

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 43

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель направления

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

А.А. Ключарев

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«04» июня 2020 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Прикладные модели оптимизации»

(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	09.03.04
Наименование направления подготовки/ специальности	Программная инженерия
Наименование направленности	Проектирование программных систем
Форма обучения	заочная

Санкт-Петербург – 2020

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Доц., к.ф.-м.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



01 июня 2020 г.

(подпись, дата)

М. В. Фатгахова

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 43

«04» июня 2020 г, протокол № 08-2019/20

Заведующий кафедрой № 43

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)



04 июня 2020 г.

(подпись, дата)

М.Ю. Охтилев

(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 09.03.04(02)

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



04 июня 2020 г.

(подпись, дата)

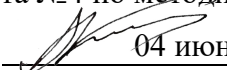
А.А. Ключарев

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №4 по методической работе

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



04 июня 2020 г.

(подпись, дата)

А.А. Ключарев

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Прикладные модели оптимизации» входит в образовательную программу высшего образования по направлению подготовки/ специальности 09.03.04 «Программная инженерия» направленности «Проектирование программных систем». Дисциплина реализуется кафедрой «№43».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способность моделировать, анализировать и использовать формальные методы конструирования программного обеспечения»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с наиболее часто применяемыми количественными инструментами. Курс основан на оптимизации, моделировании и анализе процесса принятия решений.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является математическое моделирование и анализ построенных моделей в задачах принятия решений. Основной акцент делается на наиболее часто встречающиеся на практике оптимизационные модели. Одной из главных задач курса является привитие студентам практических навыков построения и применения математических моделей в оптимизационных задачах.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способность моделировать, анализировать и использовать формальные методы конструирования программного обеспечения	ПК-1.3.1 знает основы моделирования и формальные методы конструирования программного обеспечения ПК-1.У.2 умеет использовать формальные методы конструирования программного обеспечения

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра;
- Математика. Математический анализ;
- Прикладная теория вероятностей и статистика;
- Вычислительная математика.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- Управление программными проектами;
- Экономическое обоснование программных проектов

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№9
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины,</b>	5/ 180	5/ 180

ЗЕ/ (час)		
<b>Аудиторные занятия</b> , всего час.	24	24
в том числе:		
лекции (Л), (час)	8	8
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	16	16
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	9	9
<b>Самостоятельная работа</b> , всего (час)	147	147
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 9					
Раздел 1. Введение	2		-		-
Раздел 2. Модели линейного программирования	2		8		25
Раздел 3. Сетевые модели	2		4		40
Раздел 4. Модели нелинейного (выпуклого) программирования					50
Раздел 5. Модели многокритериальной оптимизации.	2		4		32
Итого в семестре:	8		16		147
Итого:	8	0	16	0	147

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Понятие предмета исследований. Историческое предисловие. Научный метод. Системный подход. Моделирование и его этапы. Основные этапы количественного моделирования. Классификация моделей.
2	Введение в линейное программирование. Основные области применения. Основные проблемные ситуации. Модель линейного программирования. Правила построения моделей. Математические предположения и ограничения. Графический метод решения. Нахождение оптимального решения. Особые

	случай. Анализ на чувствительность оптимального решения с использованием графического метода. Двойственность в линейном программировании. Теоремы двойственности и равновесия.
3	Специальные классы моделей линейного целочисленного программирования. Транспортная задача. Эвристические методы решения транспортной модели. Распределительная задача. Математическая формулировка распределительной задачи. Задача о назначениях. Задача о коммивояжере.
4	Постановка задачи нелинейного программирования. Необходимые условия оптимальности в нелинейной задаче без ограничений, с ограничениями типа равенств и неравенств. Достаточность условий оптимальности. Особенности выпуклого программирования.
5	Оптимальность по Парето. Эффективное множество. Целевое программирование. Графический метод решения задачи целевого программирования. Многокритериальное линейное программирование.

