

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе,
качеству образования, качеству
проректор



Хайруров Т.А.
подпись
«28» мая 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.06.01 ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ В ПРИЛОЖЕНИЯХ

Направление подготовки/специальность	02.03.01 Математика и компьютерные науки
Направленность (профиль) / специализация	Вычислительные, программные, информационные системы и компьютерные технологии
Форма обучения	Очная
Квалификация	Бакалавр

Краснодар 2021

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.06.01 Экстремальные задачи в приложениях составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки

Программу составил(и):

Сокол Д. Г. доцент кафедры вычислительной математики и информатики,
кандидат физико-математических наук

И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание


подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.06.01 Экстремальные задачи в приложениях утверждена на заседании кафедры вычислительной математики и информатики

протокол № 13 « 22 » апреля 2021 г.

Заведующий кафедрой вычислительной математики и информатики

Гайденко С.В.

фамилия, инициалы


подпись

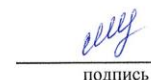
Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики

протокол № 3 « 12 » мая 2021 г.

Председатель УМК факультета

Шмалько С.П.

фамилия, инициалы


подпись

Рецензенты:

Терещенко И.В., к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой общей математики
Кубанского государственного технологического университета

Ургенов М.Х., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой прикладной
математики Кубанского государственного университета

1. Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Цели обучения дисциплине состоят в ознакомлении студентов с классическими методами оптимизации некоторой функции или функционала с учетом ограничений, наложенных на допустимые значения переменных.

1.2 Задачи дисциплины

Вариационное исчисление и методы оптимизации изучается в течение одного семестра. Рассматриваются методы оптимизации линейного программирования, гладких задач с равенствами и неравенствами, задач классического вариационного исчисления, оптимального управления, задачи со старшими производными, численные методы решения задач вариационного исчисления и оптимального управления. Основное внимание уделяется постановке задачи, необходимым и достаточным условиям существования решения.

Основными задачами дисциплины являются:

1. Ознакомить студентов с постановками основных экстремальных задач и методами их решения.
2. Научить классифицировать и решать основные классы экстремальных задач.
3. Ознакомить с общей теорией экстремальных задач, методов оптимизации и задач вариационного исчисления.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Экстремальные задачи в приложениях» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана и является отраслью прикладной математики. При ее изучении используются и изучаются вычислительные математические элементы и методы обработки данных, позволяющие приобрести навыки в построении математических моделей различных практических задач. Эта дисциплина помогает развить математическое мышление и интуицию, культуру правильного использования математики.

В качестве основы используются курсы линейной алгебры, математического анализа, функционального анализа и дифференциальных уравнений.

Учебным планом факультета математики и компьютерных наук весь курс представлен в седьмом семестре с одной лекцией и одним практическим занятием в неделю.

1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций: ПК–3, ПК-5.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК–3 Способен математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	
ИПК–3.1 Демонстрирует навыки доказательства теорем существования и единственности решения классических задач линейной алгебры, теории обыкновенных дифференциальных уравнений и теории уравнений математической физики	Знает постановки основных экстремальных задач: линейного программирования (ЗЛП), гладких задач с равенствами и неравенствами, задач классического вариационного исчисления; методы их решения, симплексный метод, метод искусственного базиса, методы решения транспортных задач, задач классического вариационного исчисления, теорема Ферма, уравнение Эйлера, принцип Лагранжа.
	Умеет определять основные классы экстремальных задач и решать их, применяя изучаемые принципы и методы экстремальных задач линейного программирования, классического вариационного исчисления
	Владеет общей теорией экстремальных задач вариационного исчисления и методов оптимизации; культурой мышления и навыками решения экстремальных задач с применением изучаемых методов
ПК–5 Способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования	
ИПК–5.1 Анализирует поставленные задачи и выбирает эффективные математические методы при создании алгоритмов и вычислительных	Знает постановки основных экстремальных задач и методы их решения
	Умеет безошибочно производить математические вычисления

программ для решения современных задач математики и механики	Владеет методами решения основных экстремальных задач
--	---

2. Содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры
			7
Контактная работа, в том числе:		44,3	44,3
Аудиторные занятия (всего):		40	40
Занятия лекционного типа		14	14
Лабораторные занятия		26	26
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		-	-
Иная контактная работа:		4,3	4,3
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4	4
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	0,3
Самостоятельная работа, в том числе:		37	37
Курсовая работа		-	-
Проработка учебного (теоретического) материала		27	27
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		-	-
Реферат		-	-
Подготовка к текущему контролю		10	10
Контроль:		26,7	26,7
Подготовка к экзамену		26,7	26,7
Общая трудоемкость	час.	108	108
	в том числе контактная работа	44,3	44,3
	зач. ед.	3	3

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Аудиторная работа			Внеаудиторная работа	Всего
		Л	ПЗ	ЛЗ	СРС	
1.	Элементы дифференциального исчисления. Конечномерные гладкие экстремальные задачи.	2		6	4	12
2	Основные элементы выпуклого анализа. Задачи линейного программирования и проблемы экономики, теорема двойственности.	4		6	7	17
3	Задачи классического вариационного исчисления.	2		4	6	12
4	Оптимальное управление, принцип максимума Понтрягина, оптимальное управление и задачи техники.	4		4	6	14
5	Численные методы решения задач вариационного исчисления и оптимального управления.	2		6	4	12
	ИТОГО по разделам дисциплины	14		26	27	67
	Контроль самостоятельной работы (КСР)				4	4
	Промежуточная аттестация (ИКР)				0,3	0,3
	Подготовка к текущему контролю				10	10
	Подготовка к экзамену				26,7	26,7
	Общая трудоемкость по дисциплине	14		26	68	108

2.3 Содержание разделов дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Элементы дифференциального исчисления. Конечномерные гладкие экстремальные задачи.	Определения производных. Производная Фреше. Дифференцирование интегрального оператора в пространстве $C^1[a, b]$. Основные теоремы дифференциального исчисления в нормированных пространствах. Формализация некоторых классических задач. Необходимые и достаточные условия экстремума. Теорема Ферма. Принцип Лагранжа. Конечномерные гладкие экстремальные задачи без ограничений, с ограничениями в виде равенств, с ограничениями в виде неравенств.	Проверка домашнего задания
2.	Основные элементы выпуклого анализа. Задачи линейного программирования и проблемы экономики, теорема двойственности.	Основные понятия выпуклого анализа. Постановка задачи линейного программирования (ЗЛП), ее геометрическая и экономическая интерпретации. Каноническая форма ЗЛП. Симплексный метод. Признак оптимальности ЗЛП. Метод искусственного базиса. Признаки оптимальности и отсутствия решения. Составление математических моделей двойственных ЗЛП. Первая и вторая теорема двойственности ЗЛП. Составление математических моделей транспортных ЗЛП. Необходимые и достаточные условия существования решения. Метод вычеркивания. Метод северо-западного угла. Решение транспортной задачи методом минимальной стоимости. Переход от одного опорного решения к другому. Метод потенциалов.	Проверка домашнего задания
3.	Задачи классического вариационного исчисления.	Основные леммы вариационного исчисления. Задачи классического вариационного исчисления: простейшая задача классического вариационного исчисления, задача Больца, изопериметрическая задача, задача со старшими производными. Необходимые условия существования экстремума, уравнение Эйлера, Лагранжиан, уравнение Эйлера-Лагранжа. Условия	Проверка домашнего задания

		второго порядка Лежандра и Якоби. Классическое вариационное исчисление и естествознание.	
4.	Оптимальное управление, принцип максимума Понтрягина, оптимальное управление и задачи техники.	Задача Лагранжа и оптимальное управление. Элементарная задача оптимального управления, принцип максимума Понтрягина. Оптимальное управление и задачи техники.	Проверка домашнего задания
5.	Численные методы решения задач вариационного исчисления и оптимального управления.	Численные методы одномерной и многомерной оптимизации. Численные методы безусловной оптимизации: метод покоординатного спуска, метод оврагов, градиентные методы, метод Ньютона. Численные методы условной оптимизации: метод штрафных функций, метод факторов. Методы сопряженных направлений.	Проверка домашнего задания

2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1		2	3
1.	Элементы дифференциального исчисления. Конечномерные гладкие экстремальные задачи	Производная Фреше. Дифференцирование интегрального оператора в пространстве $C^1[a, b]$. Конечномерные гладкие экстремальные задачи без ограничений. Конечномерные гладкие экстремальные задачи с ограничениями в виде равенств. Конечномерные гладкие экстремальные с ограничениями в виде неравенств.	Проверка домашнего задания
2.	Задачи классического вариационного исчисления.	Простейшая задача классического вариационного исчисления. Задача Больца. Необходимые условия существования экстремума. Изопериметрическая задача. Необходимые условия существования экстремума, Лагранжиан, уравнение Эйлера-	Проверка домашнего задания

		Лагранжа.	
3.	Оптимальное управление, принцип максимума Понтрягина, оптимальное управление и задачи техники.	Задача Лагранжа и оптимальное управление. Элементарная задача оптимального управления, принцип максимума Понтрягина. Оптимальное управление и задачи техники.	Проверка домашнего задания
4.	Численные методы решения задач вариационного исчисления и оптимального управления.	Численные методы одномерной и многомерной оптимизации. Численные методы безусловной оптимизации: метод покоординатного спуска, метод оврагов, градиентные методы, метод Ньютона. Численные методы условной оптимизации: метод штрафных функций, метод факторов. Методы сопряженных направлений.	Проверка домашнего задания

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы – не предусмотрены.

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

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Работа с лекционным материалом, поиск и анализ литературы и электронных источников информации по заданной проблеме	1. Алексеев, В. М. Оптимальное управление : учебно-методическое пособие / В. М. Алексеев, В. М. Тихомиров, С. В. Фомин. — 2-е изд. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 384 с. — ISBN 5-9221-0589-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/48177
2	Изучение теоретического материала лабораторным занятиям	2. Абдрахманов, В.Г. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Г. Абдрахманов, А.В. Рабчук. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 112 с. https://e.lanbook.com/book/45675 .
3	Выполнение домашних заданий	3. Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Б. Васильева [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2005. — 432 с. https://e.lanbook.com/book/59405
4	Подготовка к зачету	4. Романко, В.К. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Издательство

		"Лаборатория знаний", 2015. — 347 с. https://e.lanbook.com/book/70785 5. Алексеев, В.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.М. Алексеев, Э.М. Галеев, В.М. Тихомиров. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2011. — 256 с. https://e.lanbook.com/book/2097 6. Сборник задач по дифференциальным уравнениям и вариационному исчислению [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 222 с. https://e.lanbook.com/book/70710
--	--	---

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов. В ходе лекционных и практических занятий предполагается использование компьютерных технологий (информационные обучающие компьютерные программы по некоторым темам курса). В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем к каждому практическому занятию, используя педагогическую поддержку, программное обеспечение и Интернет-ресурсы.

Интерактивность подачи учебного материала предполагает не только взаимодействия вида «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент –

студент». Все эти виды взаимодействия хорошо достигаются при изложении материала, как на лекционных, так и на практических занятиях в ходе дискуссий.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

3.1. Дискуссия.

Возможность дискуссии предполагает умение высказать собственную идею, предложить свой путь решения, аргументировано отстаивать свою точку зрения, связно излагать мысли. Полезны следующие задания: составление плана решения задачи, поиск другого способа решения, сравнение различных способов решения, проведение выкладок для решения задачи и выкладок для проверки правильности полученного решения, рассмотрение задач с лишними и недостающими данными, творческие доклады. Студентам предлагается проанализировать варианты решения, обсудить доклад, высказать своё мнение.

Общие вопросы, которые выносятся на дискуссию в ходе практического занятия:

1. Составления плана решения задачи.
2. Поиск различных способов решений задачи.
3. Выбор среди рассматриваемых способов наиболее рационального.
4. Самостоятельное составление студентами опорных заданий по теме, характеризующих глубину понимания студентами соответствующего материала

3.2. Доклад (презентация).

Применение на занятии компьютерных технологий позволяет студентам при рассмотрении определенных тем курса более глубоко освоить некоторые понятия и доказательства утверждений. В этой связи определенные практические занятия преподавателю целесообразно проводить в виде презентации. Также в таком виде на практических занятиях по некоторым темам студенты могут представлять и свои доклады.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИПК–3.1 Демонстрирует навыки доказательства теорем существования и единственности решения классических задач линейной алгебры, теории обыкновенных дифференциальных уравнений и теории уравнений математической физики	Знает постановки основных экстремальных задач: линейного программирования (ЗЛП), гладких задач с равенствами и неравенствами, задач классического вариационного исчисления; методы их решения, симплексный метод, метод искусственного базиса, методы решения транспортных задач, задач классического вариационного исчисления, теорема Ферма, уравнение Эйлера, принцип Лагранжа.	<i>Вопросы для устного опроса по теме, контрольная работа по теме.</i>	<i>Вопросы для подготовки. Тестовые задания.</i>
		Умеет определять основные классы экстремальных задач и решать их, применяя изучаемые принципы и методы экстремальных задач линейного программирования, классического вариационного исчисления	<i>Вопросы для устного опроса по теме, контрольная работа по теме.</i>	<i>Вопросы для подготовки. Тестовые задания.</i>
		Владеет общей теорией экстремальных задач вариационного исчисления и методов оптимизации; культурой мышления и навыками решения экстремальных задач	<i>Вопросы для устного опроса по теме, контрольная работа по теме.</i>	<i>Вопросы для подготовки. Тестовые задания.</i>

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
		с применением изучаемых методов		
2	ИПК–5.1 Анализирует поставленные задачи и выбирает эффективные математические методы при создании алгоритмов и вычислительных программ для решения современных задач математики и механики	Знает постановки основных экстремальных задач и методы их решения	<i>Вопросы для устного опроса по теме, контрольная работа по теме.</i>	<i>Вопросы для подготовки. Тестовые задания.</i>
		Умеет безошибочно производить математические вычисления	<i>Вопросы для устного опроса по теме, контрольная работа по теме.</i>	<i>Вопросы для подготовки. Тестовые задания.</i>
		Владеет методами решения основных экстремальных задач	<i>Вопросы для устного опроса по теме, контрольная работа по теме.</i>	<i>Вопросы для подготовки. Тестовые задания.</i>

Показатели, критерии и шкала оценки сформированных компетенций

Код и наименование компетенции	Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания		
	пороговый	базовый	продвинутый
	Оценка		

	Удовлетворительно /зачтено	Хорошо/зачтено	Отлично/зачтено
ПК-3: способен математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	Знание и понимание теоретического содержания курса с незначительными пробелами; отсутствие некоторых практических умений при решении задач	сформированность некоторых практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях; достаточное качество выполнения всех предусмотренных программой обучения учебных заданий	необходимых практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях; высокое качество выполнения всех предусмотренных программой обучения учебных заданий
ПК-5: способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования	Удовлетворительно владеет общими методами решения типовых тематических заданий, в некоторой мере обладает способностью видеть и использовать закономерности, возникающие в ходе рассуждений при решении задач	Хорошо владеет общими методами решения типовых тематических заданий, в целом обладает способностью видеть и использовать закономерности, возникающие в ходе рассуждений при решении задач	Отлично владеет общими методами решения типовых тематических заданий, в полной мере обладает способностью видеть и использовать закономерности, возникающие в ходе рассуждений при решении задач

Примеры задач для текущего контроля

1. Задачи по теме: «Принцип Лагранжа в выпуклом программировании. Теория двойственности».
2. Задачи нелинейного программирования, применяя методы штрафных функций, возможных направлений, линейных отсечений.

3. Задачи одномерной, многомерной и безусловной оптимизации методами покоординатного спуска, оврагов, Ньютона.
4. Численные методы условной оптимизации: метод штрафных функций, метод факторов.
5. Простейшая задача классического вариационного исчисления.
6. Изопериметрическая задача.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Определения производных. Производная Фреше. Дифференцирование интегрального оператора в пространстве $C^1[a, b]$. Примеры.
2. Основные теоремы дифференциального исчисления в нормированных пространствах. Примеры.
3. Формализация некоторых классических задач. Необходимые и достаточные условия экстремума. Теорема Ферма. Принцип Лагранжа.
4. Конечномерные гладкие экстремальные задачи без ограничений, с ограничениями в виде равенств, с ограничениями в виде неравенств. Примеры.
5. Основные понятия выпуклого анализа. Примеры.
6. Постановка задачи линейного программирования (ЗЛП), ее геометрическая и экономическая интерпретации. Каноническая форма ЗЛП.
7. Симплексный метод. Признак оптимальности ЗЛП.
8. Метод искусственного базиса. Признаки оптимальности и отсутствия решения ЗЛП. Примеры.
9. Составление математических моделей двойственных ЗЛП. Первая и вторая теорема двойственности ЗЛП. Примеры.
10. Составление математических моделей транспортных ЗЛП. Необходимые и достаточные условия существования решения. Метод вычеркивания. Метод северо-западного угла. Примеры.
11. Решение транспортной задачи методом минимальной стоимости. Переход от одного опорного решения к другому. Метод потенциалов. Примеры.

12. Основные леммы вариационного исчисления: лемма Лагранжа с доказательством, лемма Дюбуа-Раймонда с доказательством.

13. Простейшая задача классического вариационного исчисления. Теорема о необходимых условиях существования экстремума. Примеры.

14. Задача Больца. Теорема о необходимых условиях существования экстремума. Примеры.

15. Изопериметрическая задача, Лагранжиан. Теорема о необходимых условиях существования экстремума. Примеры.

16. Задача со старшими производными. Теорема о необходимых условиях существования экстремума. Примеры.

17. Условия второго порядка Лежандра и Якоби. Примеры.

18. Классическое вариационное исчисление и естествознание. Примеры.

19. Задача Лагранжа и оптимальное управление. Принцип Лагранжа. Примеры.

20. Элементарная задача оптимального управления, принцип максимума Понтрягина. Принцип Лагранжа. Примеры.

21. Оптимальное управление и задачи техники. Примеры.

22. Численные методы одномерной и многомерной оптимизации. Примеры.

23. Численные методы безусловной оптимизации: метод покоординатного спуска, метод оврагов, градиентные методы, метод Ньютона. Примеры.

24. Численные методы условной оптимизации: метод штрафных функций, метод факторов. Методы сопряженных направлений. Примеры.

4.2.Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка «отлично», «зачтено»:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;
- точное использование научной терминологии систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;

- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «хорошо», «зачтено»:

- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;
- использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;
- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «удовлетворительно», «зачтено»:

- достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные задачи;
- работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий;
- достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «неудовлетворительно», «не зачтено»:

- фрагментарные знания по дисциплине;
- отказ от ответа (выполнения письменной работы);
- знание отдельных источников, рекомендованных учебной программой по дисциплине;
- неумение использовать научную терминологию;
- наличие грубых ошибок;
- низкий уровень культуры исполнения заданий;
- низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).

5.1 Основная литература.

1. Алексеев, В. М. Оптимальное управление : учебно-методическое пособие / В. М. Алексеев, В. М. Тихомиров, С. В. Фомин. — 2-е изд. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 384 с. — ISBN 5-9221-0589-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/48177>

2. Абдрахманов, В.Г. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Г. Абдрахманов, А.В. Рабчук. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 112 с. <https://e.lanbook.com/book/45675>.

3. Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Б. Васильева [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2005. — 432 с. <https://e.lanbook.com/book/59405>

4. Романко, В.К. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 347 с. <https://e.lanbook.com/book/70785>

5. Алексеев, В.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.М. Алексеев, Э.М. Галеев, В.М. Тихомиров. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2011. — 256 с. <https://e.lanbook.com/book/2097>

6. Сборник задач по дифференциальным уравнениям и вариационному исчислению [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 222 с. <https://e.lanbook.com/book/70710>

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Университетская библиотека ONLINE».

5.2 Дополнительная литература.

1. Эльсгольц Л. Э. Вариационное исчисление: Учебник. Изд. 6-е. — М.: КомКнига, 2006. — 208 с.

2. Васильева А. Б. Медведев Г. Н. Тихонов Н. А. Дифференциальные и интегральные уравнения. Вариационное исчисление в примерах и задачах. М.: Физматлит, 2005 г. — 214 с.

3. Харчистов Б.Ф. Методы оптимизации: Учебное пособие. — Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. - 140с.

4. Муртаф Б. Современное линейное программирование. М.: Мир, 1984.

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>

2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru

3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>

4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com

5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Самостоятельная работа студента включает в себя подготовку к лабораторным занятиям и зачету. Эти виды самостоятельной работы студентов контролируется в ходе проверки домашних заданий.

Важнейшим этапом изучения курса является самостоятельная работа. Самостоятельная работа студента включает в себя повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовку к лабораторным занятиям, к контрольным работам, к зачету, к экзамену.

Для подготовки к ответам на теоретические вопросы студентам достаточно использовать материал лекций. Весь теоретический материал, необходимый для сдачи экзамена содержится в учебных пособиях из списка основной литературы. В случае затруднений, возникающих у студентов в процессе самостоятельного изучения теории, преподаватель разъясняет сложные моменты на консультациях.

Виды самостоятельной работы

Обязательными при изучении дисциплины являются следующие виды самостоятельной работы:

- самостоятельное решение задач по темам практических занятий;
- разбор и самостоятельное изучение теоретического материала по конспектам лекций и по учебным пособиям из списка источников литературы;
- подготовка к зачету.

Эти виды самостоятельной работы студентов контролируются в ходе проверки домашних заданий, контрольных работ, зачетов и экзамена.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Для выполнения домашнего практического задания необходимо разобрать материал по соответствующей теме практического занятия. При этом используются указания, данные преподавателем в ходе занятия, а также теоретический материал, в краткой форме имеющийся в учебных пособиях из списка основной литературы. Если студент не смог понять приведенный в указанных источниках разбор типовых примеров в той степени, чтобы самостоятельно использовать предложенный алгоритм для решения задания, то он может получить консультацию преподавателя.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

7.1 Перечень информационно-коммуникационных технологий

- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
- Использование электронных презентаций при проведении лекционных и практических занятий.

7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Office (MS Word, MS Excel)
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ.	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Office (MS Word, MS Excel)

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-	Microsoft Office (MS Word, MS Excel)

	коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Microsoft Office (MS Word, MS Excel)