

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор Белорусско-
Российского университета

 М.Е. Лустенков

«26» 09 2016 г.

Регистрационный № УД-150306/Б 1.ВДВ.41/р

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

(наименование дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль) Мехатроника и робототехника

Квалификация Бакалавр

	Форма обучения
	Очная
Курс	3
Семестр	6
Лекции, часы	16
Практические занятия, часы	16
Лабораторные занятия, часы	16
Зачёт, семестр	6
Контактная работа по учебным занятиям, часы	48
Самостоятельная работа, часы	24
Всего часов / зачетных единиц	72 / 2

Кафедра-разработчик программы: Технология машиностроения
(название кафедры)

Составители: В.М. Пашкевич, докт. техн. наук, доцент
(И.О. Фамилия, ученая степень, ученое звание)

М.Н. Миронова

Могилев, 2016

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» (уровень бакалавриата), утвержденным приказом № 206 от 12.03.2015 г., учебным планом рег. № 15306-1 от 16.09.2016 г.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Технология машиностроения»
(название кафедры)

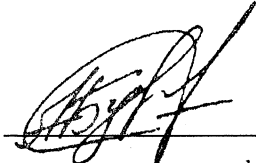
«19» сентября 2016 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой  В. М. Шеменков

Одобрена и рекомендована к утверждению Президиумом научно-методического совета Белорусско-Российского университета

«23» сентября 2016 г., протокол № 1.

Зам. председателя Президиума
научно-методического совета

 А. Д. Бужинский

Рецензент:

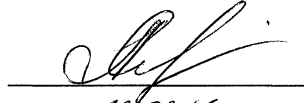
Кожевников Михаил Михайлович, зав. кафедрой «Автоматизация технологических процессов и производств» Могилевского государственного университета продовольствия, канд. техн. наук, доцент.

Рабочая программа согласована:

Зав. справочно-библиографическим
отделом

 Л. А. Астекалова

Начальник учебно-методического
отдела


О. Е. Печковская
23.09.16.

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Цель учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является формирование специалистов, умеющих обоснованно и результативно применять существующие и осваивать новые методы оптимизации как современного научного направления, изучение возможностей и особенностей использования оптимизационных методов в решении практических задач оптимального управления.

1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

знать:

- основные понятия и задачи теории оптимизации;
- способы отыскания экстремумов функций при различных видах ограничений;
- достоинства и недостатки существующих оптимизационных методов;
- ограничения, связанные с математической формализацией

уметь:

- использовать методы оптимизации при решении конкретных задач;
- выбирать наиболее рациональный способ решения оптимизационной задачи

владеть:

- навыками использования методов оптимизации при решении конкретных задач;
- информацией о современных методах и направлениях развития теории поисковой оптимизации;
- современными средствами реализации методов оптимизации.

1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к блоку Б.1.В.ДВ. «Дисциплины по выбору (вариативная часть).

Перечень учебных дисциплин, изучаемых ранее, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

- математика;
- информатика;
- основы комбинаторики;
- программирование и основы алгоритмизации;
- теория вероятностей и математическая статистика;
- пакеты прикладных программ для анализа данных;
- высокоэффективные технологии и оборудование современных производств.

Перечень учебных дисциплин (циклов дисциплин), которые будут опираться на данную дисциплину:

- программное обеспечение мехатронных и робототехнических систем;
- системы управления технологическим оборудованием;
- информационные устройства в мехатронике;
- САПР робототехнических систем;
- проектирование роботов и робототехнических систем;
- методы искусственного интеллекта в робототехнике;
- экспериментальные исследования робототехнических систем.

Кроме того, результаты изучения дисциплины используются в ходе практики и при подготовке выпускной квалификационной работы.

1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименования формируемых компетенций
ОПК2	владение физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем
ОПК3	владение современными информационными технологиями, готовность применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности
ПК1	способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники
ПК6	способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем
ПК11	способность производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения выпускника (компетенций) и достижение обобщенных результатов обучения происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

2.1 Содержание учебной дисциплины

Номер тем	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
1	2	3	4
1	Основы теории оптимизации	Начальные сведения о задачах оптимизации: постановка и классификация задач, существование оптимального решения. Прямые условия оптимальности. Понятия о методах оптимизации. Классификация методов оптимизации. Примеры задач из области оптимизации.	ОПК2, ОПК3, ПК1,
2	Методы одномерной оптимизации	Экстремумы функции одной переменной. Необходимые и достаточные условия минимума гладких функций одной переменной.	ОПК2, ОПК3, ПК1, ПК6, ПК11

1	2	3	4
		<p>Геометрическое и математическое доказательство. Метод дихотомии. Метод деления пополам. Метод золотого сечения. Метод Фибоначчи. Методы аппроксимации. Метод средней точки. Метод Ньютона (метод касательной). Метод секущих. Методы поиска с использованием квадратичной аппроксимации, метод кубической аппроксимации.</p>	
3	<p>Методы многомерной оптимизации без учета ограничений</p>	<p>Постановка задач многомерной оптимизации. Экстремумы функции многих переменных. Условия первого и второго порядков. Необходимые и достаточные условия минимума гладких функций нескольких переменных. Основные численные методы безусловной оптимизации (методы нулевого, первого и второго порядка). Метод Гаусса-Зайделя. Метод наискорейшего спуска. Методы прямого поиска и градиентные методы. Методы сопряженных градиентов.</p>	<p>ОПК2, ОПК3, ПК1, ПК6, ПК11</p>
4	<p>Методы многомерной оптимизации с ограничениями</p>	<p>Задачи на условный экстремум. Решение задач с ограничениями типа равенств. Метод исключения. Метод множителей Лагранжа. Функция Лагранжа. Метод штрафных функций. Градиентные методы (Метод проектируемого градиента Д. Розена, метод возможных направлений Г. Зойтендейка)</p>	<p>ОПК2, ОПК3, ПК1, ПК6, ПК11</p>
5	<p>Численные методы линейного программирования</p>	<p>Постановка задачи линейного программирования. Формализация задачи. Методы решения задач линейного программирования: геометрический, симплекс-метод, искусственного базиса. Теория двойственности. Общие правила построения двойственной задачи. Лемма о взаимной двойственности. Теоремы двойственности. Одновременное решение прямой и двойственной задач. Использование 2-ой теоремы двойственности для проверки на оптимальность решения задачи</p>	<p>ОПК2, ОПК3, ПК1, ПК6, ПК11</p>

1	2	3	4
		линейного программирования. Двойственный симплекс-метод. Анализ устойчивости задачи линейного программирования.	
6	Задачи целочисленного линейного программирования.	Постановка задачи целочисленного программирования. Метод отсечения. Метод Гомори. Метод ветвей и границ.	ОПК2, ОПК3, ПК1, ПК6, ПК11
7	Численные методы нелинейного программирования.	Общая характеристика методов решения задач нелинейного программирования. Графический метод решения задач нелинейного программирования. Методы без градиентные, градиентные и случайного поиска. Случайный поиск с возвратом. Лучевой поиск.	ОПК2, ОПК3, ПК1, ПК6, ПК11
8	Задачи динамического программирования	Особенности задач динамического программирования. Принципы динамического программирования. Принцип оптимальности и уравнение Беллмана. Задача об оптимальном распределении ресурсов. Задача о замене оборудования. Оптимизация на графах. Простейшая задача вариационного исчисления. Уравнение Эйлера.	ОПК2, ОПК3, ПК1, ПК6, ПК11

2.2. Учебно-методическая карта учебной дисциплины

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Практические (семинарские) занятия	Часы	Лабораторные занятия	Часы	Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний	Баллы (max)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Модуль 1									
1	1. Основы теории оптимизации	2	Пр. р. 1 Поиск экстремума функции методом половинного деления	2	Л.р. 1 Методы одномерной оптимизации	2	2	ЗИЗ	3
3	2. Методы одномерной оптимизации	2	Пр. р. 2 Поиск экстремума функции методом золотого сечения	2	Л.р. 1 Методы одномерной оптимизации	2	2	ЗИЗ ЗЛР	3 4
5	3. Методы многомерной оптимизации без учета ограничений	2	Пр. р. 3 Поиск экстремума функции методом Ньютона	2	Л.р. 2 Методы многомерной оптимизации	2	2	ЗИЗ	3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	4. Методы многомерной оптимизации с ограничениями	2	Пр. р. 4 Экстраполяция и интерполяция данных	2	Л.р. 2 Методы многомерной оптимизации	2	2	ЗИЗ ЗЛР КО	3 4 10
8								ПКУ	30
Модуль 2									
9	5. Численные методы линейного программирования	2	Пр. р. 5 Практическая реализация симплексных методов	2	Л.р. 3 Методы многомерной оптимизации с ограничениями	2		ЗИЗ	3
11	6. Задачи целочисленного линейного программирования	2	Пр. р. 6 Поиск оптимальных путей на графах с векторными весами.	2	Л.р. 3 Методы многомерной оптимизации с ограничениями	2		ЗИЗ ЗЛР	3 4
13	7. Численные методы линейного программирования	2	Пр. р. 7 Градиентный метод	2	Л.р. 4 Сравнительный анализ методов оптимизации на функциональной семантической сети	2		ЗИЗ	3
15	8. Задачи динамического программирования	2	Пр. р. 8 Оптимизация режимов резания при многопроходной обработке	2	Л.р. 4 Сравнительный анализ методов оптимизации на функциональной семантической сети	2		ЗИЗ ЗЛР КО	3 4 10
16- 17								ПКУ ПА (зачет)	30 40
	Итого	16		16		16			100

Принятые обозначения:

- ЗИЗ – защита индивидуального задания;
 ЗЛР – защита лабораторной работы;
 КО – контрольный опрос;
 ПКУ – промежуточный контроль успеваемости.
 ПА – промежуточная аттестация.

Итоговая оценка определяется как сумма текущего контроля и промежуточной аттестации и соответствует баллам:

Зачет

Оценка	Зачтено	Не зачтено
Баллы	51-100	0-50

3 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов. Применение форм и методов проведения занятий при изучении различных тем курса представлено в таблице.

№ п/п	Форма проведения занятия*	Вид аудиторных занятий			Всего часов
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
1	Мультимедиа	Темы 1-8			16
2	С использованием ЭВМ			Л.р. 1-4	16
3	Расчетные		Пр. р. 1-8		16
	ИТОГО				48

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Используемые оценочные средства по учебной дисциплине представлены в таблице и хранятся на кафедре.

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Вопросы к зачету	1
2	Тестовые задания для проведения контрольного опроса: - модуль 1 - модуль 2	1 1
3	Перечень тем рефератов	1
4	Вопросы к защите лабораторных работ	1
5	Вопросы к защите индивидуального задания	1

5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
1	2	3	4
<i>Компетенция ОПК-2. Владение физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем</i>			
1	Пороговый уровень	Знает основные принципы формирования задач оптимизации	Ориентируется в основных понятиях теории оптимальности. Различает критерии оптимизации и оптимизируемые параметры
2	Продвинутый уровень	Различает задачи оптимизации по их видам. Владеет особенностями и принципами решения различных типов оптимизационных задач	Способен определять тип и метод решения оптимизационных задач
3	Высокий уровень	Формулирование задач оптимизации. Оценка условий и ограничений задач оптимизации	Способен осуществлять постановку задач оптимизации. Определяет целевую функцию и ее ограничения

1	2	3	4
<i>Компетенция ОПК-3.</i> Владение современными информационными технологиями, готовность применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности			
1	Пороговый уровень	Понимает принципы функционирования методов оптимизации и особенности их реализации	Ориентируется в основных методах оптимизации
2	Продвинутый уровень	Применение методов оптимизации при решении задач в области мехатроники	Находит экстремум целевых функций. Осуществляет поиск оптимальных путей на графах
3	Высокий уровень	Оценка наиболее эффективного метода оптимизации при решении задач	Определяет производительность методов оптимизации и точность нахождения ими решений
<i>Компетенция ПК-1.</i> Способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники			
1	Пороговый уровень	Понимание основных принципов выбора критериев оптимальности	Ориентируется в основных понятиях многокритериальных задач
2	Продвинутый уровень	Выбор критериев оптимальности с учетом условий и ограничений задачи. Формирование целевой функции	Находит решение задач многомерной оптимизации с ограничениями
3	Высокий уровень	Оценка методов оптимизации. Выполнение сравнительного анализа методов оптимизации	Определяет наиболее эффективный метод оптимизации
<i>Компетенция ПК6.</i> Способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем			
1	Пороговый уровень	Знает основы функционирования программных средств оптимизации	Ориентируется в программных средствах, реализующих методы оптимизации
2	Продвинутый уровень	Использование программных средств для решения оптимизационных задач. Понимание алгоритмов работы программных средств	Решает оптимизационные задачи на основе использования системы Semantic
3	Высокий уровень	Анализ основных причин невыполнения решения оптимизационной задачи	Способен осуществлять проверку полученного результата

1	2	3	4
<i>Компетенция ПК11.</i> Способность производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием			
1	Пороговый уровень	Понимание основных принципов реализации методов оптимизации на языке программирования	Ориентируется в основных понятиях и принципах программирования
2	Продвинутый уровень	Применение существующих алгоритмов оптимизации для решения расчетных и проектных задач	Решение задач линейного, нелинейного и динамического программирования
3	Высокий уровень	Составление программных модулей при решении задач оптимизации	Формирование кодов, реализующих методы оптимизации

5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Оценочные средства
1	2
<i>Компетенция ОПК-2.</i> Владение физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем	
Ориентируется в основных понятиях теории оптимальности. Различает критерии оптимизации и оптимизируемые параметры	Тестовые задания для проведения семестрового рейтинг контроля
Способен определять тип и метод решения оптимизационных задач	Тестовые задания для проведения семестрового рейтинг контроля
Способен осуществлять постановку задачи оптимизации. Определяет целевую функцию и ее ограничения	Вопросы к защите практических работ 1-8
<i>Компетенция ОПК-3.</i> Владение современными информационными технологиями, готовность применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности	
Ориентируется в основных методах оптимизации	Тестовые задания для проведения семестрового рейтинг контроля
Находит экстремум целевых функций. Осуществляет поиск оптимальных путей на графах	Вопросы к защите практических работ 1-3, 6
Определяет производительность методов оптимизации и точность нахождения ими решений	Вопросы к защите лабораторной работы 4
<i>Компетенция ПК-1.</i> Способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники	
Ориентируется в основных понятиях многокритериальных задач	Тестовые задания для проведения семестрового рейтинг контроля

1	2
Находит решение задач многомерной оптимизации с ограничениями	Вопросы к защите лабораторной работы 3
Определяет наиболее эффективный метод оптимизации	Вопросы к защите лабораторных работ 1-4
<i>Компетенция ПК-6.</i> Способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем	
Ориентируется в программных средствах, реализующих методы оптимизации	Тестовые задания для проведения семестрового рейтинг контроля
Решение оптимизационных задач на основе использования системы Semantic	Вопросы к защите лабораторной работы 4
Способен осуществлять проверку полученного результата. Определение условий устойчивости задач линейного, динамического программирования	Тестовые задания для проведения семестрового рейтинг контроля. Вопросы к защите лабораторных работ 1-4
<i>Компетенция ПК-11.</i> Способность производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием	
Ориентируется в основных понятиях и принципах программирования	Тестовые задания для проведения семестрового рейтинг контроля.
Решает оптимизационные задачи на основе использования системы Semantic	Вопросы к защите практических работ 1-8
Способен осуществлять проверку полученного результата	Вопросы к защите лабораторных работ 1-3

5.3 Критерии оценки лабораторных работ

Лабораторная работа предусматривает ее выполнение, оформление отчета и защиту. Лабораторные работы включают: изучение теоретических положений, использование методов оптимизации для решения задач, выполнение их сравнительного анализа. Стчет должен содержать всю необходимую информацию о выполненной работе, выводы. Защита работы проводится по контрольным вопросам, приведенным в методических указаниях.

Суммарное количество баллов за лабораторную работу определяется суммированием баллов за выполнение и защиту работы.

Номер лабораторной работы	Баллы (max)	Оценочная характеристика выполненной лабораторной работы
1-4	2	Работа выполнена полностью, содержит все необходимые результаты использования методов оптимизации и выводы. Отчет оформлен в соответствии с требованиями методических указаний.
1-4	2	Защита лабораторной работы

5.4 Критерии оценки практических работ

Практическая работа предусматривает выполнение индивидуального задания в соответствии с методическими указаниями.

Количество баллов за практическую работу определяется в соответствии с таблицей

Номер практической работы	Баллы (max)	Оценочная характеристика выполненной практической работы
1-8	3	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением последовательности действий, самостоятельно и правильно выбраны методы нахождения решения, обеспечивающие получение правильных результатов и выводов. Систематизированные, глубокие и полные знания по тематике выполняемой работы, а также по основным вопросам, выходящим за ее рамки. Точное использование научной терминологии.
1-8	2	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением последовательности действий, самостоятельно и правильно выбраны методы нахождения решения, обеспечивающие получение правильных результатов и выводов
1-8	1	Работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильный результат и вывод или в ходе выполнения работы были допущены ошибки.

5.5 Критерии оценки зачета

Оценка на зачете выставляется путем суммирования баллов, полученных в семестре (60- максимально и 36 минимально) и баллов, полученных на зачете. На зачете студент отвечает на тестовые задания. Каждый вариант содержит 10 тестовых заданий, правильный ответ на который оценивается 4-мя баллами. Максимальное количество баллов за зачет **40**, минимальное – **15**.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со шкалой:

Оценка	Зачтено	Не зачтено
Баллы	51-100	0-50

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа студентов (СРС) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений. СРС включает следующие виды самостоятельной работы студентов:

- выполнение тестовых заданий;
- конспектирование;
- обзор литературы;
- ответы на контрольные вопросы;
- подготовка к аудиторным занятиям;
- подготовка к коллоквиуму, зачету, экзамену;

- подготовка к тестированию;
- подготовка отчета по практике;
- работа с материалами курса, вынесенными на самостоятельное изучение;
- решение задач и упражнений по образцу;
- чтение текста (первоисточника, учебника, дополнительной литературы).

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов приведен в приложении и хранится на кафедре.

Для СРС рекомендуется использовать источники, приведенные в п. 7.

Контроль самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы является мотивирующим фактором образовательной деятельности студента.

Контроль выполнения самостоятельной работы, отчет по самостоятельной работе должны быть индивидуальными.

Критериями оценки результатов самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умение студента использовать теоретические знания при выполнении практических, творческих заданий;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- сформированные компетенции в соответствии с целями и задачами изучения дисциплины.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Учаев, П. Н. Оптимизация инженерных решений в примерах и задачах : учебник для вузов / П. Н. Учаев, С. А. Чевычелов, С. П. Учаева ; под общ. ред. проф. П. Н. Учаева. – Старый Оскол : ТНТ, 2014. – 176 с.	Рек. УМО АМ в качестве учеб. пособия для студентов вузов	10
2	Методы оптимизации: учебное пособие [Электронный ресурс] / А.В. Аттетков, В.С. Зарубин, А.Н. Канатников. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 270 с.	Рек. МО РФ в качестве учеб. пособия для студентов высших учебных заведений	Электронный ресурс

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Островский, Г. М. Оптимизация технических систем : учеб. пособие для вузов / Г. М. Островский, Н. Н. Зиятдинов, Т. В. Лаптева. - М. : Кнорус, 2012. – 432 с.	Рек. УМО по университетскому политехническому образованию в качестве учеб. пособия для студентов вузов	5
2	Каханер Д. Численные методы и математическое обеспечение [Электронный ресурс] / Д. Каханер, К. Моулера, С. Нэш. - М. : Мир, 1998. – 575 с.	-	Электронный ресурс

1	2	3	4
3	Майника, Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах [Электронный ресурс] / Э. Майника ; под ред. Е. К. Масловского; пер. с англ. М. Б. Канцнельсона, М. И. Рубинштейна. - М. : Мир, 1981. – 323 с.	-	Электронный ресурс
4	Шуп, Т. Решение инженерных задач на ЭВМ [Электронный ресурс] : практич. рук. / Т. Шуп ; пер. с англ. В. А. Хохрякова, под ред. В. Б. Миносцева. - М. : Мир, 1982. – 238 с.	-	Электронный ресурс

7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине

1. Программный комплекс многокритериальной оптимизации <http://www.iosotech.com/ru/>.
2. Бесплатный оптимизационный пакет, предназначенный для решения задач линейного, целочисленного и целевого программирования <https://sourceforge.net/projects/lipside/>.
3. Книги по методам оптимизации <http://mexalib.com/>, http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_2.
4. Описание и алгоритмы методов оптимизации <http://nsft.narod.ru/Programming/colmetopt.html>, <http://vsem-dm.narod.ru/27.html>.

7.4 Перечень наглядных и других пособий, методических рекомендаций по проведению учебных занятий, а также методических материалов к используемым в образовательном процессе техническим средствам

7.4.1 Методические рекомендации

1. Методы оптимизации. Методические указания к практическим занятиям для студентов специальности 15.03.06 - Мехатроника и робототехника (электронный ресурс).

7.4.2 Информационные технологии

Темы 1–8 – с использованием мультимедиа.

7.4.3 Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе

1. LibreOffice Calc.
2. Система SEMANTIC.
3. Пакет прикладных программ Matlab.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лаборатории «САПР», рег. номер ПУЛ-4.441-449/1-16.