

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(НИ ТГУ)

Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Декан ФТФ

Ю.Н. РЫЖИХ

06

20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

**Методы и теория оптимизации**

по направлению подготовки

**15.04.06 Мехатроника и робототехника**

Направленность (профиль) подготовки :  
**Моделирование робототехнических систем**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2022**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.05

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Г.Р. Шрагер

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК-8 – Способен оптимизировать затраты на обеспечение деятельности производственных подразделений;
- ПК-1 – Способность и готовность разрабатывать математические модели составных частей объектов профессиональной деятельности методами теории автоматического управления.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 8.1 Знать основы организации и управления предприятием в условиях рынка, знать принципы процесса разработки, принятия, организации исполнения управленческих решений, знать подходы к формированию производственных затрат на изготовление продукции (работ, услуг).

ИОПК 8.2 Уметь оптимизировать затраты на обеспечение деятельности производственных подразделений.

ИПК 1.1 Знать принципы построения моделей математического описания составных частей мехатронных и робототехнических систем (информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных элементов и средств вычислительной техники);

ИПК 1.2 Уметь реализовывать модели средствами вычислительной техники и определять характеристики объектов профессиональной деятельности по разработанным моделям;

ИПК 1.3 Иметь навыки применения методов, способов и средств получения, хранения, переработки информации в области машиностроения.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

Приобретение теоретических и практических знаний по постановке и решению задач оптимизации составных частей мехатронных и робототехнических систем.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Второй семестр, зачет

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 10 ч.

-практические занятия: 22 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

### Введение

История и современная теория оптимизации. Отличия в постановке задач оптимизации. Содержание курса и связь его с другими дисциплинами.

#### Тема 1. Постановка задачи оптимизации

Понятие допустимого, оптимального и рационального решений. О расчетной модели. Неуправляемые и управляемые параметры. Критерий эффективности и целевая функция. Виды критериев эффективности. Многокритериальные (векторные) задачи оптимизации и подходы к их решению. Основные виды ограничений в задачах оптимального проектирования конструкций из КМ. Математическая постановка задачи параметрической оптимизации конструкций. Формулировка континуальной задачи оптимального проектирования. Формулировка дискретной задачи оптимального проектирования. Схема получения оптимального решения. Классификация задач параметрической оптимизации.

#### Тема 2. Методы одномерного поиска

Выбор управляемых параметров. Паретооптимальные решения. Выбор целевой функции с учетом нескольких критериев эффективности : а) компромиссная кривая в задачах оптимизации без ограничений; б) компромиссная кривая в задачах оптимизации с ограничениями; в) построение целевой функции с учетом нескольких критериев эффективности . Выбор начального приближения. Построение начальной области поиска. О точности поиска оптимума. О критериях оценки эффективности алгоритмов параметрической оптимизации.

Тема 3. Нелинейное программирование. Градиентные методы. Метод релаксации. Метод градиентов. Метод наискорейшего спуска..

Тема 4. Нелинейное программирование. Градиентные методы. Метод сопряженных градиентов Флетчера-Ривса, Метод параллельных касательных. Метод Дэвидона--Флетчера-Пауэлла. Метод Зангвилла.метод Ньютона.

Тема 5. Безградиентные методы детерминированного поиска. Метод сканирования. Метод поочередного изменения переменных/метод Гаусса-Зейделя. Симплексный метод нелинейного программирования. Метод шагов по оврагу.

Тема 6. Безградиентные методы детерминированного поиска. Метод Хука и Дживса. Метод Розенброка. Метод Пауэлла.

Тема 7. Поиск оптимума в задачах с ограничениями типа равенств и неравенств. Метод прямого поиска с возвратом. Метод проектирования вектора градиента. Метод штрафных функций/обобщенного критерия.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

- текущий;
- итоговый.

Текущий контроль осуществляется на каждом аудиторном занятии путем обсуждения с 2-3 студентами текущего состояния работы. Цель контроля - своевременное выявление ошибок и недочетов в работе студентов, поддержание нормального ритма выполнения задания.

Итоговый контроль проводится в конце семестра и включает в себя отчет студента о проделанной работе с представлением результатов, оформленных в соответствии с изложенными выше требованиями. Цель контроля - проверка понимания студентом

взаимосвязей различных этапов процесса проектирования изделий с учетом принятых критериев оптимальности.

### **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Зачет во втором семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех вопросов, проверяющих ИОПК-8.1, ИОПК-8.2, ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3. Продолжительность зачета 1,5 часа.

#### ***Образцы экзаменационных билетов***

##### *Билет № 1*

1. Понятие оптимального и рационального решений.
2. Построение компромиссной кривой в задачах оптимизации без ограничений.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.

##### *Билет № 2*

1. О расчетной модели деформируемого тела.
2. Построение компромиссной кривой в задачах оптимизации с ограничениями.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.

##### *Билет № 3*

1. Постановка задачи параметрической оптимизации.
2. Построение целевой функции с учетом нескольких критериев эффективности.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.

