

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Х.М. БЕРБЕКОВА» (КБГУ)**

Институт информатики, электроники и робототехники

Кафедра «Технология и оборудование автоматизированного производства»

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП

Директор института

_____ М.М. Яхутлов

_____ Н.В. Черкесова

«_____» _____ 2022 г.

«_____» _____ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ»**

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Магистерская программа
Технологии цифрового производства

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная

Нальчик 2022

Рабочая программа дисциплины «Оптимизация проектных решений в машиностроении»
/сост. М.М. Яхутлов. – Нальчик: КБГУ, 2022. – 24 с.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений Б1.В по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств в 3 семестре.

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, утверждённого приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 17 августа 2020 г. № 1045.

СОДЕРЖАНИЕ

	с.
1 Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.....	4
3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины.....	4
4 Содержание и структура дисциплины (модуля).....	5
5 Оценочные материалы для контроля успеваемости и промежуточной аттестации	9
6 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	16
7 Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	20
8 Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	23
9 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.....	23
Приложение.....	24

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины является получение студентами знаний в области постановки и решения задач оптимального проектирования.

Задачами изучения дисциплины являются: получение необходимых знаний об основных этапах и задачах проектирования; изучение математической постановки задачи оптимизации, методов образования целевой функции и методов поиска минимума целевой функции; формирование у студентов навыков постановки вычислительного эксперимента с использованием современных программных комплексов.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина является обязательной вариативной части блока Б1 подготовки магистров по направлению 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных по дисциплинам: Математика, Информатика, Сопротивление материалов, Теоретическая механика, Математическое моделирование в машиностроении, Информационные технологии в науке и производстве.

3 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций магистров в соответствии с ФГОС ВО по направлению 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств:

универсальные компетенции:

УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

профессиональных (ПКС):

ПКС-1. Способен разрабатывать и внедрять эффективные технологии изготовления изделий машиностроения;

ПКС-2. Способен выбирать и эффективно использовать материалы и средства технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления машиностроительной продукции;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

содержание этапов жизненного цикла технических объектов, методы критического анализа и системного подхода к проблемам их проектирования и производства;

методики постановки и решения задач оптимизации технологических процессов изготовления изделий машиностроения;

методы постановки решения задач параметрической оптимизации конструкций и выбора оптимального состава технологического оборудования;

Уметь:

соотносить разнородные явления и систематизировать их в процессе проектирования и производства технических объектов;

ставить и решать задачи параметрической оптимизации технологических процессов изготовления изделий машиностроения;

правильно ставить задачи параметрической оптимизации конструкции;

Владеть:

навыками использования методик постановки и реализации задач оптимизации при решении проблемных вопросов проектирования и производства машиностроительной продукции;

навыками решения задач оптимизации режимов резания и постановки многовариантных задач структурной оптимизации технологических;
навыками постановки задачи оптимизации выбора средств технологического оснащения технологических процессов изготовления машиностроительной продукции.

4 Содержание и структура дисциплины

4.1 Содержание разделов дисциплины

№ раз-дела	Наименование раздела	Содержание раздела	Формируемая компетенция (часть компетенции)	Форма текущего контроля
1	2	3	4	5
1	<i>Сведения о проектировании технических объектов.</i>	Структура процесса проектирования. Системный подход к проектированию. Этапы жизненного цикла технических объектов и используемые автоматизированные системы. Блочнo-иерархический подход к проектированию сложных систем. Схема процесса проектирования сложных систем.	УК-1	К, Т
2	<i>Постановка задачи оптимизации.</i>	Допустимое и оптимальное проектное решение. Структурная и параметрическая оптимизация. Постановка задачи параметрической оптимизации. Независимые управляемые параметры, функции-ограничения, выходные характеристики и целевые функции в задачах оптимизации. Геометрическая интерпретация задачи параметрической оптимизации. Условная и безусловная оптимизация. Локальный и глобальный минимумы.	УК-1 ПКС-1 ПКС-2	К, Т, ЛР
3	<i>Аналитические методы решения задач оптимизации.</i>	Необходимое и достаточное условие минимума. Матрица Гессе. Выпуклые функции и выпуклые множества. Унимодальные функции. Пример: постановка и решение задачи определения оптимального поперечного сечения стойки карусельного станка.	УК-1	К, Т, ПР
4	<i>Методы образования целевой функции.</i>	Формирование целевой функции – основная проблема постановки задач оптимизации. Вектор выходных параметров как количественное выражение качества технического объекта. Конфликтные выходные параметры. Нормирование параметров. Использование одного из частных критериев в качестве целевой функции. Мультипликативные критерии. Аддитивные критерии. Экспертные оценки при определении весовых коэффициентов. Минимаксные критерии. Статистические критерии. Пример: сравнение различных методов образования целевой функции для двухкритериальной оценки при проектировании сварной конструкции.	УК-1 ПКС-2	К, Т, ЛР, ПР

