

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО
Директор института магистратуры


И.В. Космачева
« 22 »  2023 г.


УТВЕРЖДАЮ
Директор института


С.С. Латышев
« 22 »  2023 г.


РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Численные методы оптимизации конструктивных параметров
роботов

направление подготовки:

15.04.06 Мехатроника и робототехника

профиль:

Робототехника и искусственный интеллект

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Институт Технологического оборудования и машиностроения

Кафедра: Технологии машиностроения

Белгород 2023

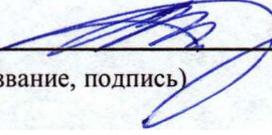
Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.04.06 – Мехатроника и робототехника, утвержденного приказа Минобрнауки России от 14 августа 2020 г. № 1023
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2023 году.

Составитель (составители): к.т.н.  (Д.И. Малышев)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

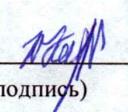
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 15 » 05 2023 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: д.т.н., доц.  (Дююн Т.А.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 22 » 05 2023 г., протокол № 6

Председатель  (Н.В. Куршов)
(ученая степень и звание, подпись)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способен оптимизировать параметры мехатронных и робототехнических систем, выявлять и сопровождать технологические процессы, требующие автоматизации и оптимизации с применением искусственного интеллекта	ПК -2.1 Оптимизирует конструктивные и геометрические параметры мехатронных и робототехнических систем с применением искусственного интеллекта	<p>Знать: Методы численной оптимизации для улучшения конструктивных параметров роботов.</p> <p>Уметь: Разрабатывать алгоритмы для численной оптимизации параметров роботов с учетом условий эксплуатации.</p> <p>Владеть: Навыками программирования для реализации численных методов в робототехнических системах.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. **Компетенция ПК-2.** Способность использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании и оптимизации конструктивных параметров роботов.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины ¹
1	Моделирование и оптимизация технологических процессов
2	Производственная преддипломная практика

¹В таблице должны быть представлены все дисциплины и(или) практики, которые формируют компетенцию в соответствии с компетентностным планом. Дисциплины и(или) практики указывать в порядке их изучения по учебному плану.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единицы, 144 часа.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки²:

Форма промежуточной аттестации экзамен

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	56	56
лекции	34	34
лабораторные		
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации ³	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	88	88
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	80	80
Экзамен	8	8

² если дисциплина не реализуется в рамках практической подготовки – предложение убрать

³включают предэкзаменационные консультации (при наличии), а также текущие консультации из расчета 10% от лекционных часов (приводятся к целому числу)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 1 Семестр 2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные Занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6
1. Введение в численные методы оптимизации					
	Основные методы оптимизации: линейные и нелинейные методы, методы градиентного спуска, симплекс-метод. Применение численных методов для оптимизации конструктивных параметров роботов.	4	2		10
2. Математическое моделирование робототехнических систем					
	Построение математических моделей для конструктивных параметров роботов. Использование методов численной оптимизации для анализа и улучшения моделей.	8	4		10
3. Алгоритмы численной оптимизации					
	Разработка алгоритмов для численного поиска оптимальных конструктивных параметров роботов. Применение методов Лагранжа, Ньютона и других для поиска оптимальных решений.	10	4		10
4. Реализация оптимизационных алгоритмов на компьютере					
	Программирование алгоритмов оптимизации для роботов с использованием языков программирования и математических пакетов. Работа с программами, поддерживающими моделирование и оптимизацию (MATLAB, Python).	12	7		10
	Всего	34	17		40

4.2. Содержание практических занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №2				
1	Введение в численные методы оптимизации	Рассмотрение основных методов оптимизации: градиентный спуск, симплекс-метод, метод наименьших квадратов и применение этих методов для простых математических задач, моделирующих конструктивные параметры роботов.	2	10
2	Математическое моделирование робототехнических систем	Построение модели робота с учетом его геометрии и функциональных параметров. Решение задачи оптимизации конструктивных параметров с использованием линейных методов.	4	10
3	Алгоритмы численной оптимизации для роботов	Реализация алгоритмов Лагранжа и Ньютона для оптимизации параметров роботов. Применение этих алгоритмов для нахождения минимальных значений параметров в заданных ограничениях.	4	10
4	Программирование алгоритмов оптимизации роботов	Написание кода для оптимизации конструктивных параметров роботов с использованием языка C++ или Python. Использование математических библиотек для реализации алгоритмов поиска минимума и оптимальных решений.	7	10
ИТОГО:			17	40
ВСЕГО:				57

4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом.