##### *Билет № 4*

1. Схема получения оптимального решения
2. Выбор начального приближения в задачах оптимизации.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.

##### *Билет № 5*

1. Виды ограничений в задачах оптимизации композитных систем.
2. Построение начальной области поиска.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.

##### *Билет № 6*

1. Понятие испытания системы.
2. Принцип дискретной равнопрочности.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.

##### *Билет № 7*

1. Критерий эффективности. Целевая функция.
2. Принцип равнопрочности.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.

##### *Билет № 8*

1. Пространство проектирования.
2. Связь статически определимой дискретно равнопрочной системы с системой минимального веса.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.

*Билет № 9*

1. Область поиска. Область допустимых решений.
2. Задача оптимального распределения материала в жестко защемленной круглой пластине.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.

*Билет № 10*

1. Классификация задач параметрической оптимизации.
2. Задача оптимального распределения материала в модели монолитного крыла.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.

*Билет № 11*

1. Основные стратегии проектирования.
2. Оптимальная структура цилиндрической оболочки из композиционного материала, работающей на устойчивость при осевом сжатии.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.

*Билет № 12*

1. Методы оптимизации композитных систем.
2. О рациональных схемах армирования цилиндрических оболочек из композиционного материала, работающих на устойчивость при действии внешнего давления.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.

*Билет № 13*

1. Управляемые и неуправляемые параметры.
2. Сравнительный анализ различных схем армирования цилиндрических оболочек из композиционного материала, работающих на устойчивость при действии внешнего давления.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.

*Билет № 14*

1. Классификация видов механического разрушения.
2. Многокритериальная оптимизация пластины из композиционного материала.
3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.

*Билет № 15*

1. Подходы к решению задач многокритериальной оптимизации.
2. Динамическая задача оптимизации армированной балки минимальной массы.

3. Математическая постановка задачи оптимального проектирования для конкретного изделия.
4. Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «незачтено».
5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания:

Форма контроля	Критерии оценивания			
	Зачтено		Незачтено	
Зачет	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22392>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов состоит в проработке лекционного материала и дополнительного по заданию преподавателя материала из литературы, а также в подготовке и выполнении индивидуальных заданий (поиск тематической научной литературы в базах <https://www.sciencedirect.com/> с кратким аналитическим обзором по пройденной теме).

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Громенко В.М., Методы оптимальных решений: учебное пособие, Изд-во МГОУ, 2012
2. Р. Беллман, Прикладные задачи динамического программирования, Рипол Классик, 2013

3. Мастяева И. Н., Семенихина О.Н. Методы оптимизации: Учебно-методический комплекс. – М.: Изд. центр ЕАОИ, 2009. – 99 с. URL <http://www.studfiles.ru/preview/4432072/>

б) дополнительная литература:

1. Рожваны Д. Оптимальное проектирование изгибаемых систем. – М.: Стройиздат, 1980.
2. Малмейстер А.К., Тамуж В.П., Тетерс Г.А. Соппротивление полимерных и композитных материалов. – Рига: Зинатне, 1980.
3. Болотин В.В., Новичков Ю.Н. Механика многослойных конструкций. – М.: Машиностроение, 1980.
4. Уайлд Д. Оптимальное проектирование. – М.: Мир, 1981.
5. Демьянов В.Ф. Недифференцируемая оптимизация. – М.: Наука, 1981.
6. Соболев И.М., Статников Р.В. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. – М.: Наука, 1981.
7. Баничук Н.В. Введение в оптимизацию конструкций. – М.: Наука, 1986.
8. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. – М.: Мир, 1985.
9. Голубев И.С. Аналитические методы проектирования конструкций крыльев. – М.: Машиностроение, 1970.
10. Кристенсен Р.М. Введение в механику композитов. – М.: Мир, 1982.
11. Хог Э., Чой К., Комков В. Анализ чувствительности при проектировании конструкций. – М.: Мир, 1989.
12. Фрегер Г.Е. и др. Создание полимерных композиционных материалов и изделий на их основе. – Ворошиловград, 1989.
13. Никифоров А.Н., Методы оптимизации: учебное пособие, ЮРГТУ, 2011.

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

в) профессиональные базы данных (*при наличии*):

1. Электронная библиотека «EqWorld – Мир математических уравнений» в Институте проблем механики РАН <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm> .
2. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости).
3. EqWorld : мир математических уравнений [Электронный ресурс] / под ред. А. Д. Полянина. – Электрон. дан. – [Б. м.], 2004-2016. –

URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm>

4. Библиотека научной литературы LIB.org.by [Электронный ресурс] : книги, журналы, статьи / Белорусская научная библиотека. – Электрон. дан. – [Б. м., б. г.]. – URL: <http://lib.org.by/>

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

#### **15. Информация о разработчиках**

Масловский Владислав Иванович, кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры механики деформируемого твердого тела физико-технического факультета