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ /п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 9			
	Решение задачи линейного программирования графически	4	2
	Решение задачи линейного программирования с помощью Excel	4	2
	Исследование сетевых моделей	4	3
	Решение задачи многокритериальной оптимизации с помощью арбитражных схем	4	5
Всего:		16	

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 9, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	47	47
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	10	10
Домашнее задание (ДЗ)	20	20
Контрольные работы заочников (КРЗ)	30	30
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	40	40
Всего:	147	147

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
004 М 54	Методы оптимизации: методические указания / С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост. В. Ю. Гамов. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2015. - 39 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 20 (13 назв.). - Б. ц.	81
004.4 А 69	Анодина-Андриевская, Е. М. Основы математического моделирования технических систем [Текст] : учебное пособие / Е. М. Анодина-Андриевская ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2015. - 47 с. - Библиогр.: с. 46 (16 назв.). - ISBN 978-5-8088-1057-0	49
519.6/8 А 94	Афанасенко, А. С. Основы теории оптимизации [Текст] : учебное пособие / А. С. Афанасенко, Н. А. Обухова, Б. С. Тимофеев ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2013. - 71 с. - Библиогр.: с. 70 - 71 (11 назв.). - ISBN 978-5-8088-0873-7	52

7. Перечень электронных образовательных ресурсов

информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
	Не предусмотрено

## 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	MS Office

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	
2	Компьютерный класс	

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила



использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

### 10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
	Теоретические вопросы
1	Понятие научного метода. Понятие математической модели.
2	Понятие задачи линейного программирования (ЗЛП).
3	Области применения линейного программирования.
4	Математическая постановка ЗЛП.
5	Допустимое решение ЗЛП. Оптимальное решение ЗЛП. Значение ЗЛП.
6	Количество решений в ЗЛП (случаи неограниченного множества решений, пустого множества и случаи альтернативных решений).
7	Постоптимальный анализ (понятие активного ограничения, дефицитного ресурса, теневой цены).
8	Понятие прямой и двойственной задач линейного программирования.

9	Теоремы двойственности и равновесия в линейном программировании.
10	Понятие транспортной задачи (ТЗ). Сетевая постановка ТЗ.
11	Условие сбалансированности ТЗ. Теорема о разрешимости ТЗ.
12	Случаи несбалансированной ТЗ, методы балансировки.
13	Эвристические методы решения ТЗ.
14	Задача о назначениях как частный случай ТЗ. Математическая постановка.
15	Задача нелинейного программирования (ЗНЛП). Различные виды ЗНЛП и их математические постановки.
16	Необходимые условия оптимальности в задаче безусловной оптимизации и их достаточность.
17	Необходимые условия оптимальности в задаче условной оптимизации и их достаточность. Функция Лагранжа.
18	Необходимые условия оптимальности в стандартной задаче нелинейного программирования (условия Куна – Таккера) и их достаточность.
19	Математическая постановка задачи многокритериальной оптимизации (ЗМКО). Проблема оптимальности.
20	Понятие оптимальности по Парето. Достоинства, недостатки и общие свойства решений, оптимальных по Парето.
21	Понятие арбитражной схемы. Метод главного критерия. Арбитражная схема Нэша.
22	Основная идея метода целевого программирования.
Практические задания (задачи)	
1	Построение математической модели в задаче линейного программирования.
2	Решение ЗЛП графическим методом.
3	Составление двойственной задачи ЛП к заданной прямой ЗЛП.
4	Проверка сбалансированности ТЗ и ее балансировка в случаях различных осложнений.
5	Нахождение допустимого решения ТЗ эвристическими методами.
6	Проверка достаточности необходимых условий в различных видах ЗНЛП.
7	Графическое нахождение множества оптимальных по Парето решений.
8	Применение метода целевого программирования в задачах многокритериальной линейной оптимизации.