4.4. Содержание курсового проекта/работы⁴

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий⁵

Не предусмотрено учебным планом.

⁴Если выполнение курсового проекта/курсовой работы нет в учебном плане, то в данном разделе необходимо указать «Не предусмотрено учебным планом»

⁵Если выполнение расчетно-графического задания/индивидуального домашнего задания нет в учебном плане, то в данном разделе необходимо указать «Не предусмотрено учебным планом»

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-2. Способен оптимизировать параметры мехатронных и робототехнических систем, выявлять и сопровождать технологические процессы, требующие автоматизации и оптимизации с применением искусственного интеллекта.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.1. Оптимизирует конструктивные и геометрические параметры мехатронных и робототехнических систем с применением искусственного интеллекта	зачет, защита практической работы, устный опрос

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение в численные методы оптимизации	1. Что такое численные методы оптимизации и в чем их основное назначение в робототехнике?
2	Математическое моделирование робототехнических систем	2. Какие существуют основные методы оптимизации? Опишите их кратко.
3	Алгоритмы численной оптимизации для роботов	3. В чем заключается принцип работы метода градиентного спуска?
4	Программирование алгоритмов оптимизации роботов	4. Какова основная цель использования симплекс-метода в оптимизации?
		5. В чем отличие линейных и нелинейных методов оптимизации?
		6. Что такое метод наименьших квадратов и где его применяют?
		7. Как можно вычислить оптимальные параметры робота с использованием градиентного спуска?
		8. Почему важно учитывать ограничения в задачах оптимизации конструктивных параметров робота?
		9. Какие основные этапы включает в себя процесс математического моделирования робототехнической системы?
		10. Что такое конструктивные параметры робота, и какие из них влияют на его эффективность?
		11. Как формулируются ограничения при математическом моделировании конструктивных параметров робота?
		12. Какие типы математических моделей применяются для проектирования роботов?
		13. Как математическая модель может помочь в оптимизации робототехнической системы?
		14. В чем заключается разница между линейной и нелинейной оптимизацией при моделировании роботов?
		15. Какие математические инструменты и методы чаще всего используются для моделирования динамики робота?

16. Как работает метод Лагранжа при решении задач оптимизации?
17. Что представляет собой метод Ньютона и как его применяют для оптимизации конструктивных параметров роботов?
18. Как можно использовать численные методы для нахождения минимальных значений конструктивных параметров робота?
19. Почему важно учитывать погрешности при решении задач оптимизации с помощью численных методов?
20. Что такое стохастическая оптимизация, и как она может быть полезна при проектировании роботов?
21. Как в численных методах решаются проблемы с локальными минимумами?
22. В чем заключается суть итерационного процесса в методах численной оптимизации?
23. Какие структуры данных наиболее эффективны для реализации алгоритмов оптимизации?
24. Как обеспечить точность вычислений при реализации алгоритмов численной оптимизации в программном коде?
25. Что такое "отладка" программы и как она помогает при реализации алгоритмов оптимизации?
26. Как можно использовать библиотеки для численных расчетов, например, в MATLAB или Python, для оптимизации параметров роботов?
27. Какие ошибки наиболее часто встречаются при написании программ для оптимизации и как их избежать?
28. Какие реальные ограничения (масса, размеры, материалы) необходимо учитывать при оптимизации конструктивных параметров роботов?
29. Что такое погрешности при оптимизации конструктивных параметров робота, и как их можно минимизировать?
30. Как можно учитывать внешние воздействия (например, нагрузку) при оптимизации конструктивных параметров робота?
- Задача на метод градиентного спуска:** Дан робот с параметрами массы $m=5$ кг, скорости $v=2$ м/с и радиуса колеса $r=0.2$ м. Требуется найти оптимальные параметры скорости и радиуса для минимизации потребляемой энергии роботом при движении по плоской поверхности. Используйте метод градиентного спуска для нахождения оптимальных значений этих параметров с точностью до 0.01.
- Задача на симплекс-метод:** Задана следующая система линейных ограничений для задачи оптимизации:
- $$\begin{aligned}x_1 + 2x_2 &\leq 6 \\3x_1 + x_2 &\leq 9 \\x_1, x_2 &\geq 0\end{aligned}$$
- Функция цели: $z = 4x_1 + 3x_2$. Решите задачу с использованием симплекс-метода и найдите оптимальные значения x_1 и x_2 .
- Задача на метод наименьших квадратов:** Для робота, движущегося по определенному маршруту, имеются следующие измеренные координаты: (1,2), (2,3), (3,5), (4,7), (5,9)
Необходимо аппроксимировать координаты робота линейной