1	2	3	4	5
5	<i>Методы одномерного поиска.</i>	Схема сужения интервала неопределенности. Метод половинного деления. Метод золотого сечения. Метод Фибоначчи. Сравнение методов одномерного поиска. Метод сканирования. Метод полиномиальной аппроксимации.	УК-1	К, Т, ПР
6	<i>Методы многомерного поиска.</i>	Алгоритм многомерного поиска. Методы поиска нулевого, первого и второго порядка. Критерии окончания поиска. Нормализация управляемых параметров и выходных характеристик. Метод сканирования (полного перебора). Метод случайного поиска. Метод покоординатного спуска (Гаусса-Зейделя). Метод Розенброка. Метод конфигурации (Хука-Дживса). Симплекс метод. Метод деформируемого многогранника (Недлера-Мида). Методы градиентов и наискорейшего спуска. Метод ЛП-поиска. Сведение задач условной оптимизации к безусловной. Метод множителей Лагранжа. Метод штрафных функций.	УК-1 ПКС-2	К, Т, ЛР, ПР
7	<i>Задачи линейного программирования.</i>	Основные этапы разработки модели задачи. Графическое решение двумерной задачи линейного программирования. Симплекс метод решения задач с ограничениями в виде: неравенств, уравнений, неравенств и уравнений.	УК-1 ПКС-2	К, Т, ЛР, ПР
8	<i>Оптимизация технологических процессов.</i>	Предпосылки оптимизации технологических процессов (ТП). Постановка задачи проектирования оптимального ТП. Система ограничений, критерий оптимальности. Структурная и параметрическая оптимизация ТП. Основные этапы оптимизации режимов резания. Уравнения целевой функции и технических ограничений. Методика расчета оптимального режима резания с использованием аппарата линейного программирования. Графо-аналитический метод. Аналитическое определение оптимального режима резания на ЭВМ. Многовариантность задач структурной оптимизации ТП. Постановка задачи структурной оптимизации при выборе модели станка. Комплексный подход к оптимизации ТП.	ПКС-1	К, Т, ЛР, ПР

В графе 5 приводятся планируемые формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР) и практической работы (ПР), коллоквиум (К), тестирование (Т).

4.2 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов)

Вид работы	Трудоемкость, часов
	3 семестр
Общая трудоемкость	108
Аудиторная (контактная) работа:	34
<i>Лекции (Л)</i>	7
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	10
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	34
Самостоятельная работа, в том числе контактная:	65
Самостоятельное изучение разделов	40
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	25
Контроль (подготовка и сдача зачета с оценкой)	9
Вид итогового контроля	Зачет с оценкой

4.2 Лекции

№ пп	Наименование разделов
1	Сведения о проектировании технических объектов
2	Постановка задачи оптимизации
3	Аналитические методы решения задач оптимизации
4	Методы образования целевой функции
5	Методы одномерного поиска
6	Методы многомерного поиска
7	Задачи линейного программирования
8	Оптимизация технологических процессов

4.3 Лабораторные работы

№ пп	Наименование лабораторных работ
1	Аналитические методы решения оптимизационных задач.
2	Методы одномерного поиска в задачах оптимизации
3	Методы многомерного поиска в задачах оптимизации
4	Многомерная задача оптимизации сечения несущей конструкции
5	Двумерная задача линейного программирования
6	Многомерная задача линейного программирования
7	Оптимизация режимов резания

4.4 Практические занятия

№ пп	Тема
1	Сведения о проектировании технических объектов
2	Постановка задачи оптимизации
3	Аналитические методы решения задач оптимизации
4	Методы образования целевой функции
5	Методы одномерного поиска
6	Методы многомерного поиска
7	Задачи линейного программирования
8	Оптимизация технологических процессов

4.5 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ пп	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1.	Блочный-иерархический подход к проектированию сложных систем
2.	Аналитическое определение минимума функции одной переменной
3.	Образование целевой функции по минимаксному критерию
4.	Метод половинного деления
5.	Метод золотого сечения
6.	Метод Фибоначчи
7.	Поиск минимума целевой функции по методу сканирования (полного перебора)
8.	Симплекс-метод многомерного поиска в нелинейных задачах оптимизации
9.	Симплекс метод. Решение задачи с ограничениями в виде уравнений
10.	Постановка задачи проектирования оптимального технологического процесса

5 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой аттестации обучающихся по ОП ВО В КБГУ. Сведения об организации работы по этой системе приведены в таблице.

№	Контрольные мероприятия	Макс. балл (распред.)
1	Посещение занятий	10 (3+3+4)
2	Тестирование	18 (6+6+6)
3	Коллоквиум	18 (6+6+6)
4	Выполнение и защита лабораторных и практических работ	24 (8+8+8)
Итого		70

Коллоквиумы

Коллоквиумы проводятся по вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию. При этом на каждый из трех рубежных контрольных мероприятия выносятся одна треть вопросов из общего их числа к экзамену. Подготовка к коллоквиуму осуществляется по материалам лекций, лабораторных работ и основной и дополнительной литературы, рекомендуемой по дисциплине.

Тесты

Для текущего контроля успешности обучения используются разработанные на кафедре аттестационные педагогические измерительные материалы для компьютерного тестирования (тестовые задания). Структура этих материалов приведена в таблице.