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета
	Учебным планом не предусмотрено

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
	Учебным планом не предусмотрено

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
1	<p>Решите задачу линейного программирования графо-аналитическим методом:</p> $\max z = x_1 + 4x_2$ $3x_1 - x_2 \leq 3$ $x_1 - x_2 \geq -1$ $2x_1 + x_2 \leq 4$ $x_1 + 2x_2 \geq -2$ $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$
2	<p>В четырех хранилищах горючего ежедневно хранится 175, 125, 140 и 180 т бензина. Этот бензин ежедневно получают пять заправочных станций. На завтра заправочными станциями сделан заказ, согласно которому им необходимо получить нефтепродуктов в количествах, равных соответственно 180, 110, 60, 40 и 150 т. Тарифы перевозок 1 т бензина с хранилищ к заправочным станциям задаются матрицей:</p> $T = \begin{pmatrix} 9 & 7 & 5 & 3 & 6 \\ 1 & 2 & 4 & 6 & 3 \\ 8 & 10 & 12 & 1 & 4 \\ 5 & 1 & 3 & 12 & 8 \end{pmatrix}.$ <p>Составьте план перевозок бензина, минимизирующий суммарные транспортные издержки.</p>
3	<p>Составьте функцию Лагранжа, запишите условия Куна – Таккера и проверьте их достаточность.</p> $-4x_1 + 8x_2 - x_1^2 - \frac{3}{2}x_2^2 + 2x_1x_2 \rightarrow \max,$ $-x_1 + x_2 \geq 1, x_1 \geq 4,$ $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0.$

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

#### 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Цель изучения дисциплины состоит в том, чтобы научить студентов анализировать проблемы принятия решений с использованием математических моделей (формулировать и формализовывать определенные классы задач), а также привить практические навыки применения математических и количественных методов в задачах принятия решений.

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала по дисциплине «Прикладные модели оптимизации» состоит в освоении наиболее часто применяемых количественных инструментов, основанных на оптимизации, моделировании и анализе процессов принятия решений. Изложение курса основано на систематическом изучении

определенных классов оптимизационных задач и решении многочисленных примеров из различных областей человеческой деятельности. Курс лекций раскрывает понятийный аппарат теории принятия решений, основанной на оптимизации, а также дает цельное представление о дисциплине «Прикладные модели оптимизации» и показывает ее взаимосвязь с другими дисциплинами

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ.

В процессе изучения дисциплины «Прикладные модели оптимизации» обучающиеся знакомятся с наиболее распространенными на практике классами оптимизационных моделей в задачах принятия решений. В ходе выполнения лабораторных работ в результате анализа проблемы каждого класса студенты создают количественную компьютерную модель в среде MS Excel, помогающую процессу принятия решений. Лабораторные работы призваны углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой поиска оптимального решения с использованием математических методов.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Задания и требования к проведению лабораторных работ размещены на сервере кафедры ([\\dcbm\Методическое обеспечение кафедры 43](#)) и в личном кабинете преподавателя

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Структура и форма отчетов о лабораторных работах размещены на сервере кафедры ([\\dcbm\Методическое обеспечение кафедры 43](#)) и в личном кабинете преподавателя.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

С требованиями к оформлению отчетов о лабораторных работах можно ознакомиться на сервере кафедры ([\\dcbm\Методическое обеспечение кафедры 43](#)) и в личном кабинете преподавателя.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

Для студентов заочной формы обучения самостоятельной работе отводится большая часть учебного времени. Самостоятельная работа включает изучение теоретического материала, а также выполнение домашних обязательных и дополнительных заданий. Обучающийся должен разобраться в теоретическом материале, вынесенном на самостоятельное изучение, используя литературу, представленную в основном и дополнительном списках. Разделы, выносимые на самостоятельное изучение, объявляются преподавателем во время лекционных занятий. Необходимо попытаться заранее решить предложенные задания, чтобы сформулировать вопросы по тем пунктам заданий, которые вызвали наибольшие затруднения.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости студентов является постоянным, осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы преимущественно посредством реализации балльной системы: каждое задание преподавателя, выданное для самостоятельной работы, а также все лабораторные работы оцениваются определенным количеством баллов, которое уменьшается с течением времени для обучающихся, выполнивших задание после установленного преподавателем срока.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя экзамен.

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой