оценку.</p> <p>Представленный отчет оценивается по пятибалльной системе.</p> <p>Отчет, не содержащий ошибок и замечаний, оценивается в 5 баллов.</p> <p>Отчет с незначительными неточностями или упущениями оценивается в 4 балла.</p> <p>Отчет с незначительными ошибками оценивается в 3 балла.</p> <p>Отчет с ошибками оценивается в 2 балла.</p> <p>Отчет с грубыми ошибками оценивается в 1 балл.</p> <p>Отчет, не соответствующий требованиям индивидуального задания, оценивается в 0 баллов.</p>	зачет
4	5	Текущий контроль	Индивидуальное задание №4 (Теоретическая контрольная работа)	0,25	2	<p>Обучающийся на практических занятиях решает задачи по соответствующим темам, предусмотренным рабочей программой дисциплины, получает дополнительно индивидуальное задание для выполнения вне аудитории и представляет результаты этих работ на проверку преподавателю в виде краткого отчета. Преподаватель проверяет работу во внеаудиторное время и выставляет оценку.</p> <p>Представленный отчет оценивается по пятибалльной системе.</p> <p>Отчет, не содержащий ошибок и замечаний, оценивается в 5 баллов.</p>	зачет

						Отчет с незначительными неточностями или упущениями оценивается в 4 балла. Отчет с незначительными ошибками оценивается в 3 балла. Отчет с ошибками оценивается в 2 балла. Отчет с грубыми ошибками оценивается в 1 балл. Отчет, не соответствующий требованиям индивидуального задания, оценивается в 0 баллов.	
5	5	Промежуточная аттестация	Зачетная работа	-	5	Зачетная работа проводится в письменной форме. Студенту выдается билет, содержащий 5 вопросов из перечня контрольных вопросов к разделам дисциплины. На выполнение работы отводится 1 час. Преподаватель проверяет выполненную работу и при необходимости задает уточняющие вопросы. Ответы на вопросы оцениваются по пятибалльной системе. 5 баллов - правильные ответы; 4 балла - правильные ответы с незначительными неточностями или упущениями; 3 балла - правильные ответы с незначительными ошибками; 2 балла - ответы с ошибками; 1 балл - ответы с грубыми ошибками; 0 баллов - неверные ответы.	зачет

## 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 и промежуточной аттестации. Рейтинг обучающегося по дисциплине может формироваться только по результатам текущего контроля. Студент может повысить рейтинг за счет прохождения контрольного мероприятия промежуточной аттестации.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ПК-1	Знает: методы оптимизации в системах управления летательными аппаратами			+	+	+
ПК-1	Умеет: пользоваться методами определения оптимизации системы управления полетами РН и КА		+		+	+

ПК-1	Имеет практический опыт: применения методов оптимизации для решения инженерных задач	+	+	+	+	+	+
------	--	---	---	---	---	---	---

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Ширяев, В. И. Исследование операций и численные методы оптимизации [Текст] учеб. пособие для экон. специальностей ун-тов В. И. Ширяев. - 5-е изд., доп. - М.: ЛЕНАНД : URSS, 2017. - 219, [1] с.

#### б) дополнительная литература:

1. Вентцель, Е. С. Исследование операций : Задачи, принципы, методология [Текст] учеб. пособие для втузов Е. С. Вентцель. - 4-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2007. - 207, [1] с. ил.
2. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах Учеб. пособие для втузов А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2005. - 544 с.

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

1. Дискретный анализ и исследование операций науч. журн. Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т математики им. С. Л. Соболева СО РАН журнал. - Новосибирск, 2008-

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

1. Малиновский Ю.Г., Андреева С.Г., Брагина А.А. Элементы математического программирования. Изд-во ЮУрГУ, 2014. — 147с.
2. Методические указания по освоению дисциплины "Методы оптимизации" (для СРС) (в локальной сети кафедры)
3. Плотникова, Н. В. Исследование операций Ч. 1 Линейное программирование Учеб. пособие Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы упр. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 41с.

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

1. Малиновский Ю.Г., Андреева С.Г., Брагина А.А. Элементы математического программирования. Изд-во ЮУрГУ, 2014. — 147с.
2. Методические указания по освоению дисциплины "Методы оптимизации" (для СРС) (в локальной сети кафедры)
3. Плотникова, Н. В. Исследование операций Ч. 1 Линейное программирование Учеб. пособие Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы упр. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 41с.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной	Библиографическое описание
---	----------------	------------------------------------	----------------------------

		форме	
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Акулич, И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 352 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/2027">http://e.lanbook.com/book/2027</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Черников, Ю.Г. Системный анализ и исследование операций. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Горная книга, 2006. — 370 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/3512">http://e.lanbook.com/book/3512</a>
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Кутузов, А.Л. Исследование операций: учеб. пособие. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : СПбГПУ, 2011. — 98 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/64797">http://e.lanbook.com/book/64797</a>
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Сеславин, А.И. Исследование операций и методы оптимизации. [Электронный ресурс] / А.И. Сеславин, Е.А. Сеславина. — Электрон. дан. — М. : УМЦ ЖДТ, 2015. — 200 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/80027">http://e.lanbook.com/book/80027</a>
5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Измаилов, А.Ф. Численные методы оптимизации. [Электронный ресурс] / А.Ф. Измаилов, М.В. Солодов. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2008. — 320 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/2184">http://e.lanbook.com/book/2184</a>
6	Дополнительная 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. <a href="http://e.lanbook.com/book/2330">http://e.lanbook.com/book/2330</a>
7	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шальгин, А. С. Параметрические методы оптимизации в динамике полёта беспилотных летательных аппаратов : учебное пособие / А. С. Шальгин, И. Л. Петрова, В. А. Санников. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2010. — 126 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/64107">https://e.lanbook.com/book/64107</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

#### 1. PTC-MathCAD(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
Практические занятия и семинары	646 (3б)	ЭВМ для работы с MathCAD, 1 проектор, 1 экран, 1 документ-камера
Лекции	202 (3г)	Мультимедийный проектор, настольная видеокамера и экран