№ тем	Тема	Колич. заданий
1	Технико-экономические показатели и критерии работоспособности станков	46
2	Процесс конструирования и его автоматизация	41
3	Привод главного движения	67
4	Шпиндельные узлы станков	31
5	Электромеханический привод подач	29
6	Базовые детали и направляющие	50
ИТОГО		264

Примеры тестовых заданий

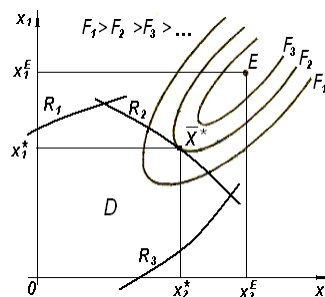
1. Этапы жизненного цикла изделий располагаются в следующей последовательности:

- 1) Проектирование -1
- 2) Подготовка производства -2
- 3) Производство -3
- 4) Реализация -4
- 5) Эксплуатация -5
- 6) Утилизация -6

2. Задача параметрической оптимизации – это нахождение вектора независимых управляемых параметров $\bar{X} = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \dots$

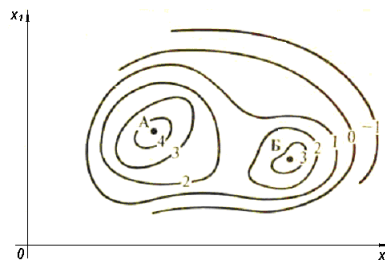
- 1) удовлетворяющего системе ограничений -
- 2) обеспечивающего экстремум целевой функции –
- 3) удовлетворяющего системе ограничений и обеспечивающего экстремум целевой функции +
- 4) в котором все параметры положительны –

3. На рисунке показана геометрическая интерпретация задачи оптимизации. Здесь D - область допустимых решений. Уравнением линии равного уровня целевой функции F является выражение



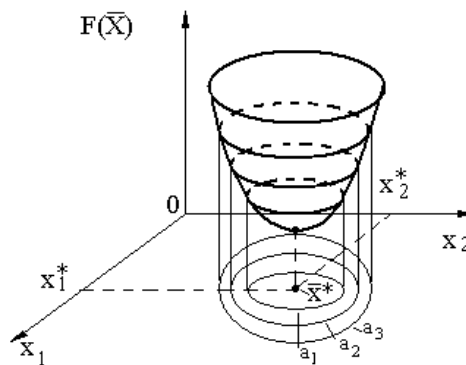
- a. $F(x_1, x_2) = a$, где $a = const$ +
- b. $F(x_1, x_2) = x_1 \cdot x_2$ -
- c. $F(x_1, x_2) = x_1 + x_2$ -
- d. $F(x_1, x_2) = \frac{x_1}{x_2}$ -

4. На рисунке показаны линии равного уровня целевой функций двумерной задачи оптимизации. Точка Б является:



- e. Глобальным максимумом целевой функции -
- f. Локальным максимумом целевой функции +
- g. Глобальным минимумом целевой функции -
- h. Локальным минимумом целевой функции -

5. На рисунке показана иллюстрация двумерной задачи оптимизации. Эта задача решается:



- i. Минимизацией целевой функции $F(x_1, x_2)$ +
- j. Максимизацией целевой функции $F(x_1, x_2)$ -
- к. Глобализацией целевой функции $F(x_1, x_2)$ -
- л. Локализацией целевой функции $F(x_1, x_2)$ -

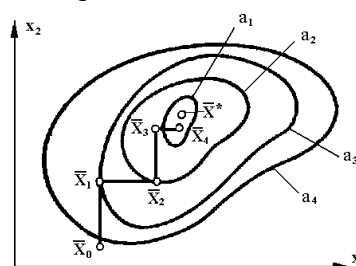
6. Целевая функция $F(\bar{X})$, образованная из s частных критериев $y_j(\bar{X})$ по аддитивному критерию, имеет вид:

- 1.
$$F(\bar{X}) = \prod_{j=1}^s y_j(\bar{X}); \quad y_j(\bar{X}) \neq 0 \quad . -$$
- 2.
$$F(\bar{X}) = \sum_{j=1}^s \Delta y_j(\bar{X}) \cdot c_j \quad . +$$
- 3.
$$F(\bar{X}) = y_k(\bar{X}) \quad . -$$

7. Условием прекращения одномерного поиска по методу сканирования является следующее соотношение между шагом поиска h и заданной точностью нахождения экстремума ε

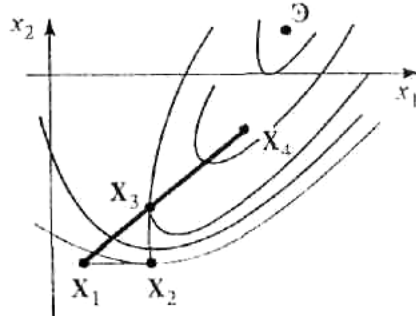
- $|h| < \varepsilon \quad +$
- $h < \varepsilon \quad -$
- $|h| \geq \varepsilon \quad -$
- $|h| \leq \varepsilon \quad -$

