

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

Кафедра №1

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель направления

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)

А.Р. Бестугин

(подпись)

«18» мая 2020 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математические методы оптимизации в научном исследовании»
(Название дисциплины)

Код направления	11.06.01
Наименование направления/ специальности	Электроника, радиотехника и системы связи
Наименование направленности	Системы, сети и устройства телекоммуникаций
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург 2020 г.

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

Зав. каф. №1, д.ф.-м.н., доц.

должность, уч. степень, звание

15.05.2017

подпись, дата

А.О. Смирнов

инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 1

«14» мая 2020 г, протокол № 5/1

Заведующий кафедрой № 1

д.ф.-м.н., доц.

должность, уч. степень, звание

15.05.2017

подпись, дата

А.О. Смирнов

инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 11.06.01(03)

д.т.н., проф.

должность, уч. степень, звание

18.05.2020

подпись, дата

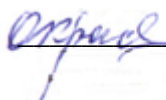
А.М. Тюрликов

инициалы, фамилия

Заместитель директора института (декана факультета) № 5 по методической работе

доц., к.т.н., доц.

должность, уч. степень, звание

18.05.2020

подпись, дата

О.И. Красильникова

инициалы, фамилия

Аннотация

Дисциплина «Математические методы оптимизации в научном исследовании» входит в вариативную часть образовательной программы подготовки обучающихся по направлению 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи» направленность «Системы, сети и устройства телекоммуникаций». Дисциплина реализуется кафедрой №1.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника

общефессиональных компетенций:

ОПК-1 «владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности»,

ОПК-2 «владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий»,

ОПК-3 «способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности»;

профессиональных компетенций:

ПК-5 «способность к разработке новых методов исследования, моделирования и проектирования сетей и систем телекоммуникаций».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с содержанием дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с экстремальными задачами и задачами оптимизации.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, консультации и самостоятельная работа.*

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Задачи на отыскание наибольших и наименьших величин являются актуальными на протяжении всей истории развития человечества. Особенно значение они приобретают в настоящее время, когда возрастает важность наиболее эффективного использования природных богатств, людских ресурсов, материальных и финансовых средств. Все это приводит к необходимости отыскивать наилучшее, или, как говорят, оптимальное решение того или иного вопроса. Целью преподавания данной дисциплины является подготовка аспирантов в области применения методов математической оптимизации.

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

ОПК-1 «владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности»:

знать - методы динамического программирования;

уметь - создавать математические модели для оптимизационных задач разных классов;

владеть навыками - навыками решения оптимизационных задач разных классов, с использованием вычислительных возможностей Microsoft Excel;

иметь опыт деятельности - создания математических моделей для оптимизационных задач разных классов

ОПК-2 «владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий»:

знать - методы решения задач нелинейной оптимизации;

уметь - использовать методы математического программирования при решении оптимизационных задач.

владеть навыками - опытом применения методов оптимизации при решении прикладных задач и моделировании.

иметь опыт деятельности – применения методов математического программирования при решении оптимизационных задач.

ОПК-3 «способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности»:

знать - методы решения задач линейной оптимизации

уметь – использовать методы математического программирования при решении оптимизационных задач.

владеть навыками - решения оптимизационных задач разных классов, с использованием вычислительных возможностей Microsoft Excel;

иметь опыт деятельности - применения методов математического программирования при решении оптимизационных задач.

ПК-5 «способность к разработке новых методов исследования, моделирования и проектирования сетей и систем телекоммуникаций»:

знать - правила построения математических моделей задач оптимизации;

уметь - создавать математические модели для оптимизационных задач разных классов;

использовать методы математического программирования при решении оптимизационных задач.

владеть навыками - решения оптимизационных задач разных классов; опытом применения методов оптимизации при решении прикладных задач и моделировании.

иметь опыт деятельности - применения методов математического программирования при решении оптимизационных задач.

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

– Инструменты управления инновационной деятельностью

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

– Научные исследования.

3. Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№2
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	2/ 72	2/ 72
<i>Аудиторные занятия</i> , всего час., <i>В том числе</i>	14	14
лекции (Л), (час)	14	14
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)		
Самостоятельная работа , всего	58	58
Вид промежуточного контроля: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Зачет	Зачет

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 2					
Раздел 1. Общая постановка задачи оптимизации	2				10
Раздел 2. Простейшие методы оптимизации	5				19
Текущий контроль	1				10
Раздел 3. Продвинутое методы оптимизации	6				19
Итого в семестре:	14				58
Итого:	14	0	0	0	58

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1.	Тема 1.1. Общая постановка задачи оптимизации. Задача нелинейного программирования и ее оптимальное решение. Основные понятия: Целевая функция с наличием ограничений типа равенств и неравенств. Градиент, матрица Гессе, выпуклые и унимодальные функции.
2.	Тема 2.1. Простейшие методы оптимизации. Функция Лагранжа. Необходимые и достаточные условия экстремума функции многих переменных. Функция Химмельблау. Метод градиентного спуска и его вариации. Сведение к одномерной оптимизации. Методы равномерного поиска, золотого сечения, метод Фибоначчи. Метод безусловной оптимизации, не использующий производной (метод Нелдера — Мида).
3.	Тема 3.1. Продвинутое методы оптимизации. Задача линейной оптимизации. Метод сопряженных градиентов. Практические примеры экстремальных задач, заданных массивами чисел. Моделирование и численные алгоритмы получения решения и конкретные программы с применением метода штрафных функций. Задача проверки независимости групп переменных как часть проблемы о представлении функций многих переменных в виде композиции функций меньшего числа переменных. Метод наименьших квадратов.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

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

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено			
Всего:			

4.5. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 2, час
1	2	3
Самостоятельная работа, всего	58	58
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	48	48
Подготовка к текущему контролю (ТК)	10	10

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 8-10.

