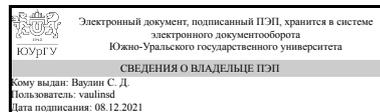


УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Политехнический институт



С. Д. Ваулин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины В.1.16 Методы оптимизации
для направления 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

уровень бакалавр тип программы Академический бакалавриат

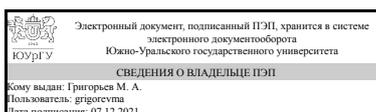
профиль подготовки Автоматизация технологических процессов в промышленности

форма обучения очная

кафедра-разработчик Электропривод и мехатроника

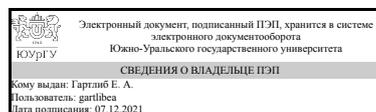
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.03.2015 № 200

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.



М. А. Григорьев

Разработчик программы,
старший преподаватель



Е. А. Гартлиб

1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является подготовка студентов-бакалавров в области методов поиска оптимальных проектных решений при разработке систем и средств автоматизации технологических процессов и производств. Основные задачи дисциплины: приобретение студентами необходимых знаний для формирования критериев оценки качества проектных решений; приобретение навыков разработки математических моделей оптимизационных задач в области автоматизации; разработка целевых, критериальных и штрафных функций; практическое овладение методами математического программирования для поиска оптимальных проектных решений, разработка алгоритмического обеспечения оптимизационных задач; получение навыков организации коллектива разработчиков при поиске оптимальных проектных решений в области автоматизации технологических процессов и производств.

Краткое содержание дисциплины

Формирование критериальных, штрафных и целевых функций в оптимизационных задачах проектирования средств и систем автоматизации технологических процессов и производств. Разработка методов оптимизации проектных задач в области автоматизации управления технологическими процессами и производствами. Разработка алгоритмического обеспечения решения оптимизационных задач в области автоматизации технологических процессов и производств. Решение задач оптимизации систем и средств автоматизации технологических процессов и производств. В процессе освоения дисциплины практические навыки будут формироваться в форме выполнения практических работ. Вид промежуточной аттестации в четвертом семестре - зачет, в пятом семестре - экзамен.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-10 способностью проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления	Знать: методы формирования критериев оценки качества проектных решений при создании систем и средств автоматизации, параметрических ограничений целевых функций; основные подходы к разработке математических моделей оптимизационных задач в области автоматизации производств; методы линейного и нелинейного целочисленного математического программирования в задачах оптимизации проектных решений в области автоматизации технологических процессов и производств; методы нелинейного математического программирования; методы динамического математического программирования; основные методы алгоритмизации математических моделей; методы автоматизированной поддержки оптимизации проектных решений; методы рациональной организации проектных работ при

	создании систем автоматизации в различных отраслях производства.
	Уметь: формировать применительно к конкретным условиям автоматизации производства критерии качества проектных решений; составлять критериальные, штрафные и целевые функции в задачах оптимизации проектных решений; использовать методы математического программирования в задачах оптимизации проектных решений при создании систем и средств автоматизации; разрабатывать алгоритмы решения оптимизационных задач; использовать современное программное обеспечение для поиска оптимальных решений; решать вопросы рациональной организации проектных работ коллективом разработчиков при создании систем автоматизации производства и управления жизненным циклом продукции.
	Владеть: навыками формирования критериев качества проектных решений в области автоматизации производств различных отраслей промышленности; навыками составления целевых функций оптимизации проектных решений при создании систем и средств автоматизации; навыками выбора способов и методов получения оптимальных проектных решений; навыками использования методов оптимизации целевых функций применительно проектированию систем автоматизации; навыками решения задач оптимизации процессов, систем и средств автоматизации производств различных отраслей промышленности; навыками составления алгоритмов решения оптимизационных задач; навыками использования современных методов автоматизированного решения оптимизационных задач.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.11 Специальные главы математики, Б.1.09 Алгебра и геометрия, Б.1.13 Информатика и программирование, Б.1.10 Математический анализ	ДВ.1.02.01 Автоматизация типовых технологических процессов (в нефтегазовой отрасли), В.1.06 Моделирование систем автоматизации, В.1.13 Проектирование автоматизированных систем, Ф.02 Системы автоматизации и управления

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

Дисциплина	Требования
Б.1.09 Алгебра и геометрия	Знать: основные математические положения, законы, основные формулы и методы решения задач разделов дисциплин математического цикла. Уметь: применять физико-математические методы моделирования и расчета. Владеть: навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей.
Б.1.11 Специальные главы математики	Знать: основные методы математического анализа, теории рядов, а также теории вероятности и математической статистики. Уметь: интерпретировать с математической точки зрения результаты, полученные в результате профессиональной деятельности. Уметь использовать статистические данные. Владеть: приемами математического анализа из теории вероятностей, математической статистики и теории рядов.
Б.1.10 Математический анализ	Знать: основные математические методы и возможности их применения. Уметь: самостоятельно расширять и углублять математические знания. Владеть: навыками построения математических моделей автоматизации технологических процессов и производств и дальнейшего их анализа.
Б.1.13 Информатика и программирование	Знать: современные информационные, технологии, технику, прикладные программные средства. Уметь: использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности. Владеть: навыками использования современных информационных технологий, компьютерной техники и прикладных программных средств.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	5
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	96	48	48
Лекции (Л)	64	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	120	60	60
Подготовка к зачету.	9	9	0

Подготовка отчетов по практическим работам, подготовка к защите практических работ	40	25	15
Подготовка к экзамену.	18	0	18
Работа с конспектом лекций	53	26	27
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Постановка оптимизационной задачи	6	4	2	0
2	Оптимизация функции одной переменной	26	14	12	0
3	Оптимизация функции нескольких переменных	30	20	10	0
4	Линейное программирование	14	10	4	0
5	Дискретная оптимизация	6	6	0	0
6	Вариационное исчисление	14	10	4	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Постановка и классификация задач оптимизации.	2
2	1	Разрешимость задач оптимизации. Глобальный и локальные экстремумы. Теорема Вейерштрасса.	2
3	2	Безусловная и условная оптимизация.	2
4	2	Метод наименьших квадратов.	2
5	2	Унимодальные функции. Метод полного перебора.	2
6	2	Метод дихотомии.	2
7	2	Метод золотого сечения.	2
8	2	Метод квадратичной интерполяции.	2
9	2	Метод Ньютона. Сравнение методов одномерного поиска.	2
10	3	Безусловная оптимизация функции многих переменных.	2
11	3	Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума.	2
12	3	Метод покоординатного спуска Гаусса-Зейделя.	2
13	3	Решение задач многомерной оптимизации градиентными методами.	2
14	3	Решение задач многомерной оптимизации методом конфигурации (Хука-Дживса).	2
15	3	Симплексный метод прямого поиска Недлера-Мида.	2
16	3	Метод Ньютона.	2
17	3	Условная оптимизация функции многих переменных. Метод Лагранжа. Условия Куна-Такера.	2
18	3	Задачи оптимизации с ограничениями в форме равенств и неравенств. Штрафные и барьерные функции. Метод штрафных функций.	2
19	3	Метод барьерных функций или метод внутренних штрафных функций.	2
20	4	Постановка задачи линейного программирования. Геометрический метод решения задачи линейного программирования.	2
21, 22	4	Симплекс-метод решения задачи линейного программирования.	4

23	4	Транспортная задача линейного программирования.	2
24	4	Решение транспортной задачи методом потенциалов.	2
25	5	Постановка задач дискретной оптимизации. Основные типы задач дискретной оптимизации.	2
26, 27	5	Методы ветвей и границ.	4
28	6	Основные понятия вариационного исчисления.	2
29	6	Функционал. Вариации функции. Вариации функционала.	2
30	6	Необходимое условие экстремума функционала.	2
31	6	Вариационные задачи с подвижными границами.	2
32	6	Вариационные задачи на условный экстремум.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Определение локальных и глобальных экстремумов. Определение инфинимума и супремума.	2
2	2	Практическая работа № 1 "Метода наименьших квадратов".	2
3	2	Защита практической работы № 1 "Метод наименьших квадратов".	2
4	2	Практическая работа № 2 "Разработка алгоритма однопараметрической оптимизации методом дихотомии".	2
5	2	Практическая работа № 3 "Разработка алгоритма однопараметрической оптимизации методом золотого сечения".	2
6	2	Защита практических работ № 2 "Разработка алгоритма однопараметрической оптимизации методом дихотомии" и № 3 "Разработка алгоритма однопараметрической оптимизации методом золотого сечения".	2
7	2	Решение задач одномерной оптимизации методом Ньютона.	2
8	3	Исследование функции многих переменных на экстремум.	2
9	3	Практическая работа № 4 "Разработка алгоритмов многопараметрической оптимизации градиентными методами".	2
10	3	Защита практической работы № 4 "Разработка алгоритмов многопараметрической оптимизации градиентными методами".	2
11	3	Практическая работа № 5 "Разработка алгоритма многопараметрической оптимизации симплекс-методом"	2
12	3	Защита практической работы № 5 "Разработка алгоритма многопараметрической оптимизации симплекс-методом".	2
13	4	Решение задачи линейного программирования геометрическим и симплекс-методом.	2
14	4	Решение транспортной задачи.	2
15	6	Необходимое условие экстремума функционала.	2
16	6	Вариационные задачи на условный экстремум.	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием	Кол-во часов

	разделов, глав, страниц)	
Работа с конспектом лекций.	Основная литература 1-3. Дополнительная литература 1-2.	53
Подготовка отчетов по практическим работам, подготовка к защите практических работ.	Основная литература 1-3. Дополнительная литература 1-2.	40
Подготовка к экзамену.	Основная литература 1-3. Дополнительная литература 1-2.	18
Подготовка к зачету.	Основная литература 1-3.	9

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Лекция с разбором конкретных ситуаций	Лекции	Данная лекция по форме похожа на лекцию-дискуссию, однако, на обсуждение преподаватель ставит не вопросы, а конкретную ситуацию. Обычно, такая ситуация представляется устно или в виде короткой видеозаписи, презентации. Анализ конкретной ситуации - развивает способность анализировать самостоятельно формировать познавательные задачи.	6
Технологии анализа ситуаций для активного обучения	Практические занятия и семинары	Позволяет студентам соединить теорию и практику, представить примеры принимаемых решений и их последствий, демонстрировать различные позиции, формировать навыки оценки альтернативных вариантов в вероятностных условиях.	4

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ПК-10 способностью проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления	Промежуточный (Зачет)	1-20

	процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления		
Все разделы	ПК-10 способностью проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления	Промежуточный (Экзамен)	1-30
Оптимизация функции одной переменной	ПК-10 способностью проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления	Текущий (Защита практических работ 1, 2, 3)	Практическая работа № 1 (№ 1-6), Практическая работа № 2 (№ 1-7), Практическая работа № 3 (№ 1-6).
Оптимизация функции нескольких переменных	ПК-10 способностью проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления	Текущий (Защита практических работ 4, 5)	Практическая работа № 4 (№ 1-7), Практическая работа № 5 (№ 1-7)

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Текущий (Защита практических работ 1, 2, 3)	К процедуре защиты практической работы допускаются студенты, которые выполнили практическую работу, оформили в соответствии с требованиями отчет	Зачтено: Обучающийся самостоятельно и верно ответил на более чем 60% заданных вопросов. При этом уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагал свое решение, используя

	<p>о практической работе и предоставили его к защите. Процедура защиты практических работ проходит в форме устного опроса каждого студента. В независимости от формы оценивания каждому студенту должно быть задано не менее 3-х вопросов на тему практической работы.</p>	<p>профессиональные термины и понятия. Не зачтено: Обучающийся ответил менее чем на 50% поставленных вопросов.</p>
Текущий (Защита практических работ 4, 5)	<p>К процедуре защиты практической работы допускаются студенты, которые выполнили практическую работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о практической работе и предоставили его к защите. Процедура защиты практических работ проходит в форме устного опроса каждого студента. В независимости от формы оценивания каждому студенту должно быть задано не менее 3-х вопросов на тему практической работы.</p>	<p>Зачтено: Обучающийся самостоятельно и верно ответил на более чем 60% заданных вопросов. При этом уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагал свое решение, используя профессиональные термины и понятия. Не зачтено: Обучающийся ответил менее чем на 50% поставленных вопросов.</p>
Промежуточный (Зачет)	<p>Зачет проводится в устной форме в 4-ом семестре. К зачету допускаются студенты выполнившие и защитившие все практические работы семестра. Обучающийся отвечает на ряд вопросов по темам пройденных лекционных и практических занятий. Вопросы для подготовки к зачету должны быть выданы не позднее академической недели до даты его проведения. Каждому студенту должно быть задано не менее 3-х вопросов.</p>	<p>Зачтено: Обучающийся самостоятельно и верно ответил на более чем 50% заданных вопросов. При этом уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагал свое решение, используя профессиональные термины и понятия. Не зачтено: Обучающийся ответил менее чем на 50% поставленных вопросов</p>
Промежуточный (Экзамен)	<p>Экзамен проводится в 5 семестре. К экзамену допускаются студенты, выполнившие и защитившие все практические работы. Экзамен проводится в устной форме. Каждому студенту выдается билет, в котором присутствует по два теоретических вопроса и практическая задача из любого раздела 2х семестров, за которые проводится промежуточная аттестация. При неправильном ответе студенту могут быть заданы уточняющие или новые вопросы по той же теме. Тема считается освоенной, если студент смог ответить на 60% вопроса, заданного</p>	<p>Отлично: Студент должен ответить на 100-86% заданных вопросов, наиболее полно раскрыть содержание материала в объеме программы дисциплины, чётко и правильно дать необходимые определения, привести доказательства, показать навыки решения стандартных задач в области оптимизации. Ответ должен быть самостоятельный, при ответе использованы приобретённые ранее знания. Хорошо: Студент должен ответить на 85-76% заданных вопросов, раскрыть содержание материала в объеме программы дисциплины, в основном правильно дать основные определения и понятия предмета. При ответе могут быть</p>

	по данной теме.	<p>допущены неточности, нарушения последовательности изложения, а также могут быть небольшие неточности при выводах и использовании терминов, практические навыки нетвёрдые.</p> <p>Удовлетворительно: Студент должен ответить на 75-60% заданных вопросов, усвоить основное содержание материала в объеме программы дисциплины. При ответе определения и понятия даны нечётко, допущены ошибки в выводах, практические навыки слабые.</p> <p>Неудовлетворительно: Студент ответил на 59-0% заданных вопросов, не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, основное содержание учебного материала не раскрыто. При ответе допущены грубые ошибки в определениях, не даны ответы на дополнительные вопросы преподавателя, отсутствуют навыки решения стандартных задач в области данной дисциплины.</p>
--	-----------------	---

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Текущий (Защита практических работ 1, 2, 3)	<p>Практическая работа № 1.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. В чем заключается суть метода наименьших квадратов? 2. Какова особенность оценок, полученных с помощью метода наименьших квадратов? 3. В каких случаях можно применять метод наименьших квадратов? 4. Как можно оценить погрешность параметров зависимости, аппроксимированной прямой линией, если эти параметры получены методом наименьших квадратов? 5. Какая функция называется целевой функцией? 6. Необходимое условие существования минимума одномерной функции. <p>Практическая работы № 2.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. В чем суть классического подхода к решению задач нахождения экстремума функций одной переменной? 2. Метод золотого сечения. Постановка задачи. 3. Какие функции называются унимодальными. 4. Что называется золотым сечением отрезка? 5. Каковы условия окончания минимума в методах перебора и золотого сечения? 6. Теорема Вейерштрасса. 7. Определите точки золотого сечения на интервале $(-1; 5)$. <p>Практическая работа № 3.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Алгоритм метода перебора. 2. Сравнить методы одномерной оптимизации. 3. Свойства унимодальной функции. 4. Как определить величину шага, если задана точность. 5. Как из задачи минимизации сделать задачу максимизации?

	6. Какие из методов оптимизации функций одной переменной являются в целом более эффективными?
Текущий (Защита практических работ 4, 5)	<p>Практическая работа № 4.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сформулировать общую схему нахождения экстремума функций многих переменных при помощи численных методов. 2. Метод координатного спуска и его реализация для функций многих переменных. 3. Чем метод наискорейшего спуска отличается от градиентного спуска? 4. Сравнить методы многомерной оптимизации. 5. Куда направлен антиградиент? 6. Что такое линия уровня? 7. Что показывает модуль градиента? <p>Практическая работа № 5.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Метод наискорейшего координатного спуска, в чем его суть? 2. Что такое градиент функции? Что он характеризует? 3. Что такое эффект оврагов? 4. Как определить модуль градиента? Что он определяет? 5. Условия окончания поиска в градиентных методах. 6. Сравнить методы многомерной оптимизации. 7. Как осуществляется поиск очередной точки траектории спуска в методе наискорейшего спуска?
Промежуточный (Зачет)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие оптимизации и ее применение. 2. Постановка экстремальной задачи. 3. Основные определения (глобальный экстремум, локальный экстремум). 4. Теорема Вейерштрасса. 5. Условия оптимальности 6. Безусловная и условная оптимизация проектных решений. 7. Метод наименьших квадратов. Понятие нормы 8. Метод Лагранжа для задач с ограничениями типа равенств. 9. Решение задач одномерной оптимизации методом производной. 10. Метод перебора (сканирования) 11. Унимодальные и мультимодальные целевые функции. 12. Метод золотого сечения. 13. Метод квадратичной интерполяции. 14. Покоординатный спуск 15. Градиентный метод поиска оптимальных решений (общий случай). 16. Метод конфигурации (Хука-Дживса). 17. Метод Гаусса - Зейделя. 18. Метод наискорейшего спуска. 19. Симплекс-метод. 20. Метод Ньютона.
Промежуточный (Экзамен)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Экстремальные задачи. Определения. 2. Разрешимость задачи оптимизации 3. Необходимые и достаточные условия локального экстремума 4. Отыскание наибольшего и наименьшего значений 5. Унимодальные и мультимодальные целевые функции. 6. Метод перебора. 7. Методы сокращения отрезка поиска 8. Метод деления отрезка пополам (дихотомии) 9. Метод золотого сечения 10. Метод Ньютона (для функции одной и многих переменных). 11. Метод квадратичной интерполяции. 12. Метод Гаусса - Зейделя. 13. Градиентные методы. 14. Метод Хука-Дживса.

	15. Метод наискорейшего спуска. 16. Симплекс-метод. 17. Условная оптимизация функции многих переменных. Метод Лагранжа. Условия Куна-Такера. 18. Задачи оптимизации с ограничениями в форме равенств и неравенств. Штрафные и барьерные функции. Метод штрафных функций. 19. Метод барьерных функций или метод внутренних штрафных функций. 20. Постановка задачи линейного программирования 21. Графический метод решения задачи линейного программирования 22. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования 23. Транспортная задача линейного программирования. 24. Решение транспортной задачи методом потенциалов 25. Целочисленное (дискретное) линейное программирование. 26. Основные понятия вариационного исчисления 27. Функционал. Вариации функции. Вариации функционала. 28. Необходимое условие экстремума функционала 29. Вариационные задачи с подвижными границами. 30. Вариационные задачи на условный экстремум.
--	--

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Певзнер, Л. Д. Практикум по математическим основам теории систем [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению 220200 "Автоматизация и упр." / Л. Д. Певзнер СПб. : Лань , 2013

2. Журавлёв, С. Ю. Методы оптимизации : учебно-методическое пособие / С. Ю. Журавлёв. — Красноярск : КрасГАУ, 2014. — 132 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90819>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Певзнер, Л. Д. Практикум по математическим основам теории систем [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению 220200 "Автоматизация и упр." / Л. Д. Певзнер СПб. : Лань , 2013

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в	Библиографическое описание
---	----------------	------------------------	----------------------------

		электронной форме	
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах : учебное пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1887-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/67460 — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Крутиков, В. Н. Методы оптимизации : учебное пособие / В. Н. Крутиков, В. В. Мишечкин. — 2-е изд., доп и перераб. — Кемерово : КемГУ, 2019. — 106 с. — ISBN 978-5-8353-2437-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/135233 — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Струченков, В. И. Методы оптимизации в прикладных задачах : учебное пособие / В. И. Струченков. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2009. — 320 с. — ISBN 978-5-91359-061-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/13781 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Власов, В. А. Методы оптимизации и оптимального управления : учебное пособие / В. А. Власов, А. О. Толоконский. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2013. — 88 с. — ISBN 978-5-7262-1806-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/75855 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Лесин, В. В. Основы методов оптимизации : учебное пособие / В. В. Лесин, Ю. П. Лисовец. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 344 с. — ISBN 978-5-8114-1217-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/86017 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. PTC-MathCAD(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	812 (3б)	Мультимедийное оборудование: проектор, интерактивная доска, персональный компьютер
Лекции	815 (3б)	Мультимедийное оборудование: проектор, интерактивная доска, персональный компьютер