8. На рисунке показана траектория метода:



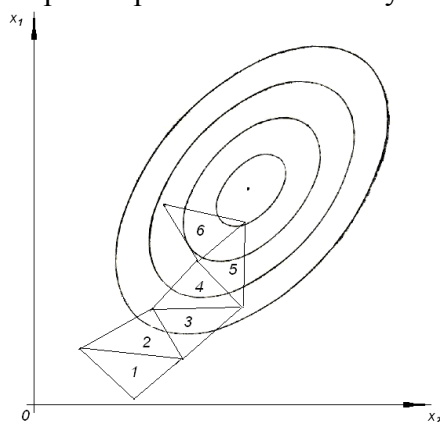
- покоординатного спуска +
- градиентов -
- наискорейшего спуска -

9. На рисунке показана траектория поиска минимума целевой функции по:



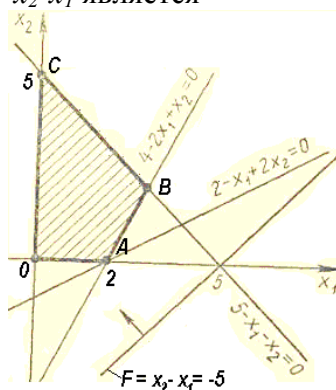
методу Розенброка -
методу конфигураций (Хука-Дживса) +
симплекс методу -
методу деформируемого многогранника (Недлера-Мида) -

10. На рисунке показана траектория поиска минимума целевой функции по:



методу Розенброка +
методу конфигураций (Хука-Дживса) -
симплекс методу +
методу деформируемого многогранника (Недлера-Мида) -

11. Решением представленной на рисунке задачи линейного программирования при минимизации целевой функции $F = x_2 - x_1$ является



- +1) Точка A
- 2) Точка B
- 3) Точка C
- 4) Точка O
- 5) Все точки отрезка AB

12. Приведенная ниже задача оптимизации решается с использованием

$$F = 12x_1 + 5x_2 + 3x_3 \rightarrow \min$$

$$4x_1 + 3x_2 + x_3 = 180;$$

$$3x_2 + 9x_3 = 900;$$

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; x_3 \geq 0.$$

- +1) симплекс-метода
- 2) метода градиентов
- 3) метода покоординатного спуска
- 4) метода наискорейшего спуска

Задачи

Задачи решаются на практических занятиях и на контрольных работах в рамках балльно-рейтинговых мероприятий. Типовые задачи приводятся ниже.

Пример 1. Аналитически определить минимум функции

1) $F(x) = x^2 + 5x - 6.$

2) $F(x) = x^3 + 3x^2.$

3) $F(x) = x^2 - 2x - 3.$

4) $F(x, y) = x^3 + y^3 - 9xy.$

5) $F(x, y) = x^2 + 2y^2 - xy.$

Пример 2. Из имеющегося материала (досок) построить забор длиной 200 м. Требуется огородить прямоугольный двор наибольшей площади, используя для одной стороны двора стену ближайшего здания.

Пример 3. Из листа прямоугольной формы с размером 8×5 (м) получить коробку наибольшего объема вырезанием по его углам квадратов.

Пример 4. Станочная система состоит из трех групп оборудования: сверлильного, токарного и фрезерного. Известны месячные фонды времени работы оборудования, а также нормы времени на обработку деталей D_1 и D_2 на станках каждой группы.

Группа оборудования	Норма времени на обработку деталей, ч		Месячный фонд времени работы группы оборудов., ч
	D_1	D_2	
Сверлильное	0,1	0,3	200
Токарное	0,5	0,9	700
Фрезерное	0,3	0,2	330

Определить оптимальные размеры партий из деталей D_1 и D_2 из условия максимальной загрузки оборудования.

Пример 5. В ОТК некоторой фирмы работают контролеры разрядов 1 и 2. Норма выработки ОТК за 8 часов в смену не менее 1800 изделий. Контролер 1 разряда проверяет 25 изделий в час, причем не ошибается в 98% случаев. Контролер 2 разряда проверяет 15 изделий в час, его точность составляет 95 %.

Заработная плата контролера 1 разряда равна 40 руб. в час, контроллера 2 разряда – 30 руб. в час. При каждой ошибке контролера фирма теряет 2 руб. фирма может использовать 8 контролеров 1 разряда и 10 контролеров 2 разряда.

Руководство фирмы хочет определить оптимальный состав ОТК, при котором общие затраты на контроль будут минимальными.

Лабораторная работа

В методических разработках к лабораторным работам приведены цель и программа работы, основные методические указания к их выполнению, содержание отчета, контрольные вопросы и список рекомендуемой литературы.

Примеры лабораторных работ

Пример 1. Методы многомерного поиска

Цель работы – изучение методов решения многомерных задач поисковой оптимизации.

Программа работы

1. Ознакомиться с методами многомерного поиска: покоординатного спуска, градиента, наискорейшего спуска.
2. Для заданной функции двух переменных определить область выпуклости вниз. Аналитически найти минимум функции на этой области.
3. Методами покоординатного спуска, градиента и наискорейшего спуска определить минимумы функции с заданной точностью (вручную и на ЭВМ).
4. Оформить отчет о проделанной работе.