6. Перечень основной и дополнительной литературы

6.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных)
------	--------------------------------------	---

		экземпляров)
ЭБС Лань	Ашманов С. А., Тимохов А. В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях, 2015, 448с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3799	ЭБС Лань
ЭБС Лань	Алексеев В.М., Галеев Э.М., Тихомиров В.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи. 2015, 256с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2097	ЭБС Лань

6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
ЭБС Лань	Лесин В.В., Лисовец Ю.П. Основы методов оптимизации, 2014 http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1552	ЭБС Лань
ЭБС Лань	Абдрахманов В.Г., Рабчук А.В. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания, 2014, 112с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45675	ЭБС Лань
ЭБС Лань	Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации, 2015, 384с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2330	ЭБС Лань

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование
http://www.math-net.ru	Общероссийский математический портал
http://e.lanbook.com/view	ЭБС «Лань»

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Фонд аудиторий ГУАП для проведения занятий лекционного и семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	

10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов.

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
ОПК-1 «владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности»	
1	Организация диссертационных исследований
2	Математические методы оптимизации в научном исследовании
2	Применение вариационного исчисления в научных исследованиях
2	Инструменты управления инновационной деятельностью
2	Библиографический и патентный поиск

7	Методы обработки сигналов и экспериментальных данных
7	Специальные разделы теории массового обслуживания
ОПК-2 «владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий»	
1	Организация диссертационных исследований
1	Иностранный язык
1	Научные исследования
1	История и философия науки
2	Применение вариационного исчисления в научных исследованиях
2	Математические методы оптимизации в научном исследовании
2	Иностранный язык
2	История и философия науки
2	Библиографический и патентный поиск
2	Инструменты управления инновационной деятельностью
2	Научные исследования
3	Научные исследования
4	Научные исследования
5	Научные исследования
6	Научные исследования
7	Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (профессиональная)
7	Научные исследования
8	Научные исследования
ОПК-3 «способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности»	
1	Научные исследования
2	Научные исследования
2	Математические методы оптимизации в научном исследовании
2	Применение вариационного исчисления в научных исследованиях
3	Научные исследования
4	Научные исследования
5	Научные исследования
6	Научные исследования
7	Методы обработки сигналов и экспериментальных данных
7	Научные исследования
7	Специальные разделы теории массового обслуживания
8	Научные исследования
ПК-5 «способность к разработке новых методов исследования, моделирования и проектирования сетей и систем телекоммуникаций»	
1	Организация диссертационных исследований
1	Научные исследования

2	Научные исследования
2	Математические методы оптимизации в научном исследовании
2	Применение вариационного исчисления в научных исследованиях
3	Научные исследования
4	Научные исследования
5	Научные исследования
6	Научные исследования
7	Научные исследования
7	Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (профессиональная)
8	Научные исследования

10.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно–рейтинговой системы университета. В таблице 15 представлена 100–балльная и 4–балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная шкала	4-балльная шкала	
$85 \leq K \leq 100$	«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; - уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; - опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; - умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; - делает выводы и обобщения; - свободно владеет системой специализированных понятий.
$70 \leq K \leq 84$	«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой специализированных понятий.
$55 \leq K \leq 69$	«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; - слабо аргументирует научные положения; - затрудняется в формулировании выводов и обобщений; - частично владеет системой специализированных понятий.

$K \leq 54$	«неудовлетворительно» «не зачтено»	- обучающийся не усвоил значительной части программного материала; - допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; - испытывает трудности в практическом применении знаний; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует выводов и обобщений.
-------------	---------------------------------------	---

10.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
	Учебным планом не предусмотрено

2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Целевая функция с наличием ограничений типа равенств. 2. Целевая функция с наличием ограничений типа неравенств. 3. Целевая функция с наличием ограничений типа равенств и неравенств. 4. Градиент. 5. Матрица Гессе. 6. Выпуклые функции. 7. Унимодальные функции. 8. Функция Лагранжа. 9. Необходимые условия экстремума функции многих переменных. 10. Достаточные условия экстремума функции многих переменных. 11. Функция Химмельблау. 12. Метод градиентного спуска и его вариации. 13. Сведение к одномерной оптимизации. 14. Метод равномерного поиска. 15. Метод золотого сечения. 16. Метод Фибоначчи. 17. Метод безусловной оптимизации, не использующий производной (метод Нелдера — Мида). 18. Задача линейной оптимизации. 19. Метод сопряженных градиентов. 20. Метод наименьших квадратов.

3. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

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

4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
	Не предусмотрено

5. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
	Не предусмотрено

10.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины является – получение аспирантами необходимых знаний, умений и навыков при решении задач методами математической оптимизации.

Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимся лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходиться к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;

Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

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

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам 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