

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

Кафедра № 1

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы

д.э.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

А.С. Будагов

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«26» июня 2024 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

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

Код специальности	5.2.3.
Наименование научной специальности	Региональная и отраслевая экономика
Наименование направленности (профиля) (при наличии)	
Год начала реализации программы	2023

Санкт-Петербург– 2024

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

<u>д.ф.-м.н.,доц.</u> (должность, уч. степень, звание)	 <u>24.06.24</u> (подпись, дата)	<u>А.О. Смирнов</u> (инициалы, фамилия)
---	---	--

Программа одобрена на заседании кафедры № 1
«24» июня 2024 г, протокол №06/2

Заведующий кафедрой № 1

<u>д.ф.-м.н.,доц.</u> (уч. степень, звание)	 <u>24.06.24</u> (подпись, дата)	<u>А.О. Смирнов</u> (инициалы, фамилия)
--	---	--

Ответственный за программу 5.2.3.

<u>доц.,к.э.н.,доц.</u> (должность, уч. степень, звание)	 <u>24.06.24</u> (подпись, дата)	<u>В.А. Варфоломеева</u> (инициалы, фамилия)
---	--	---

Заместитель директора института №8 по методической работе

<u>доц.,к.э.н.,доц.</u> (должность, уч. степень, звание)	 <u>24.06.24</u> (подпись, дата)	<u>Л.В. Рудакова</u> (инициалы, фамилия)
---	---	---

Аннотация

Дисциплина «Математические методы оптимизации в научном исследовании» входит в состав программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 5.2.3. «Региональная и отраслевая экономика». Дисциплина реализуется кафедрой «№1».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с постановкой и решением оптимизационных задач, даёт представление о современных оптимизационных алгоритмах.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции и самостоятельная работа обучающегося.

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью данной дисциплины является получение студентами необходимых навыков в работе с методами решения оптимизационных задач, в первую очередь, с теоретическими, вычислительными и прикладными аспектами.

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
Универсальные компетенции	УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.В.2 владеть навыками выбора оптимального способа решения задач с учетом имеющихся условий, ресурсов и ограничений
Профессиональные компетенции	ПК-4 Способен участвовать в постановке целей проекта, его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач	ПК-4.3.1 знать методы системного анализа; методы оптимизации и оптимального управления ПК-4.У.1 уметь применять методы системного анализа и оптимизации при формулировании целей проекта и определении приоритетов решения задач ПК-4.В.1 владеть системным подходом к постановке задач и выбору методов их решения

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Аналитическая геометрия»,
- «Линейная алгебра»,
- «Дифференциальные уравнения»

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

- «Экспертные системы»,

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
		№2
1	2	3
<i>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</i>	3/ 108	3/ 108
<i>Из них часов практической подготовки, (час)</i>		
<i>Аудиторные занятия, всего час.</i>	14	14
в том числе:		
лекции (Л), (час)	14	14
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
экзамен, (час)		
<i>Самостоятельная работа, всего (час)</i>	94	94
<i>Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)</i>	Зачет	Зачет

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)	СРС (час)
Семестр 2			
Раздел 1. Экстремум функции (точные методы)	2		14
Раздел 2. Экстремум функции (приближенные методы)	3		20
Раздел 3. Линейное программирование	6		40
Раздел 4. Раздел 4. Сетевые задачи и элементы динамического программирования	3		20
Итого в семестре:	14		94
Итого	14	0	94

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

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	Раздел 1. Экстремум функции (точные методы) Тема 1.1. Экстремум функции нескольких переменных. Линии уровня и градиент Тема 1.2. Условный экстремум функции нескольких переменных, метод Лагранжа. Задачи с ограничениями.
2	Раздел 2. Экстремум функции (приближенные методы) Тема 2.1. Градиентные методы Тема 2.2. Метод Ньютона-Канторовича
3	Раздел 3. Линейное программирование Тема 3.1. Выпуклые множества. Графический метод Тема 3.2. Симплексный метод Тема 3.3. Двойственная задача ЛП Тема 3.4. Транспортная задача (метод потенциалов) Тема 3.5. Задача о назначениях (венгерский метод) Тема 3.6. Задача о коммивояжёре Тема 3.7. Программные средства решения задач ЛП
4	Раздел 4. Сетевые задачи и элементы динамического программирования Тема 4.1. Задача о максимальном потоке Тема 4.2. Задача о капиталовложениях Тема 4.3. Задача о кратчайшем пути. Задача о двух станках

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)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. 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
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	60	60
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		

Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)	20	20
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	14	14
Всего:	94	94

