

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

СОГЛАСОВАНО:

Выпускающая кафедра ЦТУТП
Доцент



В.Е. Нутович

05 октября 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИУЦТ



С.П. Вакуленко

06 октября 2020 г.



Кафедра «Математическое моделирование и системный анализ»

Автор Сафро Владимир Моисеевич, доцент

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Вариационное исчисление

| | |
|--------------------------|--|
| Направление подготовки: | 01.03.02 – Прикладная математика и информатика |
| Профиль: | Математические модели в экономике и технике |
| Квалификация выпускника: | Бакалавр |
| Форма обучения: | очная |
| Год начала подготовки | 2017 |

| | |
|--|--|
| <p>Одобрено на заседании Учебно-методической комиссии Протокол № 3 05 октября 2020 г. Председатель учебно-методической комиссии</p>  <p style="text-align: right;">Н.А. Клычева</p> | <p>Одобрено на заседании кафедры Протокол № 6 27 апреля 2020 г. И.о. заведующего кафедрой</p>  <p style="text-align: right;">Г.А. Зверкина</p> |
|--|--|

Москва 2020 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины (Вариационное исчисление) являются изучение – в продолжение фундаментального курса анализа (или параллельно ему) – основ теории дифференцируемых функционалов в линейных нормированных пространствах, и затем – изучение основных фактов и выводов классического вариационного исчисления. Кроме собственно вариационного исчисления обсуждаются также необходимые связи этой науки с численными методами, механикой, теорией оптимального управления и др. разделами математики.

Важной целью является также обзор (на новом уровне) основных фундаментальных фактов классического математического анализа и курса алгебры в связи с изучением далёких и глубоких обобщений этих фактов с целью усиления знаний роли основных фактов анализа и алгебры в общей структуре математического образования.

Наконец, выполнение задания курсовой работы служит подготовкой к последующей работе, связанной с решением прикладных задач и использованием программного обеспечения и работы на компьютере.

В соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 010400 Прикладная математика и информатика (квалификация (степень) “бакалавр”) дисциплина предназначена для получения знаний для подготовки к решению следующих основных профессиональных задач:

Проектная и производственно – технологическая деятельность:

– исследование математических методов моделирования имитационных моделей по тематике выполняемых научно – исследовательских работ; развитие и использование инструментальных средств в научной и практической деятельности;

Научно-исследовательская деятельность

– изучение новых научных результатов, научной литературы или научно-исследовательских проектов; исследование и разработка математических моделей, алгоритмов, инструментальных средств по тематике производимой научно-исследовательской работы; участие в работе научных конференций и симпозиумов, подготовка научных публикаций;

Организационно – управленческая деятельность:

– разработка и внедрение процессов управления качеством и оптимизации таких процессов, планирование научно-исследовательской деятельности.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Учебная дисциплина "Вариационное исчисление" относится к блоку 1 "Дисциплины (модули)" и входит в его вариативную часть.

2.1. Наименования предшествующих дисциплин

Для изучения данной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

2.1.1. Алгебра и аналитическая геометрия:

Знания: линейные пространства: общие понятия, основные пространства(примеры), гильбертовы и евклидовы пространства

Умения: умение проверять свойства элементов линейного пространства, а также гильбертова и евклидова пространств

Навыки: ориентация в определениях и свойствах элементов различных линейных пространств

2.1.2. Дифференциальные уравнения:

Знания: общие понятия, методы решения основных дифференциальных уравнений 1-го и 2-го порядка (включая случаи понижения порядка дифференциальных уравнений); решение линейных дифференциальных уравнений и систем таких уравнений.

Умения: умение решать основные типы дифференциальных уравнений, включая случаи понижения порядка дифференциальных уравнений

Навыки: быстрое и эффективное решение основных (простейших) классов обыкновенных дифференциальных уравнений и систем

2.1.3. Математический анализ:

Знания: общие понятия функциональной зависимости; экстремум (основные понятия); основные необходимые и достаточные условия экстремума функции одной и нескольких переменных; выпуклые функции (*); формула Тейлора.

