

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

А.А. Каракозов

(подпись)

« 31 » марта 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.07 Методы оптимального управления

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки:

27.04.03 Системный анализ и управление

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность (профиль):

Системный анализ и управление

(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа:

магистратура

(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения:

очная, заочная

(очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения:	Очная	Заочная
Семестр(ы)	3	4
Общая трудоёмкость в з.е./часах	4/144	4/144
Контактная работа (час.), в том числе:	72	24
лекции (час.)	34	8
лабораторные работы (час.)	34	10
практические (семинарские) занятия (час.)		
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	27	84
курсовой проект (работа) (семестр/час.)		
Контроль (экзамен, час./зачёт)	экзамен, 45	экзамен, 36

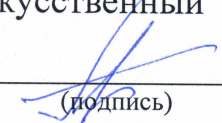
Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Методы оптимального управления» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 27.04.03 Системный анализ и управление (Направленность (профиль) – Системный анализ и управление) для 2023 года приёма по очной и заочной форм обучения.

Составитель:

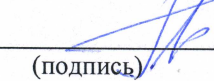
Зав. кафедры «Прикладная математика и искусственный

интеллект», доктор техн. наук, проф.

 Павлыш В.Н.
(подпись)

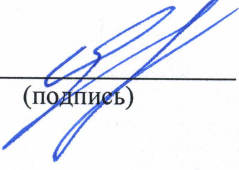
Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Прикладная математика и искусственный интеллект».

Протокол от « 15 » марта 20 23 года № 8

Заведующий кафедрой  В. Н. Павлыш
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 27.04.03 Системный анализ и управление.

Протокол от « 15 » марта 20 23 года № 2

Председатель  Ю. К. Орлов
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Прикладная математика и искусственный интеллект».

Протокол от « ____ » ____ 20__ года № ____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Согласовано с выпускающей кафедрой «Прикладная математика и искусственный интеллект».

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает вопросы: систематического изучения процессов управления, которые имеют фундаментальное теоретическое значение и используются как основы в математических моделях в природоведении, технике и экономике, с помощью современных аналитических средств.

Целью дисциплины является: формирование у студентов углубленных профессиональных знаний в области теории оптимального управления.

В результате освоения дисциплины студент должен

знать базовую терминологию, которая относится к теореме оптимального управления; постановку задачи оптимальной стабилизации линейных и нелинейных систем; общий вид уравнения Беллмана и его отдельные случаи для задач быстрогодействия и линейно-квадратичной задачи оптимального управления; постановку задачи нахождения оптимального управления на основе принципа максимума Понтрягина: гамильтониан, связанные переменные, краевая задача принципа максимума, условия трансверсальности, основная теорема принципа максимума Понтрягина; принцип максимума для оптимальности по быстроддействию, оптимальное по быстроддействию управления линейными объектами, теорема Фельдбаума.

уметь находить оптимальное управление методом динамического программирования Беллмана для дискретных систем; находить решение задачи оптимальной стабилизации в линейно-квадратичной задаче оптимального управления с постоянными коэффициентами; складывать гамильтониан и связанную систему в общем случае; устанавливать вероятностное число точек переключения управления в задаче быстрогодействия; практически определить в задаче быстрогодействия оптимальное управление и оптимальную траекторию; определить какой из подходов к задаче оптимального управления следует использовать в конкретном случае.

владеть навыками эффективного поиска информации: использование различных источников, включая электронные; вырабатывать собственные знания путем самостоятельного решения обучающимися большого числа практических задач, выполнения СРС, разработки проектов и презентаций.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла (УК-2);
- способен формулировать задачи управления в технических системах и обосновывать методы их решения (ОПК-2);
- способен решать задачи системного анализа и управления в технических системах на базе последних достижений науки и техники (ОПК-3);

- способен применять методы математического, функционального и системного анализа для решения задач моделирования, исследования и синтеза автоматического управления техническими объектами (ОПК-6);
- способен разрабатывать новые и развивать существующие требования к качеству систем, разрабатывать методы его обеспечения (ПК-2);
- способен оценивать спрос заинтересованных лиц по потребности в информационно-технической инфраструктуре, обеспечивающей поддержку разработки и сопровождения требований к системам (ПК-6).