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 7.
Таблица 7– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
ЭБС Лань	Лесин, В.В. Основы методов оптимизации. [Электронный ресурс] / В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 344 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/221324 — Загл. с экрана.	ЭБС Лань
ЭБС Лань	Громницкий В. С. Исследование операций и методы оптимизации. [Электронный ресурс] / В.С. Громницкий. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2022. — 147 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/344753 — Загл. с экрана	ЭБС Лань
ЭБС Лань	Алпатов А.В. Исследование операций: конспект лекций (часть 1): учебное пособие. [Электронный ресурс] / А.В. Алпатов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2021. — 104 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/288638 — Загл. с экрана	ЭБС Лань
ЭБС Лань	Алпатов А.В. Исследование операций: конспект лекций (часть 2): учебное пособие. [Электронный ресурс] / А.В. Алпатов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2021. — 105 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/288641 — Загл. с экрана	ЭБС Лань

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
http://e.lanbook.com	ЭБС «Издательство «Лань»
http://www.exponenta.ru/	Образовательный математический сайт

8. Перечень информационных технологий

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

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

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

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 10.

Таблица 10– 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 11.

Таблица 11 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов;

10.2. В качестве критериев оценки уровня освоения запланированных результатов обучения по дисциплине обучающимися применяется 5-балльная шкала оценивания, которая приведена в таблице 13. В течение семестра может использоваться 100-балльная

шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 13 – Критерии оценки уровня освоения запланированных результатов обучения по дисциплине

Оценка компетенции	Характеристика уровня освоения запланированных результатов обучения по дисциплины
5-балльная шкала	
«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.
«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.
«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.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – 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.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для зачета представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Вопросы (задачи) для зачета

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

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	<ul style="list-style-type: none"> 1.Что можно сказать о значении функции двух переменных на линии уровня? 2.Изобразите линию уровня и вектор градиента в какой-либо её точке. 	УК-2.В.2

	<p>3.Какой вывод можно сделать о точке, в которой градиент оказался равным нулю?</p> <p>4.В каких соотношениях находится направление градиента с линиями уровня в начальной и конечной точке одного шага градиентного метода?</p> <p>5.Что вы можете сказать о сходимости метода Ньютона-Канторовича?</p> <p>6.Постройте математическую модель задачи линейного программирования.</p> <p>7.Запишите задачу линейного программирования в матричной форме.</p>	
2	<p>8.Составьте двойственную задачу к задаче линейного программирования, записанной в развернутой форме.</p> <p>9.Составьте двойственную задачу к задаче линейного программирования, записанной в матричной форме.</p> <p>10.Что общего между симплексным методом решения задачи ЛП и методом Жордана-Гаусса решения системы линейных уравнений?</p> <p>11.Дайте определение выпуклому множеству.</p> <p>12.В двух словах объясните суть симплексного метода.</p> <p>13.Какой вывод можно сделать о двойственной задаче ЛП, если в исходной задаче целевая функция не ограничена в области допустимых решений?</p> <p>14.Опишите своими словами начальные условия и цель задачи о назначениях.</p>	ПК-4.3.1
3	<p>15.Каким формальным свойством обладает крайняя точка области допустимых значений задачи ЛП?</p> <p>16.Как можно применить задачу коммивояжера на практике?</p> <p>17.Если оптимальное решение задачи ЛП достигается в более чем одной крайней точке, то оно достигается и в любой... (закончите фразу).</p> <p>18.Какие различия существуют между методом северо-западного угла и методом минимального элемента?</p> <p>19.Что за принцип лежит в основе решения задачи динамического программирования?</p> <p>20.Чем отличается открытая транспортная задача от закрытой?</p>	ПК-4.У.1
4	<p>21.Сведите открытую транспортную задачу к закрытой.</p> <p>22.Как можно применить задачу о двух станках на практике?</p> <p>23.Опишите своими словами алгоритм решения задачи о капиталовложениях.</p> <p>24.Напишите уравнение Беллмана.</p> <p>25.В чём основная идея и суть задачи о максимальном потоке?</p> <p>26.Какое практическое значение имеет теория оптимального управления, и где ее можно применить? Приведите примеры.</p> <p>27.Объектом решения (поиска) задачи вариационного исчисления является... (закончите фразу).</p>	ПК-4.В.1

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания уровня освоения запланированных результатов обучения по дисциплине, 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

11.1. 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 обучающимися 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, приходить 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.

Структура предоставления лекционного материала:

- Определения математических терминов.
- Формулировка теоремы.
- Доказательство теоремы.
- Описание алгоритмов.
- Иллюстрирующие примеры.

11.2. 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 по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

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

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Возможные методы текущего контроля успеваемости обучающихся:

- устный опрос на занятиях;
- систематическая проверка выполнения индивидуальных заданий;
- защита отчётов по лабораторным работам;
- проведение контрольных работ;
- тестирование;
- контроль самостоятельных работ (в письменной или устной формах);
- контроль выполнения индивидуального задания на практику;
- контроль курсового проектирования и выполнения курсовых работ;
- иные виды, определяемые преподавателем.

11.4. 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».

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