Умения: исследование заданных функций на экстремум

Навыки: владение системой необходимых и достаточных условий экстремума и графическим изображением функций; навыки разложения функций в ряд Тейлора

2.2. Наименование последующих дисциплин

Результаты освоения дисциплины используются при изучении последующих учебных дисциплин:

2.2.1. Теория оптимального управления

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:

| № п/п | Код и название компетенции | Ожидаемые результаты |
|----------|---|---|
| 1 | ОК-7 способностью к самоорганизации и самообразованию | <p>Знать и понимать: общие определения и понятия, относящиеся к ЛНП и к понятиям функционалов и операторов в ЛНП.</p> <p>Уметь: отмечать и обосновывать сходимость последовательностей (близость элементов) в различных ЛНП (прежде всего – в различных функциональных пространствах).</p> <p>Владеть: набором базовых знаний по разделу и подходами к постановке возникающих задач на экстремум.</p> |
| 2 | ОПК-1 способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой | <p>Знать и понимать: основные понятия дифференциального исчисления в ЛНП (необходимые и достаточные условия экстремума дифференцируемых функционалов).</p> <p>Уметь: находить вариацию функционала и проверять необходимые и достаточные условия экстремума.</p> <p>Владеть: применением базовых знаний по разделу к решению (или составлению плана решения) возникающих задач на экстремум.</p> |
| 3 | ОПК-2 способностью приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии | <p>Знать и понимать: основные факты вариационного исчисления: постановку и основные необходимые условия (уравнение Эйлера) для различных вариантов вариационных задач, систему достаточных условий в основной (простейшей) задаче.</p> <p>Уметь: искать экстремум в разнообразных задачах вариационного исчисления.</p> <p>Владеть: умением постановки задачи вариационного исчисления в возникающих физических и геометрических проблемах.</p> |
| 4 | ОПК-4 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности | <p>Знать и понимать: принцип наименьшего действия Гамильтона-Остроградского. Знать правило множителей Лагранжа в задачах на условный экстремум.</p> <p>Уметь: формулировать и применять сводку основных необходимых и достаточных условий в основной (простейшей) задаче вариационного исчисления.</p> <p>Владеть: основными (прежде всего необходимыми) условиями экстремума и умением решать получившиеся дифференциальные уравнения (и системы).</p> |
| 5 | ПК-2 способностью понимать, совершенствовать и применять современный | Знать и понимать: основные методы (прежде всего прогонки) численного решения краевых задач для |

| № п/п | Код и название компетенции | Ожидаемые результаты |
|----------|----------------------------|--|
| | математический аппарат | <p>дифференциального уравнения 2-го порядка (Эйлера). Знать основные прямые методы минимизации основного функционала вариационного исчисления – Эйлера и Ритца.</p> <p>Уметь: реализовывать на компьютере нужные численные методы. Уметь составлять детальный план минимизации исследуемого функционала по методам Эйлера и Ритца и использовать программное обеспечение для реализации этого плана на компьютере.</p> <p>Владеть: основными методами приближённых вычислений, нужными при использовании численных алгоритмов и прямых методов решения основной задачи вариационного исчисления.</p> |

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ И АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСАХ

4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет:

3 зачетные единицы (108 ак. ч.).

4.2. Распределение объема учебной дисциплины на контактную работу с преподавателем и самостоятельную работу обучающихся

| Вид учебной работы | Количество часов | |
|--|-------------------------|------------------|
| | Всего по учебному плану | Семестр 6 |
| Контактная работа | 28 | 28,15 |
| Аудиторные занятия (всего): | 28 | 28 |
| В том числе: | | |
| лекции (Л) | 14 | 14 |
| практические (ПЗ) и семинарские (С) | 14 | 14 |
| Самостоятельная работа (всего) | 53 | 53 |
| Экзамен (при наличии) | 27 | 27 |
| ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, часы: | 108 | 108 |
| ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, зач.ед.: | 3.0 | 3.0 |
| Текущий контроль успеваемости (количество и вид текущего контроля) | КР (1), ПК1, ПК2 | КР (1), ПК1, ПК2 |
| Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет) | ЭК | ЭК |