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана.

Базируется на знаниях, умениях и навыках, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин программы бакалавриата по укрупненной группе 27.00.00.

Знания, умения и навыки, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при прохождении учебной или производственной практики, прохождении государственной итоговой аттестации.

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование темы (содержательных модулей)	Количество часов (очная/ заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Лабор	Практ. (Семина.).	СР
Тема 1. Основные понятия вариационного исчисления. Примеры содержательных задач про поиск экстремумов.	16/15	4/1	4/1		2/10
Тема 2. Необходимые условия экстремумов. Элементы дифференциального исчисления в линейных нормированных пространствах.	17/16	4/1	4/1		4/10
Тема 3. Основная задача вариационного исчисления. Необходимые условия экстремумов в простой задаче.	15/16	4/1	4/2		4/10
Тема 4. Вариационная задача с незакрепленными границами. Однопараметрическое семейство	15/17	4/2	4/2		4/12

допустимых функций.					
Тема 5. Вариационная задача для случая многих неизвестных функций.	19/18	6/1	6/2		4/10
Тема 6. Задача об оптимальном быстродействии.	20/19	6/2	6/2		4/16
Тема 7. Принцип Вейерштрасса и принцип максимума в теории оптимального управления.	20/17	6/0	6/0		5/16
Курсовая работа (проект)	0/0				0/0
Итого по видам занятий	95/102	34/8	34/10	0	27/84
Контактная работа (дополнительная)	4/6				
Контроль	45/36				
ИТОГО:	144				

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на формирование компетенции
УК-2	Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6
ОПК-2	Темы 1, 2, 6
ОПК-3	Темы 1, 2, 6
ОПК-6	Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6
ПК-2	Тема 4, 5, 6, 7
ПК-6	Тема 6, 7

3.2 Лекции

Тема 1. Основные понятия вариационного исчисления. Примеры содержательных задач про поиск экстремумов.

Содержание темы 1:

Типовые формализованные задачи вариационного исчисления. Основные понятия и определения. Линейные функционалы в линейных нормированных пространствах. Общая постановка задачи вариационного исчисления. Классификация экстремумов.

Литература к теме 1: [1, 2]

Тема 2. Необходимые условия экстремумов. Элементы дифференциального исчисления в линейных нормированных пространствах.

Содержание темы 2:

Примеры функционалов, которые сильно дифференцируются. Сильная дифференцируемость функционала классического вариационного исчисления. Условия экстремума функционалов в линейных нормированных пространствах.

Литература к теме 2: [1, 2]

Тема 3. Основная задача вариационного исчисления. Необходимые условия экстремумов в простой задаче.

Содержание темы 3:

Основные леммы вариационного исчисления. Уравнение Эйлера. Экстремали в регулярной и сингулярной ситуациях. Случаи упрощения уравнения Эйлера.

Литература к теме 3: [1, 2]

Тема 4. Вариационная задача с незакрепленными границами.

Однопараметрическое семейство допустимых функций.

Содержание темы 4:

Обобщение простой задачи вариационного исчисления. Первый дифференциал по параметру. Условия трансверсальности. Разрывные задачи. Условия Вейерштрасса–Эрдмана. Задачи с ограничениями. Односторонние задачи.

Литература к теме 4: [1, 2]

Тема 5. Вариационная задача для случая многих неизвестных функций.

Содержание темы 5:

Простая вариационная задача с n неизвестными. Каноническая форма системы дифференциальных уравнений Эйлера. Обобщение простой вариационной задачи для случая n неизвестных. Сильный относительный экстремум.

Литература к теме 5: [1, 2, 3]

Тема 6. Задача об оптимальном быстродействии.

Содержание темы 6:

Оптимальное быстродействие. Связь задач оптимального быстродействия и минимизации интегральных функционалов. Достаточное условие экстремума в задаче Лагранжа. Линейное оптимальное быстродействие. Синтез оптимального быстродействия.

Литература к теме 6: [1, 2]

Тема 7. Принцип Вейерштрасса и принцип максимума в теории оптимального управления.

Содержание темы 7:

Принцип Вейерштрасса – необходимое условие экстремума. Постановка задачи. Доказательство принципа Вейерштрасса. Принцип максимума и его соотношение с принципом Вейерштрасса.

Литература к теме 7: [1, 2, 3, 4]

3.3 Практические (семинарские) занятия

В учебном плане не запланировано.

3.4 Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час. очн/заочн	Литература
1	Экстремум функции двух переменных.	8/2	[1, 2, 4, 5]
2	Экстремум функции многих переменных.	8/2	[1, 2, 4, 5]
3	Вариационное исчисление.	9/3	[2, 4, 5]
4	Экстремум функционала.	9/3	[2, 4, 5]
ИТОГО:		34/10	

3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн/заочн
1	Изучение лекционного материала	19/44
2	Подготовка к практическим занятиям	0/0
3	Подготовка к лабораторным работам	8/40
4	Выполнение курсового проекта	0/0
5	Выполнение курсовой работы	0/0
6	Выполнение индивидуального задания	0/0
ИТОГО:		27/84

3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовой проект (работа) учебным планом не запланирован.

Индивидуальное задание [6] в 3 семестре предусмотрено в виде решения задач оптимального управления с помощью максимума. Студент должен ознакомиться с теоретическим материалом, и решить задачу своего варианта согласно номера по списку группы. Работа должна быть выполнена 14 шрифтом Times New Roman через 1,5 интервал (поля – 2 см, отступ – 1,25). Для выполнения самостоятельной работы необходимо пользоваться литературой, которая предложена в списке рекомендуемой литературы, Интернет-ресурсами или другими источниками по усмотрению студента. Тема индивидуального задания «Решения задач оптимального управления с помощью принципа максимума». Объем индивидуально задания – 9 часов.

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, неточные и неаргументированные ответы на вопросы. Допущено много грубых ошибок. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;

- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе ;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой опыт.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Не может выполнить задания;
- минимальный уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач на пороговом уровне. Задания выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач. Задания выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, иногда допуская незначительные погрешности;
- высокий уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, при необходимости демонстрируя творческий подход.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: на нулевом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;

- минимальный уровень: на минимальном уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- пороговый уровень: на пороговом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- средний уровень: на среднем уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- продвинутый уровень: на продвинутом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на высоком уровне;
- высокий уровень: на высоком уровне сформированы все составляющие компетенций.

4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

Перечень теоретических вопросов, выносимых на экзамен по дисциплине «Методы оптимального управления»:

1. Простейшая задача вариационного исчисления.
2. Необходимое условие экстремума функционала.
3. Обобщение уравнения Эйлера.
4. Вариационные задачи на условный экстремум.
5. Вариационные задачи с подвижными границами.
6. Экстремаль и трансверсаль.
7. Принцип максимума.
8. Принцип максимума в задаче о предельном быстродействии.
9. Обсуждение принципа максимума.
10. Принцип максимума в задачах с подвижными границами.
11. Задачи с фиксированным временем.
12. Принцип максимума для неавтономных систем.

Пример экзаменационного билета:

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

Уровень высшего профессионального образования:	магистратура (бакалавриат, специалист, магистратура)
Направление подготовки:	27.04.03 Системный анализ и управление (код, название)
Магистерская программа:	Системный анализ и управление (название)
Семестр:	3
Учебная дисциплина:	Методы оптимального управления

БИЛЕТ № 1

1. Необходимое условие экстремума функционала.
2. $\int_0^T \left(\frac{x^4}{4} - x \right) dt \rightarrow \inf; T$ фиксировано, $x(0) = 0, x(T) = \xi$.

Утверждено на заседании кафедры	«Прикладная математика и искусственный интеллект» (наименование кафедры полностью)	
Протокол	№ 1 от 30 августа 2023 года	
Зав. кафедрой	(подпись)	Павлыш В.Н. (Ф.И.О.)
Экзаменатор	(подпись)	Павлыш В.Н.. (Ф.И.О.)