Пример задания

Исследовать заданную целевую функцию двух переменных $F(x_1, x_2) = 3x_1^2 - 5x_2^2 + 15x_1x_2 + 22$ и найти точное решение задачи минимизации $F(X) \rightarrow \min$. Найти приближенное решение этой задачи с точностью $\varepsilon = 0.2$: а) методом покоординатного спуска ($k=2$); б) методом градиентного спуска ($k=2$).

Пример 2. Оптимизация поперечного сечения хобота фрезерного станка

Цель работы – практическая реализация студентами процесса оптимизации конструкции хобота широкоуниверсального фрезерного станка с расчетной схемой в виде консольной балки

Программа работы

1. Самостоятельно изучить настоящее руководство, ясно понять физическую сущность поставленной задачи.
2. Бригада из 3-4 студентов назначает весовые коэффициенты аддитивного критерия, используя матрицы парных сравнений. Каждый студент бригады выступает при этом как эксперт, оценивающий влияние данного частного критерия на точность обработки.
3. Назначив ограничения на управляемые параметры сечения хобота, вводят в компьютер исходные данные и проверяют правильность ввода на экране.
4. Получив результат решения, каждый студент производит его анализ и отчитывается перед преподавателем о выполненной работе, предварительно ответив на контрольные вопросы.
5. Оформить отчет о проделанной работе.

Пример задания

Оптимизировать сечение хобота фрезерного станка при следующих исходных данных:

Размеры исходного сечения:

$H_0 = 300$ мм; $B_0 = 300$ мм; $b_0 = 15$ мм.

Диапазоны изменения независимых управляемых параметров в мм (задаются преподавателем):

$100 \leq H \leq 300$; $100 \leq B \leq 300$; $10 \leq b \leq 25$.

Весовые коэффициенты аддитивной целевой функции:

$C_1 = 0,33$; $C_2 = 0,33$; $C_3 = 0,34$.

Точность определения оптимальных значений параметров $\varepsilon = 1,00$ мм.

Расчеты на ЭВМ проводятся для двух вариантов исходных данных, отличающихся весовыми коэффициентами. Первый вариант весовых коэффициентов рассчитывается студентами бригады методом парных сравнений, второй – задается преподавателем.

5.2 Промежуточная аттестация

Вопросы к экзамену

1. Структура процесса проектирования. Системный подход к проектированию.
2. Основные этапы создания технических объектов. Этапы жизненного цикла объектов и используемые автоматизированные системы.
3. Структура и параметры технического объекта, примеры. Допустимое и оптимальное проектное решение. Структурная и параметрическая оптимизация.
4. Блочный-иерархический подход к проектированию сложных систем. Схема процесса проектирования сложных систем.
5. Постановка задачи параметрической оптимизации. Независимые управляемые параметры, функции-ограничения, выходные характеристики, целевая функция.
6. Геометрическая интерпретация задачи оптимизации. Условная и безусловная оптимизация. Локальный и глобальный минимумы.
7. Аналитическое определение минимума функции одной переменной.
8. Аналитическое определение минимума функции нескольких переменных.
9. Пример: постановка и решение задачи определения оптимального поперечного сечения стойки карусельного станка.
10. Методы образования целевой функции: использование частных критериев; мультипликативные критерии.
11. Образование целевой функции по аддитивному критерию. Экспертные оценки при определении весовых коэффициентов.
12. Образование целевой функции по минимаксному критерию.
13. Пример: сравнение различных методов образования целевой функции для двухкритериальной оценки при проектировании сварной конструкции.
14. Схема сужения интервала неопределенности в задачах одномерного поиска.
15. Метод половинного деления.
16. Метод золотого сечения.
17. Метод Фибоначчи. Сравнение методов одномерного поиска
18. Одномерный поиск методом сканирования.
19. Метод полиномиальной аппроксимации.
20. Поисковая оптимизация и ее алгоритм в многомерных задачах. Методы поиска нулевого, первого и второго порядков. Критерии окончания поиска.
21. Нормализация управляемых параметров и выходных характеристик в задачах оптимизации.
22. Поиск минимума целевой функции по методу сканирования (полного перебора).
23. Метод случайного поиска минимума целевой функции.
24. Поиск минимума целевой функции по методу покоординатного спуска (Гаусса-Зейделя).
25. Поиск минимума целевой функции по методу Розенброка
26. Метод конфигураций (Хука-Дживса).
27. Симплекс-метод многомерного поиска в нелинейных задачах оптимизации.
28. Метод деформируемого многогранника (Недлера-Мида).
29. Поиск минимума целевой функции по методам градиентов и наискорейшего спуска.
30. Сведения задач условной оптимизации к безусловной. Метод множителей Лагранжа.
31. Метод штрафных функций.
32. Задачи линейного программирования. Основные этапы разработки модели задачи.
33. Графическое решение двумерной задачи линейного программирования.
34. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования. Решение задачи с

ограничениями в виде неравенств.

35. Симплекс метод. Решение задачи с ограничениями в виде уравнений.

36. Симплекс метод. Решение задачи с ограничениями в виде уравнений и неравенств.

37. Предпосылки оптимизации технологических процессов. Постановка задачи проектирования оптимального технологического процесса.

38. Структурная и параметрическая оптимизация технологических процессов. Основные этапы оптимизации режимов резания.

39. Методика разработки математической модели для оптимизации режимов резания.

40. Методика расчета оптимальных режимов резания.

41. Постановка задачи структурной оптимизации технологических процессов. Комплексный подход к оптимизации технологических процессов.

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Индикатор компетенции	Результаты обучения	Основные показатели оценки результатов	Оценочные средства
УК-1.1 Знает методы критического анализа ситуаций и системного подхода к проблемам	Знать: содержание этапов жизненного цикла технических объектов, методы критического анализа и системного подхода к проблемам их проектирования и производства.	Этапы жизненного цикла технических объектов и используемые автоматизированные системы. Структура процесса проектирования. Системный подход к проектированию. Блочный-иерархический подход к проектированию сложных систем. Схема процесса проектирования сложных систем. Допустимое и оптимальное проектное решение. Структурная и параметрическая оптимизация. Постановка задачи параметрической оптимизации. Независимые управляемые параметры, функции-ограничения, выходные характеристики и целевые функции в задачах оптимизации. Условная и безусловная оптимизация. Локальный и глобальный минимумы.	ПЗ ЛР КР Т З
УК-1.2 Умеет соотносить различные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности	Уметь: соотносить разнородные явления и систематизировать их в процессе проектирования и производства технических объектов.	Формирование целевой функции – основная проблема постановки задач оптимизации. Вектор выходных параметров как количественное выражение качества технического объекта. Конфликтные выходные параметры. Нормирование параметров. Использование одного из частных критериев в качестве целевой функции. Мультипликативные критерии. Аддитивные критерии. Экспертные оценки при определении весовых коэффициентов. Мини-	
УК-1.3 Владеет навыками использования методик постановки цели, определения путей и средств ее достижения, разработки стратегий действий при решении проблемных вопросов	Владеть: навыками использования методик постановки и реализации задач оптимизации при решении проблемных вопросов проектирования и производства машиностроительной продукции.		

		<p>максные критерии. Статистические критерии. Алгоритм многомерного поиска. Методы поиска нулевого, первого и второго порядка. Критерии окончания поиска. Нормализация управляемых параметров и выходных характеристик. Метод сканирования (полного перебора). Метод случайного поиска. Метод по координатного спуска (Гаусса-Зейделя). Метод Розенброка. Метод конфигурации (Хука-Дживса). Симплекс метод. Метод деформируемого многогранника (Недлера-Мида). Методы градиентов и наискорейшего спуска. Метод ЛП-поиска. Сведение задач условной оптимизации к безусловной. Метод множителей Логранжа. Метод штрафных функций.</p>	
<p>ПКС-1.1 Знает методики проектирования технологических процессов изготовления изделий машиностроения, системы конструкторской и технологической документации, технологической подготовки производства, программные средства автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства</p>	<p>Знать: методики постановки и решения задач оптимизации технологических процессов изготовления изделий машиностроения</p>	<p>Предпосылки оптимизации технологических процессов (ТП). Постановка задачи проектирования оптимального ТП. Система ограничений, критерий оптимальности. Структурная и параметрическая оптимизация ТП.</p> <p>Основные этапы оптимизации режимов резания. Уравнения целевой функции и технических ограничений. Методика расчета оптимального режима резания с использованием аппарата линейного программирования. Графо-аналитический метод. Аналитическое определение оптимального режима резания на ЭВМ. Многовариантность задач структурной оптимизации ТП. Постановка задачи структурной оптимизации при выборе модели станка</p>	<p>ПЗ ЛР КР Т З</p>
<p>ПКС-1.2 Умеет проектировать и внедрять эффективные технологические процессы изготовления конкурентоспособных изделий машиностроения</p>	<p>Уметь: ставить и решать задачи параметрической оптимизации технологических процессов изготовления изделий машиностроения</p>		

<p>ПКС-2.2 Умеет анализировать, выбирать и эффективно использовать материалы и средства технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления машиностроительной продукции</p>	<p>Уметь: правильно ставить задачи параметрической оптимизации конструкции</p>	<p>Этапы постановки оптимизационных задач:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение объекта, чтобы понять происходящий процесс, определить управляемые параметры. 2. Описательное моделирование – установление и словесное описание основных связей и зависимостей между характеристиками объекта с точки зрения оптимизируемого критерия. 3. Разработка математической модели, включающей независимые управляемые параметры, функции-ограничения, выходные характеристики, целевую функцию. <p>Постановка задачи параметрической оптимизации. Независимые управляемые параметры, функции-ограничения, выходные характеристики и целевые функции в задачах оптимизации. Формирование целевой функции. Вектор выходных параметров как количественное выражение качества технического объекта. Сравнение различных методов образования целевой функции для двухкритериальной оценки при проектировании сварной конструкции.</p> <p>Алгоритм многомерного поиска. Многовариантная задача структурной оптимизации технологических процессов выбора технологического оборудования.</p>	<p>ПЗ ЛР КР Т З</p>
--	---	--	-------------------------------------

Обозначения в табл.: ПЗ -практические занятия, ЛР -лабораторные работы, КР - контрольные работы, Т – тестирование; З – зачет

6.2 Шкала оценивания планируемых результатов обучения

6.2.1 Текущий и рубежный контроль

В рамках текущего и рубежного контроля по дисциплине студент может набрать до 70 баллов. Распределение баллов приведено в таблице.

Се- мест р	Шкала оценивания			
	0-35 баллов	36-50 баллов	51-60 баллов	61-70 баллов
6	Частичное посещение аудиторных занятий. Неудовлетворительное выполнение лабораторных и практических работ. Плохая подготовка к балльно-рейтинговым мероприятиям. Студент не допускается к промежуточной аттестации	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита лабораторных работ. Частичное выполнение и защита практических работ. Удовлетворительные показатели по коллоквиумам и тестированиям. Оценка «удовлетворительно».	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита лабораторных и практических работ. Хорошие показатели по коллоквиумам и тестированиям. Оценка «хорошо».	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита лабораторных и практических занятий. Высокие показатели по коллоквиумам и тестированиям. Оценка «отлично».

6.2.2 Промежуточная аттестация

Оценка результатов освоения учебной дисциплины проводится по шкале, используемой на экзамене:

Се- мestr	Шкала оценивания			
	Неудовлетворительно (36-60 баллов)	Удовлетворительно (61-80 баллов)	Хорошо (81-90 баллов)	Отлично (91-100 баллов)
6	Студент имеет 36-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос. Студент имеет 36-45 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ только на один вопрос	Студент имеет 36-50 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. Студент имеет 46-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос или частично ответил на оба вопроса. Студент имеет по итогам текущего и рубежного контроля 61-70 баллов на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос.	Студент имеет 51-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. Студент имеет 61 – 65 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично ответил на второй. Студент имеет 66-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене) дал полный ответ только на один вопрос.	Студент имеет 61-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

1. Смирнов Г.В. Моделирование и оптимизация объектов и процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Смирнов Г.В.— Электрон.текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. -216 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72047.html>. -ЭБС «IPRbooks».
2. Системы автоматизированного проектирования. Моделирование в машиностроении [Электронный ресурс]: учебное пособие/ -Электрон. текстовые данные. -Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016.— 104 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78834.html>. -ЭБС «IPRbooks».
3. Введение в методы оптимизации /Аттетков А.В., В.С. Зарубин, А.Н. Канатников. –М.:Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2008. -272 с.

7.2 Дополнительная литература

1. Хуртасенко А.В. Автоматизированная конструкторско-технологическая подготовка в машиностроении. Часть 1. Автоматизированная конструкторская подготовка [Электронный ресурс]: учебно-практическое пособие/ Хуртасенко А.В., Воронкова М.Н. - Электрон.текстовые данные. - Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2017. -170 с. -Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/80507.html>. -ЭБС «IPRbooks».
2. Струченков В.И. Дискретная оптимизация. Модели, методы, алгоритмы решения прикладных задач [Электронный ресурс]/ Струченков В.И. - Электрон. текстовые данные. - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2016. -192 с. -Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/53817.html>. - ЭБС «IPRbooks».
3. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. -М.:Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. -336с.
4. САПР технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов /Под ред. С.Н. Корчака. -М.:Машиностроение, 1988. -350с.
5. Ракитин В.И., Первушин В.Б. Практическое руководство по методам вычислений. -М.: Высшая школа, 1998. -383с.
6. Норенков И.П., Маничев В.Б. Основы теории и проектирования САПР. - М.:Высшая школа, 1990. -335с.
7. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдэл К. Оптимизация в технике: В 2-х кн. - М.:Мир, 1986. Т.1-349с. Т.2-320с.
8. Шуп Т. Решение инженерных задач на ЭВМ: практическое руководство. - М.:Мир, 1982. -238с.
9. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс. -М.:Радио и связь, 1988. -128с.
10. Банди Б. Основы линейного программирования. М.:Радио и связь, 1989. – 176с.
11. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. -М.:Машиностроение, 1987. – 278с.
12. Растринин Л.А. Статистические методы поиска. М.:Наука, 1968. -376с.
13. Душинский В.В., Пуховский Е.С., Радченко С.Г. Оптимизация технологических процессов в машиностроении. -Киев:Техника, 1977. -175с.
14. Численные методы условной оптимизации. /Пер. с англ. Под ред. А.А. Петрова. -М.:Мир, 1977. -290с.
15. Оल्хафф Н. Оптимальное проектирование конструкций. -М.:Мир, 1981. - 280с.
16. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. -М.:Мир, 1985. - 509с.
17. Уалд Дж. Методы поиска экстремума. -М.:Наука, 1967. -267с.