4.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

| № п/п | Семестр | Тема (раздел) учебной дисциплины | Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме | | | | | | Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации |
|-------|---------|---|---|----|-------|-----|----|-------|--|
| | | | Л | ЛР | ПЗ/ТП | КСР | СР | Всего | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 6 | Раздел 1 Дифференцируемые функционалы в ЛНП | 3 | | 4 | | 7 | 14 | |
| 2 | 6 | Тема 1.1 Функционалы и операторы в линейных нормированных пространствах. Вариация дифференцируемого функционала | 2 | | 2 | | 3 | 7 | |
| 3 | 6 | Тема 1.2 Экстремум дифференцируемых функционалов. Необходимые условия. Достаточное условие экстремума. Примеры. | 1 | | 2 | | 4 | 7 | |
| 4 | 6 | Раздел 2 Вариационное исчисление: основные необходимые условия экстремума. | 4 | | 5 | | 9 | 18 | |
| 5 | 6 | Тема 2.1 Постановка основной (простейшей) задачи вариационного исчисления. Лемма Лагранжа. Вывод уравнения Эйлера. Случаи понижения порядка. Задача о брахистохроне. Задача о катеноиде. (*) | 2 | | 2 | | 5 | 9 | |
| 6 | 6 | Тема 2.2 Функционалы, зависящие от n функций. Функционалы, зависящие от производных высших порядков. Случай нескольких независимых переменных; уравнение Эйлера-Остроградского. (*) | 2 | | 3 | | 4 | 9 | ПК1, опрос по пройденным темам. Проверка заданий типового расчёта. |
| 7 | 6 | Раздел 3 Дальнейшие условия экстремума. | 5 | | 5 | | 23 | 33 | |
| 8 | 6 | Тема 3.1 Условный экстремум. | 2 | | 2 | | 8 | 12 | |

| № п/п | Семестр | Тема (раздел) учебной дисциплины | Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме | | | | | | Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации |
|-------|---------|--|---|----|-------|-----|----|-------|--|
| | | | Л | ЛР | ПЗ/ТП | КСР | СР | Всего | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | Изопериметрические задачи; правило множителей Лагранжа. Задача Дидоны | | | | | | | |
| 9 | 6 | Тема 3.2 Условие трансверсальности | 1 | | | | 7 | 8 | |
| 10 | 6 | Тема 3.3 Система необходимых и достаточных условий экстремума в основной задаче вариационного исчисления (условия Лагранжа, Якоби, Вейерштрасса). | 2 | | 3 | | 8 | 13 | ПК2, опрос по пройденным темам. Проверка заданий типового расчёта. |
| 11 | 6 | Раздел 4 Прямые методы в вариационном исчислении. | 2 | | | | 7 | 9 | , Сдача типового расчёта |
| 12 | 6 | Тема 4.1 Метод Эйлера. Метод Рунге | 2 | | | | 7 | 9 | |
| 13 | 6 | Раздел 5 (* Вариационные принципы. (*) Канонические переменные. (*)) | | | | | 7 | 7 | КР, Сдача и защита курсовой работы |
| 14 | 6 | Экзамен | | | | | | 27 | ЭК |
| 15 | | Всего: | 14 | | 14 | | 53 | 108 | |

4.4. Лабораторные работы / практические занятия

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

Практические занятия предусмотрены в объеме 14 ак. ч.

| № п/п | № семестра | Тема (раздел) учебной дисциплины | Наименование занятий | Всего часов/ из них часов в интерактивной форме |
|-------|------------|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 6 | РАЗДЕЛ 1 Дифференцируемые функционалы в ЛНП Тема: Функционалы и операторы в линейных нормированных пространствах. Вариация дифференцируемого функционала | Линейные нормированные пространства. Функционалы и операторы. | 2 |
| 2 | 6 | РАЗДЕЛ 1 Дифференцируемые функционалы в ЛНП Тема: Экстремум дифференцируемых функционалов. Необходимые условия. Достаточное условие экстремума. Примеры. | Вариация функционалов (условия экстремума) | 2 |
| 3 | 6 | РАЗДЕЛ 2 Вариационное исчисление: основные необходимые условия экстремума. Тема: Постановка основной (простейшей) задачи вариационного исчисления. Лемма Лагранжа. Вывод уравнения Эйлера. Случаи понижения порядка. Задача о брахистохроне. Задача о катеноиде. (*) | Непосредственное решение основной задачи вариационного исчисления. Уравнение Эйлера в основной (простейшей) задаче. | 2 |

| № п/п | № семестра | Тема (раздел) учебной дисциплины | Наименование занятий | Всего часов/ из них часов в интерактивной форме |
|--------|------------|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4 | 6 | РАЗДЕЛ 2 Вариационное исчисление: основные необходимые условия экстремума. Тема: Функционалы, зависящие от n функций. Функционалы, зависящие от производных высших порядков. Случай нескольких независимых переменных; уравнение Эйлера-Остроградского. (*) | Случай нескольких независимых переменных. (*) | 1 |
| 5 | 6 | РАЗДЕЛ 2 Вариационное исчисление: основные необходимые условия экстремума. Тема: Функционалы, зависящие от n функций. Функционалы, зависящие от производных высших порядков. Случай нескольких независимых переменных; уравнение Эйлера-Остроградского. (*) | Случай нескольких неизвестных функций. Случай производных высших порядков. | 2 |
| 6 | 6 | РАЗДЕЛ 3 Дальнейшие условия экстремума. Тема: Условный экстремум. Изопериметрические задачи; правило множителей Лагранжа. Задача Дидоны | Условный экстремум. Условие трансверсальности | 2 |
| 7 | 6 | РАЗДЕЛ 3 Дальнейшие условия экстремума. Тема: Система необходимых и достаточных условий экстремума в основной задаче вариационного исчисления (условия Лагранжа, Якоби, Вейерштрасса). | Системы необходимых и достаточных условий в основной (простейшей задаче) | 3 |
| ВСЕГО: | | | | 14/0 |

4.5. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Курсовая работа выполняется по индивидуальным заданиям; основная тема:
Приближенная минимизация интегрального функционала по методу Рунге.
Предполагается реализация всех численных алгоритмов на ЭВМ.
Варианты курсовой работы см. Приложение 1. Вначале требуется найти точное решение задачи о минимуме заданного функционала, затем (в случае задания по методу Рунге) нужно отыскать n приближений (итераций) по методу Рунге при указанном выборе системы координатных функций; далее сравнить приближения с точным решением (вычислив невязки), построить графики.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации учебного процесса используется главным образом классические образовательные технологии: чтение лекций, практические занятия и консультации по курсовой работе и заданиям типового расчёта (ТР).

Лекции проводятся в традиционной форме – классическое (объяснительно – иллюстративное) изложение материала с использованием диалоговых (интерактивных) элементов. Практические занятия предусматривает также диалоговые(интерактивные) элементы; существенно, что основу проведения занятий составляет разбор задач, приближенных к индивидуальным заданиям ТР – типового расчёта (см. лит. 7.1[4]). Как на лекциях, так и в значительной степени на практических занятиях, обсуждение многих важных вопросов (прежде всего, относящихся к решению задач) проходит в диалоговом режиме.

Активные формы проведения занятий отличают в особенности обсуждение тем курсовых работ, прежде всего работ, связанных с исследовательскими элементами. Проходят и дискуссии об эффективности различных алгоритмических и программистских средств решения задач.

Самостоятельная работа студентов связана прежде всего с традиционными видами работы – отработка лекционного материала и отработка отдельных тем по учебным пособиям. Контроль самостоятельной работы носит в большой степени диалоговый характер. Наконец, технология контроля знаний студентов основана на проведении текущих контрольных опросов, сдаче заданий типового расчёта (ТР), сдаче и защите заданий курсовых работ.

Приведём основные вопросы для промежуточного контроля знаний студентов (подробный список вопросов содержится в лит 7.1[4]); а также список контрольных вопросов к экзамену.

ПК-1

1. Вариация функционала.
2. Непосредственное отыскание экстремума интегрального функционала.
3. Экстремали в основной (простейшей) задаче вариационного исчисления.
4. Исследование на экстремум в основной (простейшей) задаче.

ПК-2

5. Функционалы, зависящие от производных более высоких порядков.
6. Функционалы, зависящие от нескольких функций.
7. Условие трансверсальности. Правило множителей Лагранжа в задачах на условный экстремум.

СПИСОК КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Вариация дифференцируемого функционала.
2. Экстремум дифференцируемого функционала: необходимое и достаточное условия.
3. Постановка основной (простейшей) задачи вариационного исчисления. Уравнение Эйлера.
4. Функционалы, зависящие от n неизвестных функций.
5. Функционалы, зависящие от производных более высоких порядков. Уравнение Эйлера-Пуассона.
6. Изопериметрические задачи; правило множителей Лагранжа.
7. Условие трансверсальности.
8. Прямые методы вариационного исчисления: метод Эйлера.
9. Прямые методы вариационного исчисления: метод Ритца.
10. Необходимое условие Лежандра.

11. Сопряженные точки; уравнение Якоби.
12. Условие Вейрштрасса сильного экстремума.
13. Сводка основных необходимых и достаточных условий экстремума в основной (простейшей) задаче вариационного исчисления.

Проведение занятий по дисциплине возможно с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, реализуемые с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников.

В процессе проведения занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий применяются современные образовательные технологии, такие как (при необходимости):

- использование современных средств коммуникации;
- электронная форма обмена материалами;
- дистанционная форма групповых и индивидуальных консультаций;
- использование компьютерных технологий и программных продуктов, необходимых для сбора и систематизации информации, проведения требуемых программой расчетов и т.д.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

| № п/п | № семестра | Тема (раздел) учебной дисциплины | Вид самостоятельной работы студента. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы | Всего часов |
|-------|------------|--|--|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 6 | РАЗДЕЛ 1 Дифференцируемые функционалы в ЛНП Тема 1: Функционалы и операторы в линейных нормированных пространствах. Вариация дифференцируемого функционала | Линейные нормированные пространства; функционалы и операторы. Вариация дифференциального функционала. 1. Подготовка к входному контролю. 2. Подготовка к практическому занятию № 1. 3. Изучение учебной лит 7.1[1]. | 3 |
| 2 | 6 | РАЗДЕЛ 1 Дифференцируемые функционалы в ЛНП Тема 2: Экстремум дифференцируемых функционалов. Необходимые условия. Достаточное условия экстремума. Примеры. | Экстремум дифференциального функционала. Условия экстремума. 1. Подготовка к практическому занятию № 2. 2. Изучение учебной лит 7.1[1]. 3. Выполнение задания ТР № 1,2, лит. 7.1[4]. 4. Ознакомление с лит. и заданиями курсовой работы, начало выполнения к.р. | 4 |
| 3 | 6 | РАЗДЕЛ 2 Вариационное исчисление: основные необходимые условия экстремума. Тема 1: Постановка основной (простейшей) задачи вариационного исчисления. Лемма Лагранжа. Вывод уравнения Эйлера. Случаи понижения порядка. Задача о брахистохроне. Задача о катеноиде. (*) | Вариационное исчисление. Основные необходимые условия экстремума 1. Подготовка к практическому занятию № 3. 2. Изучение учебной лит. 7.1.[2][3]. 3. Выполнение заданий ТР № 3,4, лит. 7.1[4]. 4. Выполнение курсовой работы. Лит 7, 1 [2,3] | 5 |
| 4 | 6 | РАЗДЕЛ 2 Вариационное исчисление: основные необходимые условия экстремума. Тема 2: Функционалы, зависящие от n функций. Функционалы, зависящие от производных высших порядков. Случай нескольких независимых переменных; уравнение Эйлера-Остроградского. (*) | Функционалы, зависящие от n функций и от производных высших порядков. Случай нескольких независимых переменных. 1. Подготовка к практическим занятиям № 4,5. 2. Изучение учебной лит. 7.1.[2][3]. 3. Выполнение заданий ТР № 5,6, лит. 7.1[4]. 4. Выполнение курсовой работы. Лит 7, 1 [2,3] | 4 |
| 5 | 6 | РАЗДЕЛ 3 Дальнейшие условия экстремума. Тема 1: Условный экстремум. | Условный экстремум 1. Подготовка к практическому занятию № 6. 2. Изучение учебной лит. 7.1.[2][3]. | 8 |

| | | | | |
|--------|---|--|--|----|
| | | Изопериметрические задачи; правило множителей Лагранжа. Задача Дидоны | 3. Выполнение задания ТР № 5, лит. 7.1[4]. 4. Выполнение курсовой работы. Лит 7, 1 [2,3] | |
| 6 | 6 | РАЗДЕЛ 3 Дальнейшие условия экстремума. Тема 2: Условие трансверсальности | Общая формула вариации функционала. Условие трансверсальности. 1. Подготовка к практическому занятию № 7. 2. Изучение учебной лит. 7.1.[2][3]. 3. Выполнение заданий ТР № 8, лит. 7.1[4]. 4. Выполнение курсовой работы. Лит 7, 1 [2,3] | 7 |
| 7 | 6 | РАЗДЕЛ 3 Дальнейшие условия экстремума. Тема 3: Система необходимых и достаточных условий экстремума в основной задаче вариационного исчисления (условия Лагранжа, Якоби, Вейерштрасса). | Система необходимых и достаточных условий экстремума в основной (простейшей) задаче вариационного исчисления. 1. Подготовка к практическому занятию № 8. 2. Изучение учебной лит. 7.1.[2][3]. 3. Выполнение задания ТР № 7, лит. 7.1[4]. 4. Выполнение курсовой работы. Лит 7, 1 [2,3] | 8 |
| 8 | 6 | РАЗДЕЛ 4 Прямые методы в вариационном исчислении. Тема 1: Метод Эйлера. Метод Ритца | Прямые методы в вариационном исчислении. 1. Изучение учебной лит. 7.1[2],[3] 2. Выполнение курсовой работы. 3. Завершение и защита курсовой работы. Лит 7, 1 [2,3] | 7 |
| 9 | 6 | РАЗДЕЛ 5 (* Вариационные принципы. (*) Канонические переменные. (*) | Вариационные принципы в механике. Канонические переменные; канонические уравнения 1. Изучение учебной лит. 7.1[2] 2. Завершение и защита курсовой работы. Лит 7, 1 [2,3] | 7 |
| ВСЕГО: | | | | 53 |

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Основная литература

| № п/п | Наименование | Автор (ы) | Год и место издания Место доступа | Используется при изучении разделов, номера страниц |
|-------|--|--|--|--|
| 1 | Элементы теории функций и функционального анализа. | Колмогоров А.Н., Фомин С.В. | Москва, 2002 НТБ (фб.); НТБ (чз.1) | Раздел 1 |
| 2 | Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. | Эльсгольц Л.Э. | Москва, 2014 НТБ (уч.2); НТБ (уч.3); НТБ (уч.4) | Все разделы |
| 3 | Вариационное исчисление. | Краснов М.Л., Макаренко Г.И., Киселев А.И. | М.: Наука, 2012 НТБ (уч.4); НТБ (уч.6); НТБ (фб.) | Все разделы |
| 4 | Вариационное исчисление. Методические указания для бакалавров направления "Прикладная математика и информатика". | Сафро В.М. | М: МИИТ, 2014 НТБ (уч.3); НТБ (уч.4) | Все разделы |

7.2. Дополнительная литература

| № п/п | Наименование | Автор (ы) | Год и место издания Место доступа | Используется при изучении разделов, номера страниц |
|-------|--|----------------|---|--|
| 5 | Условия экстремума и вариационное исчисление. | Демьянова В.Ф. | М: Высшая школа, 2005 НТБ МИИТ | Все разделы |
| 6 | Прикладная математика для инженеров: специальные курсы. | Мышкис А.Д. | Физматлит, 2007 НТБ МИИТ | Все разделы |
| 7 | Вариационное исчисление в примерах и задачах. | Пантелеев А.В. | М: изд. МАИ, 2006 НТБ МИИТ | Все разделы |
| 8 | Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления | Романко В.К. | М: Лаборатория Базовых Знаний, 2001 НТБ МИИТ | Все разделы |
| 9 | Вариационное исчисление и интегральные уравнения. | Цлаф Л.Я. | Москва, 2005 НТБ (уч.3); НТБ (уч.4); НТБ (фб.); НТБ (чз.2) | Все разделы |

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. <http://library.miit.ru/> – электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ.
2. <http://elibrary.ru/> - научно-электронная библиотека.
3. Поисковые системы: Yandex, Google, Mail.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

При организации обучения по дисциплине с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий необходим доступ каждого студента к информационным ресурсам – библиотечному фонду Университета, сетевым ресурсам и информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

В случае проведения занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий может понадобиться наличие следующего программного обеспечения (или их аналогов): ОС Windows, Microsoft Office, Интернет-браузер, Microsoft Teams и т.д.

В образовательном процессе, при проведении занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, могут применяться следующие средства коммуникаций: ЭИОС РУТ(МИИТ), Microsoft Teams, электронная почта, скайп, Zoom, WhatsApp и т.п.

10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Специальные требования к аудиториям и программному обеспечению учебной дисциплины не предъявляются. Требуется учебная аудитория на 20 посадочных мест, стол и стул для преподавателя и доска.

В случае проведения занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий необходимо наличие компьютерной техники, для организации коллективных и индивидуальных форм общения педагогических работников со студентами, посредством используемых средств коммуникации.

Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Обучающимся необходимо помнить, что качество полученного образования, играющее определяющую роль в их последующей квалификации, в немалой степени зависит от активной роли самого обучающегося в учебном процессе, от его трудолюбия и самодисциплины.

Лекционные занятия составляют основу теоретического обучения и должны давать систематизированные основы знаний по дисциплине, концентрировать внимание обучающегося к сложным и узловым вопросам, развивать познавательную деятельность и творческое мышление студента. Важно помнить и понимать, что слушание лекций (и её запись) – это работа, причём очень ответственная и творческая; она требует собранности и заметного интеллектуального напряжения. Только совместными усилиями лектора и обучающегося можно выполнить все цели лекции: информационную, обучающую и другие.

В курсе Вариационное исчисление очень важно следить за формулировками основных фактов науки и их доказательствами; не менее важно также проследить аналогии с классическим математическим анализом и связи этой науки с физикой, механикой, оптикой.

Выполнение практических заданий (и заданий ТР) – основа усвоения изученного материала. Важнейшее требование здесь – самостоятельность в работе над заданиями; эта работа будет воспитывать качество работника – исследователя, что исключительно важно для будущей самостоятельной деятельности.

То же в значительной степени относится и к изучению основной и дополнительной литературы.

Успешное выполнение курсовой работы – одно из главных требований в деле выработки качеств квалифицированного работника в будущем; тут воспитывается умение планировать своё время и усилия, проявлять творческие элементы в работе.

Компетенции обучающегося, рассмотренные выше – важная составляющая часть образовательской программы в целом, способствующая эффективности и унификации оценки качества полученного студентом образования.

Основные научные и методические указания по дисциплине Вариационное исчисление содержатся в разделе основная и дополнительная литература.