КРИТЕРИИ**оценивания экзаменационной работы**

по дисциплине «Методы оптимального управления»

для обучающихся по направлению 27.04.03 Системный анализ и управление
(магистерская программа – Системный анализ и управление)

Экзамен проводится письменно по билетам. Билет содержит 2 вопроса, каждый из которых требует конкретного ответа. При необходимости отвечающий должен сопроводить написанное поясняющей схемой (рисунком)

Вопросы охватывают теоретическую часть курса, а также требуют демонстрации практических навыков, полученных студентом в ходе лабораторных работ.

Ответ на первый вопрос оценивается в двадцать баллов. Если ответ не полный, то он оценивается в десять баллов. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос обучающийся получает ноль баллов. Ответ на второй вопрос оценивается в тридцать баллов. Если ответ не полный, то он оценивается в пятнадцать баллов. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос обучающийся получает ноль баллов. Полученные баллы за ответы на вопросы билета суммируются и с учётом результатов текущего контроля работы студента выводится итоговая оценка по 100-балльной шкале.

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS.

Утверждено на заседании кафедры «Прикладная математика и искусственный интеллект»,
протокол № ____ от __. __. 20__ г.
Заведующий кафедрой _____ Павлыш В.Н

4.3 Критерии оценивания

Оценивание уровня освоения студентом учебного материала дисциплины «Методы оптимального управления» производится в ходе текущего контроля и

промежуточной аттестации (семестрового контроля).

Текущий контроль знаний студента очной формы обучения осуществляется по результатам лабораторных работ; студента заочной формы обучения – по результатам выполнения контрольной работы.

Выполнение заданий на лабораторных занятиях, выполнение индивидуального задания (контрольной работы), предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием допуска студента к экзамену.

Распределение баллов текущего контроля работы студента на протяжении семестра приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение баллов текущего контроля

Форма контроля	Возможное количество баллов	Примечание
Для студентов очной формы обучения		
Отчёт по лабораторной работе	10	Задание выполнено правильно, математические выкладки верны, получен верный ответ.
	5	Задание выполнено в целом правильно, математические выкладки с ошибками, возникли трудности в объяснении полученных результатов
Итого по лабораторным работам (максимально возможное)	40	Из расчёта четырех лабораторных работ.
Выполнение индивидуального задания	10	При выполнении задания приняты правильные решения, изложение материала аргументированное, последовательное, работа оформлена грамотно
	5	Задание выполнено в целом правильно, решения не всегда обоснованы, имеются замечания по оформлению работы
ИТОГО:	50	Максимально возможное
Для студентов заочной формы обучения		
Отчёт по лабораторной работе	10	Задание выполнено правильно, математические выкладки верны, получен верный ответ.
	5	Задание выполнено в целом правильно, математические выкладки с ошибками, возникли трудности в объяснении полученных результатов
Итого по лабораторным работам (максимально возможное)	40	Из расчёта четырех лабораторных работ.
Выполнение индивидуального	10	При выполнении задания приняты правильные решения, изложение

Форма контроля	Возможное количество баллов	Примечание
задания		материала аргументированное, последовательное, работа оформлена грамотно
	5	Задание выполнено в целом правильно, решения не всегда обоснованы, имеются замечания по оформлению работы
ИТОГО:	50	Максимально возможное

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена. Форма проведения экзамена – письменная. Экзаменационный билет включает в себя 1 теоретический вопрос и 1 практический. При оценивании студента на экзамене преподаватель руководствуется критериями, приведенными в таблице 2.

Максимальное количество баллов за ответ на вопрос экзаменационного билета засчитывается студенту в случае, если ответ подтверждает владение студентом знаниями в полном объеме учебной программы, материал изложен в логической последовательности с выделением главного, содержит точные формулировки, сопровождается иллюстрирующими схемами и рисунками (при необходимости).

В случае, если ответ на вопрос не в полной мере отвечает приведенным требованиям, студенту засчитывается количество баллов, равное половине от общей суммы вопроса. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос студент получает 0 баллов.

Таблица 2 – Распределение баллов по семестровому экзамену

Форма контроля		Максимально возможное количество баллов
Ответ на вопросы экзаменационного билета	вопрос 1	20
	вопрос 2	30
ИТОГО:		50

Итоговая оценка определяется путем суммирования количества баллов по результатам текущего контроля и количества баллов по результатам семестрового экзамена. **Максимально возможное количество баллов – 100.**

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично
80-89	B	Хорошо
75-79	C	
70-74	D	
60-69	E	Удовлетворительно
35-59	FX	Неудовлетворительно

Сумма баллов по 100-бальной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
0-34	F*	

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

4.4 Пример текущего опроса на лабораторных работах

На примере темы «Экстремум функции многих переменных»:

1. Определение функции нескольких переменных?
2. Что является областью определения функции двух переменных?
3. Что такое частное приращение функции нескольких переменных?
4. Область определения, множество значений?

4.5 Курсовое проектирование

Учебным планом курсовое проектирование не запланировано.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I. Основная литература

1. Оптимальное управление в технических системах. Практикум : учебное пособие / Е. А. Балашова, Ю. П. Барметов, В. К. Битюков, Е. А. Хромых ; под редакцией В. К. Битюков. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. — 288 с. — ISBN 978-5-00032-307-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/74014.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Жуковская, Т. В. Высшая математика в примерах и задачах в 2 частях. Ч.2 : учебное пособие / Т. В. Жуковская, Е. А. Молоканова, А. И. Урусов. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. — 160 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92664.html>

3. Жуковская, Т. В. Высшая математика в примерах и задачах. В 2 частях. Ч.1 : учебное пособие / Т. В. Жуковская, Е. А. Молоканова, А. И. Урусов. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 129 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/85954.html>

II. Дополнительная литература

4. Высшая математика [Электронный ресурс] : практикум для обучающихся образовательных учреждений высшего профессионального образования / Я.В. Зиновьева, В.С. Прач, С.А. Руссиян и др. ; ГОУВПО "ДОННТУ". - 4 Мб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2019. - 1 файл. - Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/20/cd10108.pdf>- Загл. с экрана.

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

5. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Методы оптимального управления» [Электронный ресурс]: для обучающихся по направлениям подготовки 27.04.03 "Системный анализ и управление" магистерской программы "Системный анализ и управление" всех форм обучения / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. искусств. интеллекта и систем. анализа ; [сост.: А. С. Миненко, В. Н. Павлыш]. - 1 Мб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2020. - <http://ed.donntu.ru/books/21/m6271.pdf>

6. Методические рекомендации к самостоятельной работе студентов по дисциплине «Методы оптимального управления»: для обучающихся по направлениям подготовки 27.04.03 «Системный анализ и управление», магистерская программа «Системный анализ и управление» всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. искусственного интеллекта и системного анализа; сост.: А.С. Миненко, В.Н. Павлыш. – Донецк: ДОННТУ, 2020. – 18 с. (доступ через личный кабинет студента).

Электронно-информационные ресурсы

Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ» – <http://www.intuit.ru/>
ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.org/library>

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Учебная аудитория №11.405, учебный корпус 11, для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированная мебель: доска аудиторная, парты, столы. Оборудование: мобильный компьютер на базе процессора Intel Core с модулем Wi-Fi – ноутбук; маршрутизатор Wi-Fi TP-LINK 54Mbps. Демонстрационные стенды и плакаты. Adobe Acrobat Reader DC (бесплатная лицензия); Mathcad 15 (бесплатная лицензия); Matlab R2015b (бесплатная лицензия); Microsoft Office 2007 Professional (бесплатная лицензия) WinDjView (бесплатная лицензия); Мультимедийный проектор, экран.

2. Учебная аудитория №11.412, учебный корпус 11, для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированная мебель: доска аудиторная, парты, столы. Оборудование: Стационарные компьютеры на базе iP4-3.0; маршрутизатор Wi-Fi TP-LINK 54Mbps. Демонстрационные стенды и плакаты. Операционная система Microsoft Windows 7 Prof and Prof K (лицензия MSDN AA и Vmware AP); 7-zip (бесплатная лицензия); Access 2003 (лицензия MSDN AA и Vmware AP); Adobe Acrobat Reader DC (бесплатная лицензия); Mathcad 15 (бесплатная лицензия); Matlab R2015b (бесплатная лицензия); Мультимедийный проектор, экран.

3. Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3

(Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электроннобиблиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL.