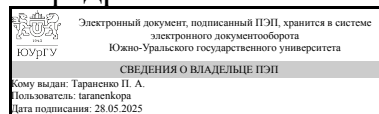


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



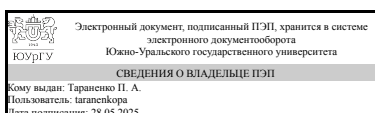
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М0.06 Оптимальное проектирование
для направления 15.04.03 Прикладная механика
уровень Магистратура
магистерская программа Компьютерное моделирование высокотехнологичных конструкций
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика

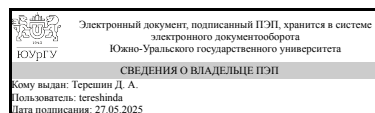
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 731

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.



П. А. Тараненко

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент



Д. А. Терешин

1. Цели и задачи дисциплины

Цель — изучение современных методов оптимального проектирования материалов и элементов конструкций для использования полученных знаний в практической инженерной деятельности: при проектировании машин и оборудования, увеличения их надежности, долговечности и функциональных возможностей, минимизации затрат на создание и эксплуатацию. Задачи: - изучение аналитических методов оптимизации; - изучение численных методов оптимизации и их программных реализаций; - освоение практического применения методов для обеспечения прочности, надежности и долговечности элементов конструкций.

Краткое содержание дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование навыков постановки задач проектирования конструкций как математической задачи оптимизации и применения методов поиска экстремума к задачам, возникающим в техническом проектировании. Внедрение в проектирование элемента целенаправленности позволяет существенно сократить затраты времени и получить экономически эффективное решение, которое в ряде случаев не может быть получено интуитивными методами. Основу методов составляют подходы математического программирования в выпуклых и невыпуклых задачах, подходы оптимального управления и теории многокритериальной оптимизации. В дисциплине изучаются: критерии оптимизации в задачах механики конструкций и машин, формулировка целевых функций и ограничений, одно- и многокритериальные задачи; типы оптимизации элементов конструкций (параметрическая, топологическая, оптимизация формы); эффективные аналитические и численные методы решения задачи оптимизации, в том числе, используемые совместно с методом конечных элементов.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|
| ПК-4 Способен выполнять научные исследования в области прикладной механики для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня) | Знает: критерии оптимизации в задачах механики конструкций и машин; методы оптимизации: векторную параметрическую оптимизацию, топологическую оптимизацию (оптимизацию формы конструкций); эффективные аналитические и численные методы решения задачи оптимизации, включая конечно-элементный подход Умеет: задавать и формулировать целевую функцию, показатели качества; параметры проектирования; основные типы ограничений; осваивать современное ПО для анализа и оптимизации инженерных конструкций Имеет практический опыт: работы с методами решения задачи оптимизации с использованием эффективных вычислительных алгоритмов |
| ПК-5 Способен консультировать инженеров-расчетчиков, конструкторов, технологов и других | Знает: методы оптимизации, реализованные в современных CAD/CAE системах |

| | |
|--|--|
| работников промышленных и научно-производственных фирм по современным достижениям прикладной механики, по вопросам внедрения наукоемких компьютерных технологий (CAD/CAE-систем) | Умеет: использовать в инженерной практике технологии оптимизации, реализованные в современных CAD/CAE системах Имеет практический опыт: с технологиями и алгоритмами, используемыми на этапе оптимизации проектируемого изделия |
|--|--|

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|--|---|
| Цифровое производство, Теория надежности, Надежность технических систем, Цифровые двойники динамических систем, Конструкционная прочность и механика разрушения, Предельные неупругие состояния конструкций | Численное моделирование разрушения, Компьютерное моделирование в Ansys Workbench, Производственная практика (преддипломная) (4 семестр) |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина | Требования |
|---|--|
| Конструкционная прочность и механика разрушения | Знает: современные подходы, в том числе, математические модели, к определению предельных состояний элементов конструкций, возникающие при однократном, повторно-переменном и длительном (при повышенной температуре) нагружении, способы и средства современных коммуникаций, результаты деятельности ведущих научно-производственных отечественных и зарубежных центров по профилю профессиональной деятельности, знакомиться с изданиями научно-производственного характера, материалами соответствующих научных журналов и регулярно проводимых конференций, потребности отделов прочности, конструкторских и технологических отделов промышленных и научно-производственных фирм в части оценки прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций; современные достижения прикладной механики и наукоемкие компьютерные технологии Умеет: применять в профессиональной деятельности современные теории, физико-математические и численные методы исследования закономерностей реализации предельных состояний изделий в условиях однократного, повторно-переменного и длительного нагружения, пользоваться отечественными и зарубежными базами данных научных публикаций (Scopus, WoS, РИНЦ и др.), вести |

| | |
|--|---|
| | <p>целенаправленный библиографический поиск в различных электронных библиотеках, используя современные коммуникативные технологии, предоставляемые всемирной паутиной, адаптировать современные достижения прикладной механики и наукоемкие компьютерные технологии к конкретным потребностям промышленных и научно-производственных предприятий Имеет практический опыт: расчетов и навыки использования пакетов прикладных программ, включая академические пакеты МКЭ,, а также новых систем компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга для оценки прочности элементов конструкций. Обладать навыками анализа, интерпретации, представления и применения полученных результатов, работы с отечественными и зарубежными базами данных и электронными библиотеками различного уровня, владения приемами и средствами целенаправленного библиографического поиска; составления и редактирования академических текстов технической направленности, обучения и консультирования персонала, а также внедрения современных достижений прикладной механики и наукоемких компьютерных технологий в конкретных организациях</p> |
| Теория надежности | <p>Знает: методы испытаний в области оценки надежности конструкции, основы теории надежности Умеет: определять опытным путем характеристики надежности конструкции, применять теорию надежности при решении профессиональных задач Имеет практический опыт: получения из эксперимента характеристик надежности, расчетов вероятности разрушения конструкции</p> |
| Надежность технических систем | <p>Знает: основные понятия и определения теории надежности; методы моделирования состояния сложных технических систем на основе марковских процессов, классификацию и основные виды испытаний на надежность; методы ускоренных испытаний Умеет: составлять графы, описывающие состояние технической системы, определять характеристики надежности по результатам испытаний партии изделий Имеет практический опыт: расчетов вероятностей нахождения системы в различных состояниях и получения оценок характеристик надежности системы, получения усталостных характеристик материалов по результатам ускоренных испытаний</p> |
| Предельные неупругие состояния конструкций | <p>Знает: типовые и индивидуальные предельные состояния элементов конструкций в различных отраслях промышленности, особенности</p> |

| | |
|---------------------------------------|--|
| | <p>поведения высоконагруженных конструкций при циклическом неупругом нагружении;</p> <p>экспериментальные данные о поведении материалов в соответствующих условиях;</p> <p>способы описания этих экспериментальных данных</p> <p>Умеет: строить расчетные модели, учитывающие особенности поведения конструкций при циклическом нагружении за пределами упругости, оценивать возможные типы деформирования конструкций и выбирать соответствующие экспериментальные данные о поведении материалов</p> <p>Имеет практический опыт: применения аналитических и/или численных (компьютерных) методов решения рассматриваемых задач, определения запасов прочности конструкций при повторно-переменном неупругом деформировании (по различным предельным состояниям)</p> |
| Цифровое производство | <p>Знает: основную терминологию курса (инжиниринг, проектирование, прототипирование, промышленный дизайн, 3D печать, аддитивное производство, цифровое производство т.п.); программное обеспечение для 3D моделирования; технические средства современного цифрового производства, этапы проектно-конструкторской подготовки производства деталей машин; методологию создания 3D-моделей в программных системах компьютерного проектирования, методики разработки проектов перспективных изделий; принципы использования современного программного обеспечения</p> <p>Умеет: планировать реализацию проекта с использованием современных средств цифрового моделирования и производства, этапы проектно-конструкторской подготовки производства деталей машин; методологию создания 3D-моделей в программных системах компьютерного проектирования, определять целевые этапы, основные направления работ; выбирать оптимальный набор потребительских, технических, технологических и экономических показателей новых изделий; составлять техническую документацию на проекты, их элементы и сборочные единицы</p> <p>Имеет практический опыт: техническими средствами современного цифрового производства (3D принтер, 3D сканер, лазерный резак), работы с программным обеспечением для 3D моделирования и 3D печати, выбора технологии проектирования, конструирования и создания составных частей изделий, в том числе на основе цифрового моделирования; разработки проектов перспективных изделий</p> |
| Цифровые двойники динамических систем | <p>Знает: основные расчетные и экспериментальные методы исследования динамических свойств</p> |

| | |
|--|--|
| | изделий, критерии подтверждения (проверки) адекватности создаваемой модальной математической модели Умеет: определять динамические свойства изделий при виброиспытаниях и экспериментальном модальном анализе, создавать математическую модель динамической системы, верифицированную результатами модальных испытаний Имеет практический опыт: современной аппаратурой и программным обеспечением для проведения и обработки результатов модальных и вибропрочностных испытаний, методами корректировки (уточнения) расчетной модальной математической модели по экспериментальным данным |
|--|--|

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|---|-------------|------------------------------------|
| | | Номер семестра |
| | | 3 |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 108 | 108 |
| <i>Аудиторные занятия:</i> | 48 | 48 |
| Лекции (Л) | 32 | 32 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 16 | 16 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 0 | 0 |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i> | 51,5 | 51,5 |
| Топологическая оптимизация конструкции | 12 | 12 |
| Оптимальное проектирование многопролетной статически неопределимой рамы. | 13 | 13 |
| Подготовка к экзамену | 13,5 | 13,5 |
| Оптимальное проектирование статически неопределимой фермы в пределах и за пределами упругости. Сравнение аналитического и численного решений. | 13 | 13 |
| Консультации и промежуточная аттестация | 8,5 | 8,5 |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | - | экзамен |

5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объём аудиторных занятий по видам в часах | | | |
|-----------|--|---|---|----|----|
| | | Всего | Л | ПЗ | ЛР |
| 1 | Введение | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 2 | Запись критериев оптимальности и ограничений | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 3 | Аналитические и численные методы в задачах без ограничений | 4 | 2 | 2 | 0 |

| | | | | | |
|---|---|----|---|---|---|
| 4 | Аналитические условия и методы при наличии ограничений | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 5 | Численные методы оптимизации при наличии ограничений | 8 | 6 | 2 | 0 |
| 6 | Многокритериальная оптимизация | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 7 | Оптимизация размеров элементов конструкций | 10 | 6 | 4 | 0 |
| 8 | Оптимизация форм конструкций и топологическая оптимизация | 10 | 6 | 4 | 0 |

5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во часов |
|----------|-----------|--|--------------|
| 1 | 1 | Введение. Краткий исторический обзор направлений и методов оптимального проектирования (ОП). Основные определения. Предмет и методы ОП. Структура и особенности задач ОП. Примеры формулировок задач расчета на прочность, жёсткость, устойчивость и колебания как задач оптимального проектирования. | 2 |
| 2-3 | 2 | Математическая запись критериев оптимальности и ограничений. Каноническая форма задачи оптимизации с ограничениями. Основные функционалы, используемые в техническом проектировании. Математическое программирование. Анализ монотонности функций и активности ограничений. Пример: проектирование резервуара высокого давления. | 4 |
| 4 | 3 | Аналитические и численные методы в задачах без ограничений. Методы разного порядка: наискорейшего спуска, сопряжённых направлений и сопряжённых градиентов, метод Ньютона и квази-Ньютоновы методы. Вопрос вычисления производных. Методы линейного поиска и методы доверительной области поиска. Модификации методов для решения невыпуклых задач, метод тяжёлого шарика. | 2 |
| 5-6 | 4 | Выпуклое программирование в задаче с ограничениями. Необходимое условие Куна-Таккера (КТ), условие регулярности точки и их геометрическая интерпретация. Теорема о чувствительности решения к вариации ограничения. Методы, основанные на необходимом условии КТ. Проверка достаточных условий. Критерии глобального минимума. Пример: оптимальное проектирование статически неопределимой фермы при одно- и много-параметрических воздействиях. | 4 |
| 7-9 | 5 | Численные методы оптимизации при наличии ограничений. Методы последовательной безусловной оптимизации - методы штрафных функций. Методы учёта активных ограничений: метод проекции градиента. Применение метода проекции градиента в пространстве состояний для конечно-элементной формулировки задач. Пример: оптимальное проектирование статически неопределимой фермы. | 6 |
| 10 | 6 | Понятие о многокритериальной задаче оптимизации (МЗО). Свойства отношений. Отношения предпочтения и неразличимости. Оптимальные и парето-оптимальные решения в МЗО. МЗО на конечномерных множествах оценок. Проблема сужения множества Парето. Отношение предпочтения, инвариантное относительно положительного линейного преобразования. | 2 |
| 11-13 | 7 | Оптимизация размеров элементов конструкций на примерах стержневых моделей как с использованием стандартного программного обеспечения по принципу "чёрного ящика", так и с использованием специфически адаптированных алгоритмов для решения матричной модели конструкции. Понятие о связи критериев оптимальности максимальной прочности и | 6 |

| | | | |
|-------|---|--|---|
| | | максимальной жёсткости. Условия максимальной прочности для упругих и неупругих систем. | |
| 14-16 | 8 | Понятие о фиктивной плотности материала и о черно-белом проекте. Метод SIMP в контексте конечно элементного расчета. Роль топологической оптимизации при проектировании конструкций и материалов. Оптимизация формы и топологии элементов конструкций с использованием современных прикладных CAE пакетов. | 6 |

5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|-----------|-----------|--|--------------|
| 1 | 2 | Математическая запись критериев оптимальности и ограничений. Каноническая форма задачи оптимизации с ограничениями. Основные функционалы, используемые в техническом проектировании. Математическое программирование. Анализ монотонности функций и активности ограничений. Пример: проектирование резервуара высокого давления. | 2 |
| 2 | 3 | Аналитические и численные методы в задачах без ограничений. Методы разного порядка: наискорейшего спуска, сопряжённых направлений и сопряжённых градиентов, метод Ньютона и квази-Ньютоновы методы. Вопрос вычисления производных. Методы линейного поиска и методы доверительной области поиска. Модификации методов для решения невыпуклых задач, метод тяжёлого шарика. | 2 |
| 3 | 4 | Выпуклое программирование в задаче с ограничениями. Необходимое условие Куна-Таккера (КТ), условие регулярности точки и их геометрическая интерпретация. Теорема о чувствительности решения к вариации ограничения. Методы, основанные на необходимом условии КТ. Проверка достаточных условий. Критерии глобального минимума. Пример: оптимальное проектирование статически неопределимой фермы при одно- и много-параметрических воздействиях. | 2 |
| 4 | 5 | Численные методы оптимизации при наличии ограничений. Методы последовательной безусловной оптимизации - методы штрафных функций. Методы учёта активных ограничений: метод проекции градиента. Применение метода проекции градиента в пространстве состояний для конечно-элементной формулировки задач. Пример: оптимальное проектирование статически неопределимой фермы. | 2 |
| 5-6 | 7 | Оптимизация размеров элементов конструкций на примерах стержневых моделей как с использованием стандартного программного обеспечения по принципу "чёрного ящика", так и с использованием специфически адаптированных алгоритмов для решения матричной модели конструкции. Понятие о связи критериев оптимальности максимальной прочности и максимальной жёсткости. Условия максимальной прочности для упругих и неупругих систем. | 4 |
| 7-8 | 8 | Понятие о фиктивной плотности материала и о черно-белом проекте. Метод SIMP в контексте конечно элементного расчета. Роль топологической оптимизации при проектировании конструкций и материалов. Оптимизация формы и топологии элементов конструкций с использованием современных прикладных CAE пакетов. | 4 |

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС | | | |
|---|--|---------|--------------|
| Подвид СРС | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс | Семестр | Кол-во часов |
| Топологическая оптимизация конструкции | Баничук Н.В., Оптимизация форм упругих тел, – М.: Наука, 1980. | 3 | 12 |
| Оптимальное проектирование многопролетной статически неопределимой рамы. | Хог, Э. Д. Прикладное оптимальное проектирование: Механические системы и конструкции Пер. с англ. В. М. Картвелишвили, А. А. Меликяна; Под ред. Н. В. Баничука. - М.: Мир, 1983. | 3 | 13 |
| Подготовка к экзамену | см. список основной литературы | 3 | 13,5 |
| Оптимальное проектирование статически неопределимой фермы в пределах и за пределами упругости. Сравнение аналитического и численного решений. | Хог, Э. Д. Прикладное оптимальное проектирование: Механические системы и конструкции Пер. с англ. В. М. Картвелишвили, А. А. Меликяна; Под ред. Н. В. Баничука. - М.: Мир, 1983. | 3 | 13 |

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов | Учитывается в ПА |
|------|----------|------------------|--|-----|------------|--|------------------|
| 1 | 3 | Текущий контроль | Аналитические и численные методы в задачах без ограничений | 1 | 15 | Зачтено: 15 баллов: дано верное, качественно аргументированное и оформленное решение задачи. 10 баллов: решение задачи верное, но недостаточно аргументированное или имеются проблемы в оформлении. 5 баллов: имеется попытка решения, результат спорный. Не зачтено: Задание не выполнено. | экзамен |
| 2 | 3 | Текущий контроль | Аналитические условия и методы при наличии ограничений | 1 | 15 | Зачтено: 15 баллов: дано верное, качественно аргументированное и оформленное решение задачи. 10 баллов: решение задачи верное, но недостаточно аргументированное или имеются проблемы в оформлении. 5 баллов: имеется попытка решения, результат спорный. | экзамен |
| 3 | 3 | Текущий контроль | Численные методы оптимизации при | 1 | 15 | Зачтено: 15 баллов: дано верное, качественно аргументированное и оформленное решение задачи. | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|--------------------------|--|---|----|--|---------|
| | | | наличии ограничений | | | 10 баллов: решение задачи верное, но недостаточно аргументированное или имеются проблемы в оформлении. 5 баллов: имеется попытка решения, результат спорный. | |
| 4 | 3 | Текущий контроль | Оптимизация размеров элементов конструкций | 1 | 15 | Зачтено: 15 баллов: дано верное, качественно аргументированное и оформленное решение задачи. 10 баллов: решение задачи верное, но недостаточно аргументированное или имеются проблемы в оформлении. 5 баллов: имеется попытка решения, результат спорный. Не зачтено: Задание не выполнено. | экзамен |
| 5 | 3 | Промежуточная аттестация | Все разделы | - | 40 | 40 баллов: даны правильные ответы на два вопроса из трёх. 20 баллов: дан правильный ответ на один вопрос. 0 баллов: задание не выполнено. | экзамен |

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|------------------------------|--|---|
| экзамен | <p>Экзамен проводится письменно и включает 3 задания (см. образцы в приложенном файле). Первое задание - на математическую оптимизацию функции при наличии ограничений. Задача должна быть решена аналитически. Требуется дать пояснения, касающиеся геометрической интерпретации и глобальности найденного решения. Второе задание - задача оптимизации механической системы. Может быть решена либо аналитическими методами, либо с использованием расчётных пакетов программ. Должно быть продемонстрировано инженерное понимание проблемы. Третье задание - для выполнивших первые два - на демонстрацию понимания теории оптимального проектирования. В рамках ПА происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации по балльно-рейтинговой системе. Допускается выставление оценки на основе текущего рейтинга (автоматом). Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 %. Хорошо: 75...84%. Удовлетворительно: 60...74%. Не удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %.</p> | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения | № КМ | | | | |
|-------------|--|------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ПК-4 | Знает: критерии оптимизации в задачах механики конструкций и машин; методы оптимизации: векторную параметрическую оптимизацию, топологическую оптимизацию (оптимизацию формы конструкций); эффективные аналитические и численные методы решения задачи | + | + | | | + |

| | | | | | | |
|------|--|----|--|----|--|---|
| | оптимизации, включая конечно-элементный подход | | | | | |
| ПК-4 | Умеет: задавать и формулировать целевую функцию, показатели качества; параметры проектирования; основные типы ограничений; осваивать современное ПО для анализа и оптимизации инженерных конструкций | ++ | | | | + |
| ПК-4 | Имеет практический опыт: работы с методами решения задачи оптимизации с использованием эффективных вычислительных алгоритмов | | | + | | |
| ПК-5 | Знает: методы оптимизации, реализованные в современных CAD/CAE системах | | | ++ | | |
| ПК-5 | Умеет: использовать в инженерной практике технологии оптимизации, реализованные в современных CAD/CAE системах | | | ++ | | |
| ПК-5 | Имеет практический опыт: с технологиями и алгоритмами, используемыми на этапе оптимизации проектируемого изделия | | | ++ | | |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Банди, Б. Методы оптимизации: Вводный курс Пер. с англ. О. В. Шихеевой; Под ред. В. А. Волынского. - М.: Радио и связь, 1988. - 128 с. ил.
2. Хог, Э. Д. Прикладное оптимальное проектирование: Механические системы и конструкции Пер. с англ. В. М. Картвелишвили, А. А. Меликяна; Под ред. Н. В. Баничука. - М.: Мир, 1983. - 479 с. ил.
3. Реклейтис Г. Оптимизация в технике : В 2-х кн. . Кн. 2 / Г. Реклейтис, А. Рейвиндран, К. Рэгсдел; Пер. с англ. В. Я. Алтаева, В. И. Моторина. - М. : Мир, 1986. - 320 с. : ил.

б) дополнительная литература:

1. Баничук, Н. В. Методы оптимизации авиационных конструкций. - М.: Машиностроение, 1989. - 296 с. ил.
2. Брусов, В. С. Оптимальное проектирование летательных аппаратов. Многоцелевой поток. - М.: Машиностроение, 1989. - 229 с. ил.
3. Уайлд Д. Д. Оптимальное проектирование / Пер. с англ. В. С. Данилина и др.; Под ред. В. Г. Арчегова. - М. : Мир, 1981. - 272 с. : ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Применение математических методов и ЭВМ: Вычислительные методы проектирования оптим. конструкций Учеб. пособие для вузов по специальности "Прикл. математика" Под общ. ред. А. Н. Останина. - Минск: Вышэйшая школа, 1989. - 279 с. ил.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Применение математических методов и ЭВМ: Вычислительные методы проектирования оптим. конструкций Учеб. пособие для вузов по

специальности "Прикл. математика" Под общ. ред. А. Н. Останина. - Минск: Высшая школа, 1989. - 279 с. ил.

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. PTC-MathCAD(бессрочно)
2. Dassault Systèmes-SolidWorks Education Edition 500 CAMPUS(бессрочно)
3. РСК Технологии-Система "Персональный виртуальный компьютер" (ПВК) (MS Windows, MS Office, открытое ПО)(бессрочно)
4. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
5. -Python(бессрочно)
6. -NX Nastran(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий | № ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|---------------------------------|------------|--|
| Практические занятия и семинары | 334 (2) | компьютеры с доступом к ресурсам СКЦ ЮУрГУ, проектор, экран |