		<p>функцией $y = ax + b$, используя метод наименьших квадратов. Найдите коэффициенты a и b.</p> <p>Задача на метод Ньютона: Задана нелинейная функция для конструкции робота:</p> $f(x) = x^3 - 5x^2 + 4x - 2$ <p>Используя метод Ньютона, найдите корень уравнения $f(x) = 0$, начиная с начального приближения $x_0 = 2$, до точности 0.01.</p> <p>Задача на оптимизацию массы робота: Механизм робота должен быть спроектирован так, чтобы его масса была минимальной при условии, что объем его корпуса равен $V=0.5 \text{ м}^3$. Используя методы численной оптимизации, найдите оптимальное распределение массы между различными компонентами робота (например, корпусом, приводом и т. д.), чтобы минимизировать массу при заданном объеме.</p> <p>Задача на оптимизацию скорости робота: Робот движется по поверхности с постоянным сопротивлением. Его скорость зависит от массы робота и мощности двигателя. Дан следующий набор данных: $m = 5 \text{ кг}$, мощность двигателя (P) = 50 Вт</p> <p>Найдите оптимальную скорость робота, используя численные методы оптимизации для минимизации потребляемой мощности при движении на плоской поверхности.</p>
--	--	---

Типовой вариант экзаменационного билета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Кафедра Технологии машиностроения

Дисциплина Численные методы оптимизации конструктивных параметров роботов

Направление 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Профиль Робототехника и искусственный интеллект

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. 1. Что такое численные методы оптимизации и в чем их основное назначение в робототехнике.
2. Как можно использовать численные методы для нахождения минимальных значений конструктивных параметров робота?
3. Задача на метод наименьших квадратов: Для робота, движущегося по определенному маршруту, имеются следующие измеренные координаты: (1,2), (2,3), (3,5), (4,7), (5,9) Необходимо аппроксимировать координаты робота линейной функцией $y=ax+b$, используя метод наименьших квадратов. Найдите коэффициенты a и b .

Утверждено на заседании кафедры ТМ

протокол № ___ от _____ г.

Зав.кафедрой ТМ

д.т.н., проф. Т.А.Дуюн

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты практических работ.

Практические работы. В учебном пособии по дисциплине представлен перечень практических работ, приведены необходимые теоретические и методические указания.

Защита работ возможна после проверки правильности выполнения задания и сохранения файла документа. Защита проводится в форме опроса преподавателем и демонстрации отдельных навыков по теме практической работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты практических работ представлен в таблице.

№	Тема практической работы	Контрольные вопросы
семестр № 1		
1	Введение в численные методы оптимизации	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие существуют основные методы оптимизации? Опишите их кратко. 2. В чем заключается принцип работы метода градиентного спуска? 3. Какова основная цель использования симплекс-метода в оптимизации? 4. В чем отличие линейных и нелинейных методов оптимизации? 5. Что такое метод наименьших квадратов и где его применяют? 6. Как можно вычислить оптимальные параметры робота с использованием градиентного спуска? 7. Почему важно учитывать ограничения в задачах оптимизации конструктивных параметров робота?
2	Математическое моделирование робототехнических систем	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие основные этапы включает в себя процесс математического моделирования робототехнической системы? 2. Что такое конструктивные параметры робота, и какие из них влияют на его эффективность? 3. Как формулируются ограничения при математическом моделировании конструктивных параметров робота? 4. Какие типы математических моделей применяются для проектирования роботов? 5. Как математическая модель может помочь в оптимизации робототехнической системы? 6. В чем заключается разница между линейной и нелинейной оптимизацией при моделировании роботов? 7. Какие математические инструменты и методы чаще всего используются для моделирования динамики робота?
3	Алгоритмы численной оптимизации для роботов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Как работает метод Лагранжа при решении задач оптимизации? 2. Что представляет собой метод Ньютона и как его применяют для оптимизации конструктивных параметров роботов? 3. Как можно использовать численные методы для нахождения минимальных значений конструктивных параметров робота?