18. Прагер В. Основы оптимального проектирования конструкций. -М.:Мир, 1977. -112с.
19. Ногин В.Д., Протодянонов И.О., Евлампиев И.И. Основы теории оптимизации / Под ред. И.О. Протодянонова-М.:Высшая школа, 1986. -384с.
20. Геминтерн В.И., Каган Б.М. Методы оптимального проектирования. - М.:Энергия. 1980. -160с.
21. Алексеев В.М, Галеев Э.М., Тихомиров В.М. Сборник задач по оптимизации. -М.:Наука, 1984.
22. Яхутлов М.М., Батыров У.Д., Бозиев О.Х., Хапачев Б.С. Метрология, стандартизация и сертификация. Решение задач. Учебное пособие. / Под ред. М.М. Яхутлова. - Нальчик:Каб.-Балк. ун-т, 2007. -214 с.
23. Яхутлов М.М., Джанкулаев А.Я., Джанкулаева М.А. Методы оптимизации. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2014. – 47 с.

7.3 Периодические издания

1. "Информационные технологии и вычислительные системы".
2. "Информационные процессы и системы".
3. "Информационные технологии".
4. "Мир компьютерной автоматизации - мир встраиваемых компьютерных технологий"
5. <http://www.cals.ru/emag/> - электронный журнал "Технологии PLM и ИЛП".

7.4 Методические указания к лабораторным занятиям

Лабораторные работы проводятся в компьютерном классе, оснащенном современным оборудованием (12 компьютеров, мультимедийное оборудование, необходимое программное обеспечение).

Методические указания к лабораторным работам, электронные учебные пособия расположены на сетевом диске D://Work, а также на DVD диске «Лекции и методические материалы по дисциплине» с примерами выполнения лабораторных работ.

7.5 Методические указания к практическим занятиям

Практические занятия проводятся в компьютерном классе, оснащенном современным оборудованием (12 компьютеров, мультимедийное оборудование, необходимое программное обеспечение).

Методические указания к занятиям, электронные учебные пособия расположены на сетевом диске D://Work, а также на DVD диске «Лекции и методические материалы по дисциплине с банком заданий и методическими указаниями выполнения практических работ.

7.6 Интернет-ресурсы

1. <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - научная электронная библиотека РФФИ.
2. <https://elibrary.ru/> - база данных Science Index (РИНЦ).
3. <https://www.studentlibrary.ru/> - ЭБС «Консультант студента».
4. <https://rusneb.ru/> - национальная электронная библиотека РГБ.
5. <https://e.lanbook.com/> - ЭБС «Лань».
6. <https://iprbooks.ru/> - ЭБС «IPRbooks».
7. <https://urait.ru/> - ЭБС «Юрайт».

7.7 Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

При проведении занятий используются лицензионное программное обеспечение:

- Программное обеспечение средств антивирусной защиты Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 1000-1500 Node 1 year Educational Renewal License (KL4863RAVFQ).
- Офисное программное обеспечение МойОфис Стандартный.
- Программное обеспечение для работы с документами формата PDF Acrobat Pro DC for teams ALL Multiple Platforms Multi European Languages Level 1 (1-9) Education Named License 65297997BB01A12.
- Программное обеспечение для работы с PDF-документами. ABBYY FineReader 15 Business
- Программное обеспечение универсальная система для всестороннего статистического анализа и визуализации данных. Statistica Ultimate Academic for Windows 10 Russian/13 English на 500 пользователей Локальная версия (Named User).
- Программное средство-видеоредактор Movavi видеоредактор 15 SE Academic Edition.

Учебные комплекты программного обеспечения:

- КОМПАС-3D приложение "Проектирование и конструирование в машиностроении";
- КОМПАС-3D приложение «3D-моделирование для 3D-печати»;
- КОМПАС-3D для системы прочностного анализа;
- КОМПАС-3D пакет обновлений APM FEM для прочностного анализа;
- КОМПАС-3D приложение «гидрогазодинамика» KompasFlow.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в специальных помещениях (аудиториях) для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия.

Для самостоятельной работы обучающихся имеются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Лабораторные работы, проводятся в специализированных компьютерном классе с современным компьютерным оборудованием, использующим в процессе обучения студентов программное обеспечение, прописанное в п. 7.8.

9 ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

1. Альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;

2. Для инвалидов с нарушениями зрения (слабовидящие, слепые)

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь, дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; наличие средств для усиления остаточного зрения, брайлевской компьютерной техники, видеоувеличителей, программ невизуального доступа к информации, программ-синтезаторов речи и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями зрения;

- задания для выполнения на экзамене зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту обучающимся;

3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху (слабослышащие, глухие):

- на зачете/экзамене присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- зачет/экзамен проводится в письменной форме;

4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента экзамен проводится в устной форме.

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (ДОПОЛНЕНИЙ)

в рабочей программе по дисциплине «Оптимизация проектных решений в машиностроении» по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств. Магистерская программа «Технологии цифрового производства» на _____ учебный год.

№п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание

Рекомендовано на заседании кафедры «Технология и оборудование автоматизированного производства», протокол № _____ от "____" _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ /