

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»
Институт математики, физики и информационных технологий
Кафедра функционального анализа

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института



И. Н. Якунина
«20» января 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине Б1.В.ДВ.02.2 Экстремальные задачи и методы их решения

Направление подготовки/специальность: 01.03.01 - Математика

Профиль/направленность/специализация: Дифференциальные уравнения, динамическое оптимальное управление

Уровень высшего образования: бакалавриат

Квалификация: Бакалавр

год набора: 2020

Автор программы:

Кандидат физико-математических наук, доцент Панасенко Елена Александровна

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.01 - Математика (уровень бакалавриата) (приказ Министерства образования и науки РФ от «10» января 2018 г. № 8).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры функционального анализа «11» января 2021 г. Протокол № 5

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института математики, физики и информационных технологий, Протокол от «20» января 2021 г. № 1.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавра.....	5
3. Объем и содержание дисциплины.....	5
4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства.....	8
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	12
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	14
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	15

1. Цели и задачи дисциплины

1.1 Цель дисциплины – формирование компетенций:

ПК-10 Способен представлять и адаптировать знания с учетом уровня аудитории

ПК-3 Способен публично представлять известные и собственные научные результаты

1.2 Типы задач профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся в рамках освоения дисциплины:

- научно-исследовательский
- педагогический

1.3 Дисциплина ориентирована на подготовку обучающихся к профессиональной деятельности в сферах: 01 Образование и наука (в сфере общего, профессионального и дополнительного профессионального образования; в сфере научных исследований), 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере научно-исследовательских и опытноконструкторских разработок)

1.4 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Обобщенные трудовые функции / трудовые или производственные действия (при наличии профстандарта)	Код и наименование компетенции ФГОС ВО, необходимой для формирования трудового или профессионального действия	Индикаторы достижения компетенций
- В/03.6 Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования - В/04.6 Модуль «Предметное обучение. Математика»	ПК-10 Способен представлять и адаптировать знания с учетом уровня аудитории	Адаптирует учебные программы дисциплин к реальным условиям образовательного процесса; проектирует внедрение нового математического содержания в системы обучения математике на различных уровнях
		Анализирует школьные учебники с точки зрения реализации программы; решает задачи на вычисление и доказательство. сопоставляет возможные варианты построения и доказательного изложения математической теории
- В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем - В/02.6 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований - В/03.6 Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования - В/04.6 Модуль «Предметное обучение. Математика»	ПК-3 Способен публично представлять известные и собственные научные результаты	Умеет применять правила и стандарты оформления научной и технической документации; знает основы ораторского искусства

1.5 Согласование междисциплинарных связей дисциплин, обеспечивающих освоение компетенций:

ПК-10 Способен представлять и адаптировать знания с учетом уровня аудитории

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения	
		Очная (семестр)	
		7	8
1	Адаптационная дисциплина для инвалидов и лиц с ОВЗ "Квантование"	+	
2	Комбинаторный анализ	+	
3	Научно-исследовательская работа		+
4	Теоретическая механика	+	

результаты

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения	
		Очная (семестр)	
		7	8
1	Адаптационная дисциплина для инвалидов и лиц с ОВЗ "Квантование"	+	
2	Комбинаторный анализ	+	
3	Научно-исследовательская работа		+
4	Преддипломная практика		+
5	Теория представления групп	+	

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата:

участниками образовательных отношений, учебного плана ОП по направлению подготовки 01.03.01 - Математика.

Дисциплина «Экстремальные задачи и методы их решения» изучается в 7 семестре.

3. Объем и содержание дисциплины

3.1. Объем дисциплины: 3 з.е.

Очная: 3 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)
Общая трудоёмкость дисциплины	108

Контактная работа	54
Лекции (Лекции)	14
Практические (Практ. раб.)	40
Самостоятельная работа (СР)	54
Зачет	-

3.2.Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.			Формы текущего контроля
		Лек ции	Пра кт. раб.	СР	
		О	О	О	
7 семестр					
1	Основные понятия теории экстремальных задач. Конечномерные гладкие задачи	4	10	12	Выполнение практических заданий; Контрольная работа
2	Выпуклые задачи	2	6	10	Выполнение практических заданий
3	Элементы функционального анализа. Дифференциально е исчисление в нормированных пространствах	2	6	10	Выполнение практических заданий; Контрольная работа; Опрос
4	Линейное программирование	6	18	22	Выполнение практических заданий; Зачет

Тема 1. Основные понятия теории экстремальных задач. Конечномерные гладкие задачи (ПК-10)

Лекция.

Понятие экстремальной задачи. Формализация экстремальной задачи. Понятия локальных и глобальных экстремумов. Задачи на условный и безусловный экстремум. Основные принципы решения. Классы экстремальных задач. Конечномерные гладкие задачи без ограничений: постановка, необходимые и достаточные условия экстремума, правило решения. Конечномерные гладкие задачи с ограничениями в виде равенств: постановка задачи, принцип Лагранжа, необходимые и достаточные условия второго порядка, правило решения. Гладкие конечномерные задачи с ограничениями в виде равенств и неравенств: постановка задачи, необходимые и достаточные условия экстремума, правило решения.

Практическое занятие.

Занятие проводится в форме семинара и включает: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений; работу в группах.

Задания для самостоятельной работы.

Повторить:

1. Аналог теоремы Ферма для функций нескольких переменных.
2. Производная второго порядка функций нескольких переменных.

3. Знакоопределенность матрицы, критерий Сильвестра.
4. Конечномерная теорема об обратной функции. Теорема Вейерштрасса и следствия из нее.

Изучить:

1. Метод Ньютона (метод касательных).

Задача Аполлония

Тема 2. Выпуклые задачи (ПК-10)

Лекция.

Элементы выпуклого анализа. Субдифференциал. Теоремы Моро-Рокафеллара и Дубовицкого-Милютина. Отделимые множества. Теоремы отделимости в конечномерном и нормированном пространствах. Задачи без ограничений для выпуклых функционалов; аналог теоремы Ферма. Выпуклая задача с ограничениями; теорема о локальном и абсолютном минимуме в выпуклой задаче. Задача выпуклого программирования. Теорема Куна-Таккера.

Практическое занятие.

Занятие проводится в форме семинара и включает: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений; занятие проводится в форме семинара и включает: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений; работу в группах.

работу в группах.

Задания для самостоятельной работы.

1. Углубленное изучение материалов темы.
2. Решение задач, аналогичных рассмотренным на практических занятиях.

Тема 3. Элементы функционального анализа.

Дифференциальное исчисление в нормированных (ПК-3)

Лекция.

Нормированные и банаховы пространства. Сопряженное пространство, оператор. Различные подходы к понятию дифференцируемости отображений линейных пространств: производная по направлению, вариация по Лагранжу, производная Гато, производная Фреше. Строгая дифференцируемость. Частные производные. Производные высших порядков. Теорема о суперпозиции. Формула Тейлора. Теорема о среднем. Связь дифференцируемости по Гато со строгой дифференцируемостью и дифференцируемостью по Фреше. Теорема о полном дифференциале. Экстремумы функционалов в нормированных пространствах: гладкие задачи без ограничений, с ограничениями в виде равенств, с ограничениями в виде неравенств. Необходимые условия 1-го порядка, необходимые и достаточные условия 2-го порядка.

Практическое занятие.

Занятие проводится в форме семинара и включает: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений; работу в группах.

Задания для самостоятельной работы.

1. Показать, что теорема о суперпозиции не имеет места для производной Гато.
2. Показать, что для векторнозначных функций теорема Лагранжа (о среднем) не верна.
3. Аннулятор множества. Лемма о нетривиальности аннулятора.
4. Теоремы Банаха об открытости и об обратном операторе.
5. Теорема Люстерника.

Теорема о касательном пространстве

Тема 4. Линейное программирование (ПК-3)

Лекция.

Постановка задачи линейного программирования. Каноническая, общая и нормальная формы. Геометрическая интерпретация. Теорема Минковского. Симплекс-метод решения задач линейного программирования. Примеры: производственная задача, задача на минимакс. Двойственность в линейном программировании. Вывод задачи, двойственной к задаче в общей форме, в канонической форме. Обоснование симплекс-метода: теоремы существования, двойственности, критерий решения, свойства множества допустимых точек. Методы нахождения начальной крайней точки: переход к решению двойственной задачи, метод искусственного базиса. Примеры

Практическое занятие.

Занятие проводится в форме семинара и включает: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений; работу в группах.

Некоторые типовые задания.

- 1 Вывести двойственную задачу для задачи линейного программирования в нормальной форме с помощью преобразования Лежандра.
- 2 Вывести двойственную задачу для задачи линейного программирования в нормальной форме путем сведения ее к общей задаче линейного программирования.
- 3 Вывести двойственную задачу для задачи линейного программирования в канонической форме путем сведения ее к общей задаче линейного программирования.
- 4 Решить задачу линейного программирования в канонической форме с заданной первоначальной крайней точкой:

Задания для самостоятельной работы.

1. История возникновения линейного программирования.
2. Преобразование Лежандра, неравенство Юнга, теорема Фенхеля-Моро.
3. Доказательство симплекс-метода.
4. Транспортная задача: постановка, методы нахождения начальной крайней точки, метод потенциалов решения транспортной задачи.
5. Задача о назначении как частный случай транспортной задачи.

Выполнение индивидуального домашнего задания

4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства

4.1. Распределение баллов:

7 семестр

- посещаемость – 10 баллов
- текущий контроль – 70 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 10 баллов каждый
- премиальные баллы – 20 баллов

Распределение баллов по заданиям:

№ те мы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Мах. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки

1.	Основные понятия теории экстремальных задач. Конечномерные гладкие задачи	Выполнение практических заданий	15	3 балла – задача решена верно, метод выбран наиболее рационально, студент грамотно отвечает на все поставленные преподавателем вопросы; 2 балла – задача решена верно, но при этом использован не самый рациональный метод (или студент неуверенно отвечает на поставленные вопросы, ошибается, но сам себя исправляет); 1 балл – студент может правильно решить задачу только с помощью наводящих вопросов преподавателя, но в процессе работы осваивает нужный учебный материал; 0 баллов – студент не может привести решение задачи и не может ответить на наводящие вопросы преподавателя и обнаруживает полную неподготовленность по изучаемой тематике.
		Контрольная работа(контрольный срез)	10	Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам, содержащим 5 заданий. Каждое задание оценивается в 2 балла.
2.	Выпуклые задачи	Выполнение практических заданий	15	3 балла – задача решена верно, метод выбран наиболее рационально, студент грамотно отвечает на все поставленные преподавателем вопросы; 2 балла – задача решена верно, но при этом использован не самый рациональный метод (или студент неуверенно отвечает на поставленные вопросы, ошибается, но сам себя исправляет); 1 балл – студент может правильно решить задачу только с помощью наводящих вопросов преподавателя, но в процессе работы осваивает нужный учебный материал; 0 баллов – студент не может привести решение задачи и не может ответить на наводящие вопросы преподавателя и обнаруживает полную неподготовленность по изучаемой тематике.
3.	Элементы функционального анализа. Дифференциальное исчисление в нормированных пространствах	Выполнение практических заданий	8	3 балла – задача решена верно, метод выбран наиболее рационально, студент грамотно отвечает на все поставленные преподавателем вопросы; 2 балла – задача решена верно, но при этом использован не самый рациональный метод (или студент неуверенно отвечает на поставленные вопросы, ошибается, но сам себя исправляет); 1 балл – студент может правильно решить задачу только с помощью наводящих вопросов преподавателя, но в процессе работы осваивает нужный учебный материал; 0 баллов – студент не может привести решение задачи и не может ответить на наводящие вопросы преподавателя и обнаруживает полную неподготовленность по изучаемой тематике.
		Контрольная работа(контрольный срез)	10	Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам, содержащим 5 заданий. Каждое задание оценивается в 2 балла.
		Опрос	2	2 балла за участие в теоретическом опросе
4.	Линейное программирование	Выполнение практических заданий	10	3 балла – задача решена верно, метод выбран наиболее рационально, студент грамотно отвечает на все поставленные преподавателем вопросы; 2 балла – задача решена верно, но при этом использован не самый рациональный метод (или студент неуверенно отвечает на поставленные вопросы, ошибается, но сам себя исправляет); 1 балл – студент может правильно решить задачу только с помощью наводящих вопросов преподавателя, но в процессе работы осваивает нужный учебный материал; 0 баллов – студент не может привести решение задачи и не может ответить на наводящие вопросы преподавателя и обнаруживает полную неподготовленность по изучаемой тематике.

		Зачет	20	Решение 10 задач с использованием изученного теоретического материала. Каждая задача оценивается в 2 балла.
5.	Посещаемость		10	10 баллов за регулярное выполнение всех заданий и отсутствие пропусков занятий без уважительных причин
6.	Премияльные баллы		20	Участие в студенческих олимпиадах – 10 баллов Участие в студенческих конференциях – 10 баллов
7.	Индивидуальные задания, с помощью которых можно набрать дополнительные баллы на экзамене		50	Добор баллов: студент может предоставить все задания текущего контроля и задания контрольных срезов
8.	Итого за семестр		100	

Итоговая оценка по зачету выставляется в 100-балльной шкале и в традиционной четырехбалльной шкале. Перевод 100-балльной рейтинговой оценки по дисциплине в традиционную четырехбалльную осуществляется следующим образом:

100-балльная система	Традиционная система
50 - 100 баллов	Зачтено
0 - 49 баллов	Не зачтено

4.2 Типовые оценочные средства текущего контроля

Выполнение практических заданий

Тема 1. Основные понятия теории экстремальных задач. Конечномерные гладкие задачи

Решение задач

Тема 2. Выпуклые задачи

решение задач

Тема 3. Элементы функционального анализа.

Дифференциальное исчисление в нормированных пространствах

решение задач

Тема 4. Линейное программирование

решение задач

Зачет

Тема 4. Линейное программирование

Итоговая контрольная работа

Контрольная работа

Тема 1. Основные понятия теории экстремальных задач. Конечномерные гладкие задачи

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

Тема 3. Элементы функционального анализа.

Дифференциальное исчисление в нормированных пространствах

Опрос

Тема 3. Элементы функционального анализа.

Дифференциальное исчисление в нормированных пространствах

1. Какое пространство называется нормированным?
2. Какое пространство называется банаховым?
3. Производная по направлению, вариация по Лагранжу.
4. Производные по Гато и Фреше. Строгая дифференцируемость.
5. Производные высших порядков.
6. Основные теоремы дифференциального исчисления в нормированных пространствах.

4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета

Типовые вопросы зачета (ПК-10, ПК-3)

Типовые вопросы для зачета

1. Принцип Лагранжа исследования задач с ограничениями.
 2. Минимизация функций одной переменной. Метод деления отрезка пополам. Метод золотого сечения. Метод ломаных.
 3. Теорема Вейерштрасса о достижении максимума и минимума;
 4. Производная Фреше.
 5. Строгая дифференцируемость, производные высших порядков,
 6. Теорема о суперпозиции, теорема о среднем,
 7. Формула Тейлора,
 8. Теорема о полном дифференциале,
 9. Конечномерные теоремы об обратной и неявной функциях.
 10. Теорема Люстерника,
 11. Теорема о касательном пространстве;
 12. Элементы выпуклого анализа, операции над выпуклыми объектами, теоремы двойственности и компактности, выпуклое исчисление.
 13. Гладкие задачи с равенствами и неравенствами.
 14. Задачи выпуклого программирования.
 15. Метод касательных. Метод парабол. Градиентный метод. Метод проекции градиента. Метод проекции опорных функций. Метод Ньютона. Метод штрафных функций. Теорема Куна-Такера.
 16. Задачи линейного программирования, симплекс метод.
 17. Схемы Беллмана и Моисеева.
 18. Выпуклый анализ в линейных пространствах: двойственное соотношение в выпуклом анализе, теорема об очистке.
 19. Необходимые условия экстремума.
 20. Достаточные условия экстремума.
 21. Методы минимизации функционалов, минимизация квадратичного функционала.
 22. Методы решения задач быстрого действия.
 23. Регуляризация некорректно поставленных экстремальных задач. Метод регуляризации А.Н. Тихонова.
 24. Регуляризация с помощью аппроксимации множества. Усиленная регуляризация.
- Разностные аппроксимации задач оптимального управления

Типовые задания для зачета (ПК-10, ПК-3)

Типовые индивидуальные задания

1. Решить транспортные задачи (условие задания даётся каждому студенту индивидуально)
2. Решить гладкие конечномерные задачи на безусловный и условный экстремум (условие задания даётся каждому студенту индивидуально).

4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«зачтено» (50 - 100 баллов)	ПК-10	Демонстрирует способность адаптировать учебные программы дисциплин к реальным условиям образовательного процесса; проектировать внедрение нового математического содержания в учебный материал Демонстрирует способность доказывать математические утверждения; может анализировать школьные учебники с точки зрения реализации программы. Может решать нестандартные задачи. Способен выбирать рациональный способ решения
	ПК-3	Демонстрирует способность применять правила и стандарты оформления научной и технической документации; знает основы ораторского искусства.
«не зачтено» (0 - 49 баллов)	ПК-10	Не умеет адаптировать учебные программы дисциплин к реальным условиям образовательного процесса; не может проектировать внедрение нового математического содержания в учебный материал Не может доказывать математические утверждения; не умеет анализировать школьные учебники с точки зрения реализации программы. Не может решать нестандартные задачи. Не способен выбирать рациональный способ решения.
	ПК-3	Не умеет применять правила и стандарты оформления научной и технической документации; не знает основ ораторского искусства.

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

5.1 Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся:

Приступая к изучению дисциплины, в первую очередь обучающимся необходимо ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины, ее раздела, части.

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Объем и содержание дисциплины», «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы».

В разделе «Объем и содержание дисциплины» указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах.

В разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» указана рекомендуемая основная и дополнительная литература.

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, необходимых для освоения дисциплины.

5.2 Рекомендации обучающимся по работе с теоретическими материалами по дисциплине

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- просмотреть еще раз презентацию лекции в системе MOODLe, повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной дополнительной литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники, профессиональные базы данных и информационные справочные системы;
- ответить на вопросы для самостоятельной работы, по теме представленные в пункте 3.2 РПД.
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы фонда оценочных средств (ФОС).

5.3 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с основной и дополнительной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к дебатам, тестированию, экзамену. Она включает проработку лекционного материала и рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, в том числе с опорой на размещенные в системе MOODLe презентации, основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект может быть выполнен в рамках распечатки выдачи презентаций лекций или в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с основной и дополнительной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

5.4. Рекомендации по подготовке к отдельным заданиям текущего контроля

Собеседование предполагает организацию беседы преподавателя со студентами по вопросам практического занятия с целью более обстоятельного выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы могут участвовать в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д.

Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Основные качества устного ответа подлежащего оценке:

- правильность ответа по содержанию;
- полнота и глубина ответа;
- сознательность ответа;
- логика изложения материала;
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи;
- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе;
- использование дополнительного материала;
- рациональность использования времени, отведенного на задание.

Устный опрос может сопровождаться презентацией, которая подготавливается по одному из вопросов практического занятия. При выступлении с презентацией необходимо обращать внимание на такие моменты как:

- содержание презентации: актуальность темы, полнота ее раскрытия, смысловое содержание, соответствие заявленной темы содержанию, соответствие методическим требованиям (цели, ссылки на ресурсы, соответствие содержания и литературы), практическая направленность, соответствие содержания заявленной форме, адекватность использования технических средств учебным задачам, последовательность и логичность презентуемого материала;
- оформление презентации: объем (оптимальное количество), дизайн (читаемость, наличие и соответствие графики и анимации, звуковое оформление, структурирование информации, соответствие заявленным требованиям), оригинальность оформления, эстетика, использование возможности программной среды, соответствие стандартам оформления;
- личностные качества: ораторские способности, соблюдение регламента, эмоциональность, умение ответить на вопросы, систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы:
- содержание выступления: логичность изложения материала, раскрытие темы, доступность изложения, эффективность применения средств ИКТ, способы и условия достижения результативности и эффективности для выполнения задач своей профессиональной или учебной деятельности, доказательность принимаемых решений, умение аргументировать свои заключения, выводы.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература:

1. Васильева А.Б., Медведев Г.Н., Тихонов Н.А., Уразильдина Т.А. Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление в примерах и задачах : учеб. пособие. - изд. 3-е, испр.. - СПб. [и др.]: Лань, 2010. - 429 с.
2. Моклячук, М. П. Вариационное исчисление. Экстремальные задачи : учебник. - 2023-02-12; Вариационное исчисление. Экстремальные задачи. - Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. - 428 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/91913.html>
3. Болдырев Ю. Я. Вариационное исчисление и методы оптимизации : Учебное пособие для вузов. - Москва: Юрайт, 2020. - 240 с. - Текст : электронный // ЭБС «ЮРАЙТ» [сайт]. - URL: <https://urait.ru/bcode/453455>

6.2 Дополнительная литература:

1. Хеннер В.К., Белозерова Т.С., Хеннер М.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения, вариационное исчисление, основы специальных функций и интегральных уравнений : учеб. пособие. - Санкт-Петербург, Москва, Краснодар: Лань, 2017. - 318 с.
2. Толпегин О. А. Математическое программирование. Вариационное исчисление : Учебное пособие для вузов. - испр. и доп; 2-е изд.. - Москва: Юрайт, 2020. - 233 с. - Текст : электронный // ЭБС «ЮРАЙТ» [сайт]. - URL: <https://urait.ru/bcode/446093>
3. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление : Учебник. - 5-е изд.. - М.: Едиториал УРСС, 2002. - 319 с.
4. Бренерман, М. Х., Жихарев, В. А. Вариационное исчисление : учебное пособие. - 2022-01-18; Вариационное исчисление. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. - 148 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/79275.html>
5. Тихомиров В. М., Алексеев В. М., Фомин С. В. Оптимальное управление. - Москва: Физматлит, 2007. - 192 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67593>
6. Благодатских В.И. Введение в оптимальное управление (линейная теория) : Учебник для вузов. - М.: Высш. шк., 2001. - 239 с.

6.3 Иные источники:

1. Российский общеобразовательный портал - <http://www.school.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» - <http://school-collection.edu.ru/>
3. Федеральный портал «Российское образование» - <http://www.edu.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

LibreOffice

Операционная система "Альт Образование"

Microsoft Windows 10

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru. – URL: <https://elibrary.ru>
2. Российская государственная библиотека. – URL: <https://www.rsl.ru>
3. Российская национальная библиотека. – URL: <http://nlr.ru>
4. Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. – URL: <https://www.prilib.ru>
5. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система. – URL: <https://biblioclub.ru>
6. Научная электронная библиотека Российской академии естествознания. – URL: <https://www.monographies.ru>

Электронная информационно-образовательная среда

https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.