		<p>4. Почему важно учитывать погрешности при решении задач оптимизации с помощью численных методов?</p> <p>5. Что такое стохастическая оптимизация, и как она может быть полезна при проектировании роботов?</p> <p>6. Как в численных методах решаются проблемы с локальными минимумами?</p> <p>7. В чем заключается суть итерационного процесса в методах численной оптимизации?</p>
4	<p>Программирование алгоритмов оптимизации роботов</p>	<p>1. Какой язык программирования чаще всего используется для реализации алгоритмов оптимизации в робототехнике и почему?</p> <p>2. Какие структуры данных наиболее эффективны для реализации алгоритмов оптимизации?</p> <p>3. Как обеспечить точность вычислений при реализации алгоритмов численной оптимизации в программном коде?</p> <p>4. Что такое "отладка" программы и как она помогает при реализации алгоритмов оптимизации?</p> <p>5. Как можно использовать библиотеки для численных расчетов, например, в MATLAB или Python, для оптимизации параметров роботов?</p> <p>6. Какие ошибки наиболее часто встречаются при написании программ для оптимизации и как их избежать?</p> <p>7. Что такое динамическая оптимизация и как она применяется в реальных задачах робототехники?</p>

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично⁶.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Основ современных методов оптимизации и технологий программирования. Возможности современных инструментальных средств и систем программирования, используемых для решения различных инженерных задач. Синтаксиса языка C++, его структур и основных операторов. Основных структур данных (например, массивы, списки, стеки, очереди, деревья). Технологий обработки данных, применяемых для разработки программного обеспечения, а также методов численного анализа.
Умения	Способность проводить сравнительный анализ инструментальных средств и осуществлять выбор инструментов для решения различных задач, включая задачи оптимизации. Умение применять технологии обработки данных для разработки эффективных программ и алгоритмов, а также анализировать возможности их использования при решении задач в робототехнике. Навыки разработки алгоритмов оптимизации конструктивных параметров роботов, с учетом ограничений и требований к точности.
Навыки	Разработку алгоритмических конструкций для численной оптимизации параметров роботов. Умение отлаживать программы, выявлять и устранять ошибки в ходе их выполнения. Применение технологий обработки данных, а также анализ возможностей их использования при разработке программного обеспечения для оптимизации конструктивных параметров роботов.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

⁶ В ходе текущей аттестации могут быть использованы балльно-рейтинговые шкалы.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Методы численной оптимизации для улучшения конструктивных параметров роботов	Не знает методы численной оптимизации для улучшения конструктивных параметров роботов	Знает базовые методы численной оптимизации, но не всегда может применить их в практических задачах.	Знает методы численной оптимизации и может применять их для решения задач оптимизации конструктивных параметров роботов с некоторыми ошибками.	Знает и уверенно применяет методы численной оптимизации для улучшения конструктивных параметров роботов. Применяет их эффективно и точно в реальных задачах.

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение разрабатывать программы с учётом современных требований и технологий программирования	Не умеет разрабатывать программы с учётом современных требований и технологий программирования.	Умеет разрабатывать программы с учётом основных требований, но допускает ошибки в структуре и синтаксисе.	Умеет разрабатывать программы с учётом современных требований и технологий программирования, но иногда делает ошибки в реализации.	Разрабатывает программы с учётом всех современных требований и технологий программирования. Программы оптимизированы и эффективны.
Умение проводить сравнительный анализ и осуществлять выбор инструментальных средств для решения различных задач	Не умеет проводить сравнительный анализ и осуществлять выбор инструментальных средств для решения задач.	Умеет проводить сравнительный анализ, но делает выбор инструментальных средств без учета всех факторов.	Умеет проводить сравнительный анализ и осуществлять выбор инструментальных средств с учетом всех требований задачи.	Проводит глубокий сравнительный анализ инструментальных средств и выбирает наиболее эффективные решения для каждой задачи.
Применять технологии обработки данных, анализировать возможности их использования при разработке программного обеспечения	Не умеет применять технологии обработки данных и анализировать их возможности для разработки программ.	Умеет применять базовые технологии обработки данных, но не всегда анализирует возможности их использования в задачах разработки программного обеспечения.	Умеет применять технологии обработки данных и анализирует их возможности при разработке программного обеспечения.	Уверенно применяет передовые технологии обработки данных и точно анализирует их использование для оптимизации разработки программного обеспечения.

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Навыки разработки программного обеспечения и технологий программирования	Не владеет навыками разработки программного обеспечения с учётом современных требований и технологий программирования.	Владеет базовыми навыками разработки программ, но не всегда учитывает современные требования при разработке программного обеспечения.	Владеет навыками разработки программ с учётом современных требований и технологий программирования, но допускает незначительные ошибки.	Владеет всеми необходимыми навыками для разработки программного обеспечения с учётом современных требований и технологий программирования. Программы являются эффективными и безошибочными.
Навыки разработки алгоритмических конструкций	Не владеет навыками разработки алгоритмических конструкций для решения задач.	Владеет базовыми навыками разработки алгоритмических конструкций, но не всегда может применить их к сложным задачам.	Владеет хорошими навыками разработки алгоритмических конструкций, применяя их к задачам оптимизации конструктивных параметров роботов.	Отлично владеет навыками разработки сложных алгоритмических конструкций для различных задач в робототехнике.
Навыки отладки программ	Не владеет навыками отладки программ.	Владеет базовыми навыками отладки, но не всегда может эффективно устранять ошибки в коде.	Владеет навыками отладки программ и может эффективно находить и устранять ошибки в коде.	Владеет экспертными навыками отладки программ, точно и быстро устраняет ошибки, гарантируя корректную работу программ.
Навыки применения технологий обработки данных	Не владеет навыками применения технологий обработки данных при разработке программного обеспечения.	Владеет базовыми навыками применения технологий обработки данных, но не всегда правильно анализирует их возможности.	Владеет хорошими навыками применения технологий обработки данных и может анализировать возможности их использования при разработке программ.	Отлично владеет навыками применения передовых технологий обработки данных для оптимизации программного обеспечения.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Специализированная аудитория для проведения лекционных занятий УК№4, №305.	Специализированная мебель, мультимедийный проектор с интерактивной доской, ПК.
2	Специализированная лаборатория PLM-технологии в машиностроении УК№4, №308	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
3	Специализированная лаборатория САПР для курсового и дипломного проектирования УК№4, №313	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Windows 10 Pro	Подписка Microsoft Imagine Premium id: 6f22ecb4-6882-420b-a39b-afba0ace820c. Срок действия до 01.05.2019.
2	Microsoft Office 2016	Соглашение №V6328633. Срок действия до 31.10.2020
3	Qt Creator	Свободно распространяемое ПО
4	MATLAB	Академическая лицензия
5	Microsoft Visual Studio	Подписка Microsoft Imagine Premium
6	Python, OpenCV	Свободно распространяемое ПО

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Лесин, В.В. Основы методов оптимизации / В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 344 с. — ISBN 978-5-8114-1217-4.
2. Пантелеев, А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1887-9.
3. Бабак, Л.И., Черкашин, М.В. Методы оптимизации в САПР: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных и самостоятельных работ // Л.И. Бабак, М.В. Черкашин, Томск: ТУСУР, 2015. — 78 с.
4. Ферри, Дж. Оптимизация в инженерных задачах: Методы и алгоритмы / Дж. Ферри. — М.: Издательство "Энергия", 2008. — 460 с.
5. Романенко, В.В. Методы численной оптимизации и их приложения в инженерии / В.В. Романенко, А.А. Мицель. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2016. — 320 с.
6. Радкевич, В.П., Долгополов, А.Г. Численные методы и их применение в проектировании мехатронных систем — М.: Машиностроение, 2019. — 480 с.
7. Шелестов, А.А. Методы оптимизации и алгоритмы для робототехнических систем / А.А. Шелестов. — М.: Наука, 2017. — 350 с.
8. Юдкин, Л.М. Инженерные методы оптимизации: Теория и практика / Л.М. Юдкин. — СПб: Политехника, 2018. — 400 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. <https://e.lanbook.com/> – Электронно-библиотечная система издательства «Лань».
2. www.iprbookshop.ru – Электронно-библиотечная система IPRbooks
3. <https://elibrary.ru/> – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
4. <http://diss.rsl.ru/> – Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки
5. <https://elib.bstu.ru/> – Электронная библиотека (на базе ЭБС «БиблиоТех»). БГТУ им. В.Г. Шухова
6. <http://techlibrary.ru> – Информационный ресурс со свободным доступом «Техническая библиотека»;
7. <http://window.edu.ru/window/library> – электронная библиотека научно-технической литературы;
8. <http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/resources/elib> – библиотека СПбГТУ.
9. <http://www.pdf.knigi-x.ru/21raznoe/136651-1-microsoft-excel-gotovie-resheniya-beripolzuysya-nikolay-pavlov-microsoft-excel-gotov.php>
10. www.litres.ru
11. www.chitai-gorod.ru:
12. <https://code-live.ru/tag/cpp-manual/>. С++ с нуля. Уроки программирования.
13. <https://purecodecpp.com/>. Основы программирования на С++/

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 2023/2024 учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями⁷

Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

⁷ Нужно подчеркнуть

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2024/2025 учебный год.
Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20 г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2025/2026 учебный год.

Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20 г.

Заведующий кафедрой _____

подпись, ФИО

Директор института _____