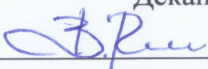


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФМАТ

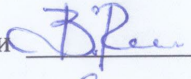
 / В.И. Ряжских /
«12» апреля 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТОВ»**

Направление подготовки 15.03.06 – Мехатроника и робототехника
Профиль Промышленные роботы и робототехнические системы
Квалификация выпускника Бакалавр
Нормативный период обучения 4 года
Форма обучения Очная
Год начала подготовки – 2023

Автор программы  / А.А. Хвостов /

Заведующий кафедрой
прикладной математики и механики  / В. И. Ряжских /

Руководитель ОПОП  / В.Ф. Селиванов /

Воронеж 2023

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФМАТ

_____ / В.И. Ряжских /

«__»_____ 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТОВ»**

Направление подготовки 15.03.06 – Мехатроника и робототехника

Профиль Промышленные роботы и робототехнические системы

Квалификация выпускника Бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения Очная

Год начала подготовки – 2023

Автор программы _____ / А.А. Хвостов /

Заведующий кафедрой
прикладной математики и механики _____ / В. И. Ряжских /

Руководитель ОПОП _____ / В.Ф. Селиванов /

Воронеж 2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов теоретических знаний, практических навыков по вопросам, касающимся математического моделирования промышленных роботов и робототехнических систем.

1.2. Задачи освоения дисциплины

1) ознакомление с основами процесса математического моделирования; 2) изучение методов математического моделирования основных подсистем робототехнической системы; 3) изучение методов моделирования робототехнических систем на графах; 4) получение практических навыков в применении методов математического моделирования робототехнических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Моделирование роботов» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Моделирование роботов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-4 – Способность производить 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.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	Знает принципы построения математических моделей робототехнических систем.
	Умеет применять методы построения математических моделей робототехнических систем.
	Владеет методами построения математических моделей робототехнических систем, в том числе с применением ПК.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Принятие решений и управление в машиностроении» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		2			
Аудиторные занятия (всего)	72	72			
В том числе:					
Лекции	36	36			
Практические занятия (ПЗ)	36	36			
Лабораторные работы (ЛР)	-	-			
Самостоятельная работа	108	108			
Курсовой проект	-	-			
Контрольная работа	-	-			
Вид промежуточной аттестации – зачет	зачёт	зачёт			
Общая трудоемкость час	180	180			
	зач. ед.	5			

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Эмпирические математические модели	Введение. Классификация математических моделей. Методы синтеза эмпирических математических моделей. Сущность подхода «чёрный ящик». Метод наименьших квадратов.	4	4	-	12	24
2	Линейные динамические системы	Теория динамических систем. Преобразование Лапласа. Передаточные функции. Типовые динамические звенья. Аппроксимация экспериментальных данных.	4	4	-	12	24
3	Математические модели с сосредоточенными параметрами	Общий подход к разработке математических моделей с сосредоточенными параметрами. Разработка математических моделей с сосредоточенными параметрами на примере тепловых и гидродинамических систем.	4	4	-	12	24
4	Математические модели с распределенными параметрами	Общий подход к разработке математических моделей с распределенными параметрами. Уравнения математической физики. Разработка математических моделей с сосредоточенными параметрами на примере тепловых систем.	6	6	-	18	36
5	Принятие решений и сетевое планирование в машиностроении	Основы теории графов. Деревья принятия решений. Сетевые графики. Метод критического	4	4	-	16	24

		пути. Оптимизация сетевого графика. График Ганта.					
6	Оптимизация производственных процессов в машиностроении	Постановка задачи линейного программирования применительно к робототехническим системам. Графический метод решения задачи линейного программирования. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования.	6	6	-	18	30
7	Оптимальные логистические решения в машиностроении	Решение транспортной задачи линейного программирования. Задача о назначениях. Оптимизационные задачи на графах. Задача нахождения наикратчайшего пути. Задача определения максимального потока. Задача единого среднего. Задача коммивояжера. Метод ветвей и границ. Задача коммуникационной сети минимальной длины. Задача охвата.	8	8	-	20	54
Итого			36	36	-	108	180

5.2 Перечень практических работ

очная форма обучения

№ п/п	Наименование практической работы	Содержание	Количество часов
1	Разработка эмпирической математической модели на основе линейной зависимости	Обработка экспериментальных данных. Выбор структуры математической модели. Определение параметров математической модели методом наименьших квадратов. Оценка ошибок расчётов.	2
2	Разработка эмпирической математической модели на основе нелинейной зависимости	Обработка экспериментальных данных. Выбор нелинейной структуры математической модели. Линеаризация зависимости. Определение параметров математической модели методом наименьших квадратов. Оценка ошибок расчётов.	2
3	Линейные динамические системы	Определение передаточной функции объекта для заданной структурной схемы и известных передаточных функций элементов системы. Вычисление временных характеристик и исследование отклика системы.	2
4	Оценка параметров динамической системы по экспериментальным данным	Выбор структуры передаточной функции по виду графика экспериментальных данных. Оценка параметров передаточной функции и оценка ошибок расчётов.	4
5	Математические модели с сосредоточенными параметрами тепловых систем	Выбор структуры математической модели тепловой системы на основе постановки задачи. Вычисление зависимости, описывающей изменение заданного параметра.	2
6	Математические модели с сосредоточенными параметрами гидродинамических систем с протекающей химической реакцией	Выбор структуры математической модели гидродинамической системы на основе постановки задачи. Вычисление зависимости, описывающей изменение заданного параметра.	2
7	Математические модели с распределёнными параметрами тепловых систем	Выбор структуры математической модели тепловой системы на основе постановки задачи. Решение задачи методом Фурье.	4
8	Математические модели с распределёнными параметрами тепловых систем	Выбор структуры математической модели тепловой системы на основе постановки задачи. Решение задачи методом сеток.	4
9	Анализ и синтез оптимального плана производства на основе решения задачи	Основы теории графов. Построение матриц смежности и инцидентности. Построение и анализ сетевого графика работ, дерева принятия решений. Оценка стоимостных и временных характеристик производства.	2

	линейного программирования.		
10	Разработка оптимального плана машиностроительного производства и распределения работ на производстве.	Решение задачи оптимизации машиностроительного производства как задачи линейного программирования. Решение задачи линейного программирования графическим и симплекс методом. Решение задачи о назначениях.	4
11	Синтез оптимального плана перемещения материальных ресурсов на машиностроительном производстве.	Решение транспортной задачи линейного программирования. Задача коммивояжера.	4
12	Разработка оптимальных маршрутов перемещения ресурсов на машиностроительном производстве.	Решение задач оптимизации на графах. Задача нахождения кратчайшего пути. Задача определения максимального потока. Задача коммуникационной сети минимальной длины. Задача единого среднего. Задача охвата.	4

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Учебным планом не предусмотрено выполнение курсовых проектов и контрольных работ.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-4	Знает принципы построения математических моделей робототехнических систем.	Активная работа на лабораторных занятиях, ответ на не менее половины заданных в процессе опроса вопросов	Выполнение лабораторных работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение лабораторных работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Умеет применять методы построения математических моделей робототехнических систем.	Решение стандартных практических задач.	Выполнение лабораторных работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение лабораторных работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	Владет методами построения математических моделей робототехнических систем, в том числе с применением ПК.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области.	Выполнение лабораторных работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение лабораторных работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
--	---	---	--	--

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 2 семестре для очной формы обучения и в 8 семестре для заочной формы обучения по системе:

«зачтено»;

«не зачтено».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-4	Знает принципы построения математических моделей робототехнических систем.	Решение практических задач. Ответы на вопросы.	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы.	Задачи не решены. Нет ответов на поставленные вопросы
	Умеет применять методы построения математических моделей робототехнических систем.	Решение стандартных практических задач. Ответы на вопросы.	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Задачи не решены. Нет ответов на поставленные вопросы
	Владет методами построения математических моделей робототехнических систем, в том числе с применением ПК.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области. Ответы на вопросы.	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Задачи не решены. Нет ответов на поставленные вопросы

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Модель это

- а) физический или абстрактный образ моделируемого объекта, удобный для проведения исследований и адекватно отражающий свойства и характеристики объекта
- б) алгоритм функционирования моделируемого объекта, отражающий свойства и характеристики объекта
- в) образ моделируемого объекта, качественно верно описывающий свойства и характеристики объекта

2. Предметная модель

- а) имеет ту же физическую природу, что и объект моделирования
- б) может иметь иную физическую природу
- в) носит абстрактный характер

3. Математическая модель это

- а) совокупность отношений между математическими объектами, адекватно отражающих свойства и характеристики объекта
- б) совокупность математических объектов и отношений между ними, адекватно отражающих свойства и характеристики объекта**
- в) совокупность графических объектов и отношений между ними, адекватно отражающих свойства и характеристики объекта

4. Структура модели это

- а) неупорядоченное множество элементов и их отношений
- б) упорядоченное множество элементов
- в) упорядоченное множество элементов и их отношений**

5. Внутренним параметром модели технической системы может быть

- а) масса, плотность, расход**
- б) входное воздействие
- в) погрешность расчётов

6. По степени абстрагирования математические модели делят на

- а) теоретические и экспериментальные
- б) детерминированные и вероятностные
- в) микроуровневые, макроуровневые и метауровневые**

7. Модели макроуровня описываются

- а) графами
- б) уравнениями в частных производных
- в) обыкновенными дифференциальными уравнениями**

8. Модели микроуровня описываются

- а) графами
- б) уравнениями в частных производных**
- в) обыкновенными дифференциальными уравнениями

9. Модели метауровня описываются

- а) графами**
- б) уравнениями в частных производных
- в) обыкновенными дифференциальными уравнениями

10. В основе эмпирического метода лежит метод

- а) чёрного ящика**
- б) абстракции
- в) декомпозиции

11. Передачу тепла за счёт теплопроводности описывает

- а) закон Фурье
- б) закон Ньютона-Рихмана
- в) закон Ома

11. Передачу тепла за счёт конвекции описывает

- а) закон Фурье
- б) закон Ньютона-Рихмана
- в) закон Стефана-Больцмана

11. Передачу тепла за счёт излучения описывает

- а) закон Фурье
- б) закон Ньютона-Рихмана
- в) закон Стефана-Больцмана

12. Диссипативные свойства гидравлической системы определяются

- а) плотностью
- б) вязкостью
- в) давлением

13. Передаточная функция это

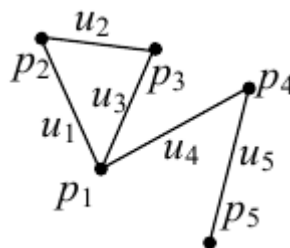
- а) отношение выхода системы к её входу при нулевых начальных условиях
- б) отношение изображения выхода системы к изображению входа при нулевых начальных условиях
- в) отношение изображения выхода системы к изображению входа

14. При последовательном соединении передаточные функции

- а) интегрируются
- б) перемножаются
- в) складываются

15. При параллельном соединении передаточные функции

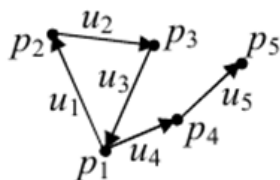
- а) интегрируются
- б) перемножаются
- в) складываются



16. Дан неориентированный граф для графа

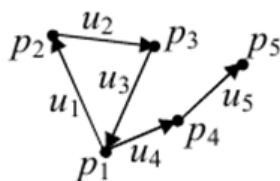
. Тогда матрица смежности

$$1) \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}; 2) \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}; 3) \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$



17. Дан ориентированный граф . Тогда матрица смежности графа

$$1) \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; 2) \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; 3) \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

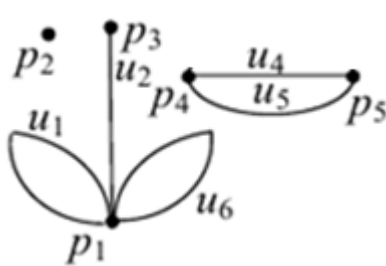
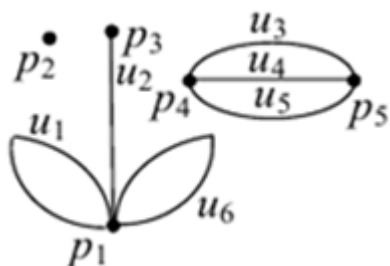


18. Дан ориентированный граф . Тогда матрица инцидентности графа

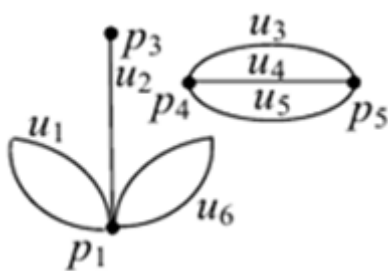
$$1) \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}; 2) \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}; 3) \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix}.$$

$$\begin{matrix} & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 & u_6 \\ \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} & \begin{matrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \\ p_5 \end{matrix} \end{matrix}.$$

19. Дана матрица инцидентности неориентированного графа. Тогда графическое представление неориентированного графа



1) ; 2) ;



3)

20. Изолированной вершиной называют:

- 1) Вершину, соединённую только с одной соседней вершиной;
- 2) Вершину, не соединённую ни с одной вершиной;
- 3) Вершину, соединённую только с двумя соседними вершинами;

21. Петлёй называют:

- 1) Ребро, концевые вершины которого совпадают;
- 2) Вершину, не соединённую ни с одной вершиной;
- 3) Вершину, соединённую только с двумя соседними вершинами;

22. Поставлена задача линейного программирования, описывающая производственные мощности машиностроительного производства

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 1 \\ 5x_1 + 5x_2 \leq 12 \\ 2x_1 - x_2 \leq 10 \\ 5x_1 + x_2 \geq 2 \end{cases} \quad F = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max. \text{ Решение задачи имеет вид}$$

$$F_{\max} = \frac{36}{7} \quad F_{\max} = \frac{36}{5} \quad F_{\max} = 12$$

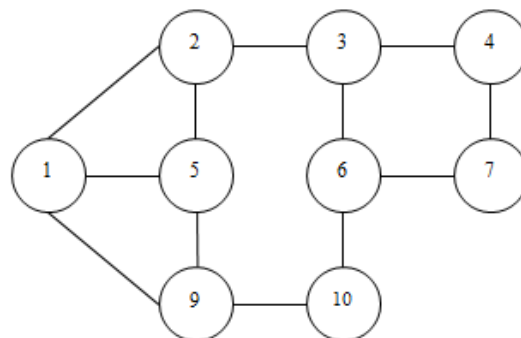
$$\begin{aligned} 1) \quad x_1^* &= 1 & ; \quad 2) \quad x_1^* &= 0 & ; \quad 3) \quad x_1^* &= 0 \\ x_2^* &= 1 & & x_2^* &= \frac{12}{5} & & x_2^* &= 1 \end{aligned}$$

23. Потребители и поставщики ресурсов в машиностроительном производстве описаны матрицей транспортной задачи линейного программирования

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	Запасы
A ₁	5	10	2	3	1	50
A ₂	6	2	3	2	7	100
A ₃	5	4	9	8	1	50
A ₄	6	3	3	2	8	150
Потребн.	90	60	70	80	50	

Тогда оптимальный план перемещения ресурсов будет

$$1) X = \begin{pmatrix} 50 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 40 & 60 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 50 \\ 0 & 0 & 70 & 80 & 0 \end{pmatrix}; 2) X = \begin{pmatrix} 50 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 60 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 50 \\ 0 & 0 & 70 & 80 & 0 \end{pmatrix}; 3) X = \begin{pmatrix} 50 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 40 & 60 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 50 \\ 0 & 0 & 70 & 70 & 0 \end{pmatrix}$$

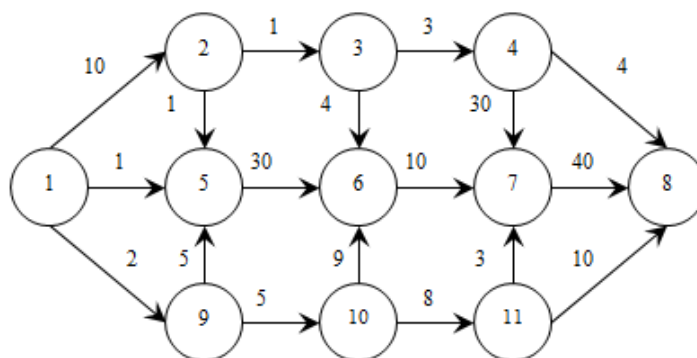


24. Дан неориентированный граф

. Тогда

кратчайший путь от 1 до 7 вершины.

1) 1-2-3-4-7; 2) 1-2-5-4-7; 3) 1-9-10-6-7



25. Дан ориентированный граф

Тогда кратчайший путь из 1 в 11 вершину

1) 1-5-6-7-11; 2) 1-2-3-6-10-11; 3) 1-9-10-11.

26. На три базы A_1, A_2, A_3 поступил очередной груз в количествах равных 140, 160, 120 ед. Этот груз требуется перевезти в четыре пунктов назначения B_1, B_2, B_3, B_4 в количествах 150, 90, 100, 80 ед. Тарифы перевозок представлена матрицей

$$C_{ij} = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 4 & 2 \\ 8 & 4 & 1 & 4 \\ 9 & 7 & 3 & 6 \end{bmatrix}.$$

Найдем опорный план данной транспортной задачи методом северо-западного угла.

$$1. X = \begin{bmatrix} 140 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 90 & 60 & 0 \\ 0 & 0 & 40 & 80 \end{bmatrix}, 2) X = \begin{bmatrix} 140 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 80 & 60 & 0 \\ 0 & 0 & 40 & 80 \end{bmatrix}, 3) X = \begin{bmatrix} 140 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 90 & 60 & 0 \\ 0 & 0 & 40 & 90 \end{bmatrix}$$

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

6 семестр

1. Имеются данные ($n=9$) о растворимости y натриевой селитры NaNO_3 на 100 г воды в зависимости от температуры x , $^{\circ}\text{C}$:

$x_i, ^{\circ}\text{C}$	0	4,0	10,0	15,0	21,0	29,0	35,0	51,0	68,0
y_i	65,2	73,0	76,3	80,6	87,6	92,9	101,5	115,5	125,1

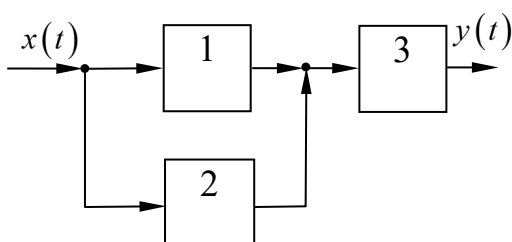
В предположении о линейной зависимости растворимости натриевой селитры y от температуры x , используя МНК, определить коэффициенты линейного уравнения регрессии. Найти относительную ошибку аппроксимации. Спрогнозировать значение растворимости натриевой селитры при температуре $x^* = 40,0$ $^{\circ}\text{C}$.

2. Имеются экспериментальные данные ($n=6$) о зависимости некоторой физической величины y от x :

x_i	1	2	3	4	5	6
y_i	1,0	1,5	3,0	4,5	7,0	8,5

В предположении о квадратичной зависимости y от x в виде уравнения (8), используя МНК, определить коэффициенты квадратичного уравнения регрессии. Найти относительную ошибку аппроксимации. Спрогнозировать значение функции отклика при значении входной переменной $x^* = 4,5$.

3. Дана структурная схема объекта моделирования



1 – апериодический устойчивый элемент с характеристиками $T_1 = 0,5$; $k_1 = 0,2$;

2 – интегрирующий элемент с характеристиками $k_2 = 0,1$;

3 – запаздывающий элемент с характеристиками $\tau_3 = 0,3$; $k_3 = 1$.

Входные сигналы: $x(t) = 1(t)$, $x(t) = \delta(t)$, $x(t) = \cos(t)$.

Получить:

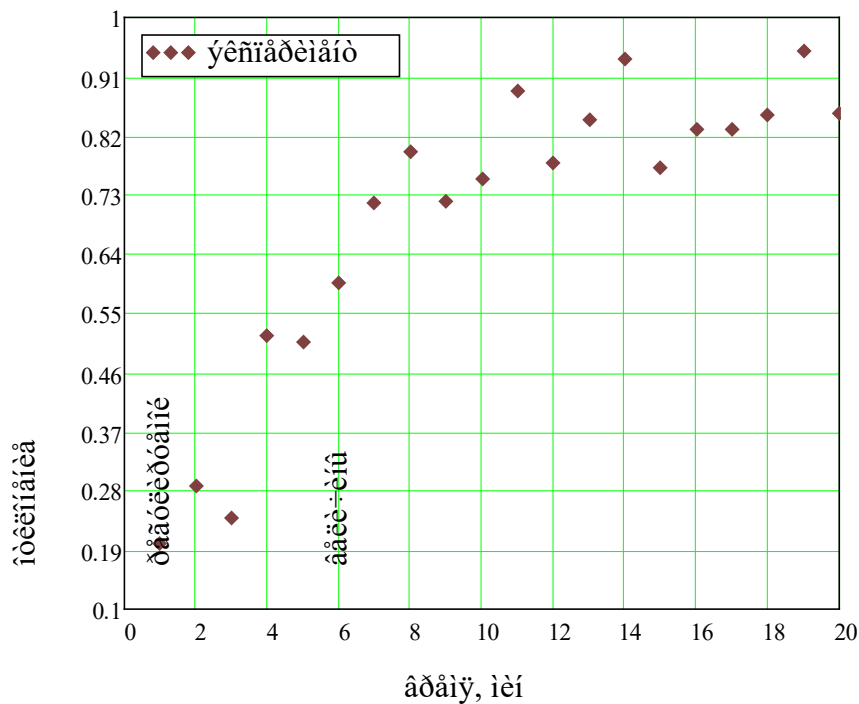
1. Математическое описание с помощью передаточных функций и найти оригинал изображения с помощью стандартных таблиц или Wolfram Alpha.

2. Построить график для $y(t)$ для заданных входных сигналов.

4. В контуре регулирования температуры в сборочном цеху необходимо определить передаточную функцию по каналу «расход воздуха из системы кондиционирования» - «температура в цеху». При изменении положения регулирующего органа на 20 % от номинального положения получены записи регистрирующего температуру прибора (термометр сопротивления, измеритель-регулятор температуры). По данным эксперимента, получена кривая разгона, представленная в таблице 3 и рис. 17.

Таблица 3

Время, мин	Температура в кабине, °C	Температура в кабине (отклонение), °C
0	24	0
1	24,199	0,199
2	24,287	0,287
3	24,239	0,239
4	24,516	0,516
5	24,507	0,507
6	24,596	0,596
7	24,719	0,719
8	24,796	0,796
9	24,721	0,721
10	24,754	0,754
11	24,887	0,887
12	24,778	0,778
13	24,844	0,844
14	24,936	0,936
15	24,772	0,772
16	24,829	0,829
17	24,829	0,829
18	24,853	0,853
19	24,95	0,95
20	24,854	0,854



Выбрать структуру передаточной функции объекта и идентифицировать её параметры.

5. Составить математическую модель стационарного распределения температуры внутри плоской стенки для заданных параметров модели, получить выражение для параметра модели указанного в задании (знак «?»). Исследовать влияние на распределение температуры параметра, указанного в задании (перечислен ряд значений).

Примечание. Коэффициент теплопроводности подобрать в соответствии с материалом самостоятельно, используя справочные данные или базу данных Wolfram Alpha.

№ варианта	Ширина h , м	Тепловой поток Q , Вт	Материал	Площадь S , м ²	Температура на внешней стороне T_0 , °C	Температура на внутренней стороне T , °C
1	0.04;0.05;0.06	20	Бетон	0.5	?	10

6. Составить математическую модель конвективного охлаждения (нагрева) тела для заданных параметров модели, получить выражение для параметра модели указанного в задании (знак «?»). Исследовать влияние на динамику охлаждения (нагрева) параметров, указанных в задании (перечислен ряд значений и диапазон изменения).

Примечание. Коэффициент теплоёмкости подобрать в соответствии с материалом самостоятельно.

№ варианта	Коэффициент теплоотдачи α , Дж/(с·м ² ·К)	Материал	Площадь S , м ²	Температура на окружающего воздуха $T_{окр}$, °С	Температура начальная T_0 , °С	Температура конечная $T_{кон}$, °С	Масса, кг	Время, с
1	?	Золото	0.01; 0.02; 0.03	25	120	30	0.2-0.7	120

7. Составить математическую модель конвективного охлаждения (нагрева) тела для заданных параметров модели, получить выражение для параметра модели указанного в задании (знак «?»). Исследовать влияние на динамику охлаждения (нагрева) параметров, указанных в задании (перечислен ряд и диапазон значений). Найти установившиеся значения температуры.

Примечание. Коэффициент теплоёмкости подобрать в соответствии с материалом самостоятельно.

№ варианта	Коэффициент теплоотдачи α , Дж/(с·м ² ·К)	Материал	Площадь S , м ²	Температура на окружающего воздуха $T_{окр}$, °С	Температура начальная T_0 , °С	Температура конечная $T_{кон}$, °С	Масса, кг	Время, с	Тепловой поток, Вт
1	?	Золото	0.01; 0.02; 0.03	25	20	30	0.2	120	50-70

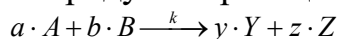
8. Решить методом конечных разностей первую краевую задачу для линейного уравнения теплопроводности на отрезке прямой длиной $L=5$ за промежуток времени $[0, 10]$, если заданы число отрезков разбиения $N=10$, коэффициент теплопроводности $a^2 = 1$, начальное условие $u(x, 0) = x + 2$ и граничные условия на концах отрезка $u(0, t) = \Psi_1(t) = t + 2$ и $u(L, t) = \Psi_2(t) = 7$.

Построить распределения температуры по длине стержня в моменты времени: начальный, конечный и три промежуточных, а также изменение температуры во времени в начале стержня, при длине L и три промежуточных.

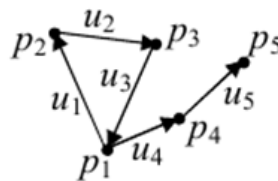
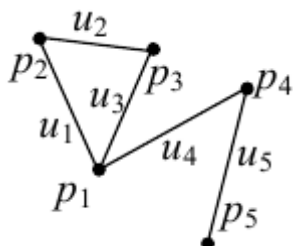
9. Решить начально-краевую задачу для однородного уравнения теплопроводности с однородными граничными условиями и заданным начальным условием методом разделения переменных Фурье

$$\begin{cases} \frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} \\ u(x,0) = 3 \sin 2x - \sin 3x \\ u(0,t) = 0 \\ u(\pi,t) = 0 \end{cases}$$

10. Составить дифференциальные уравнения для химической реакции. Решить уравнения и исследовать динамику изменения концентрации реагирующих веществ и продуктов реакции при разных начальных условиях.

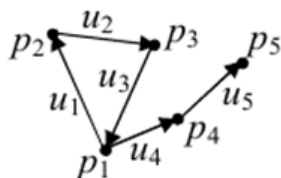


11. Найти матрицу смежности для неориентированного графа



12. Найти матрицу смежности для ориентированного графа

13. Найти матрицу инцидентности для ориентированного графа



14. Идентифицировать неориентированный граф по заданной матрице инцидентности

$$\begin{matrix} & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 & u_6 \\ \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} & p_1 & p_2 & p_3 & p_4 & p_5 \end{matrix}$$

ности

15. Решить задачу линейного программирования симплекс-методом

$$F = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$$

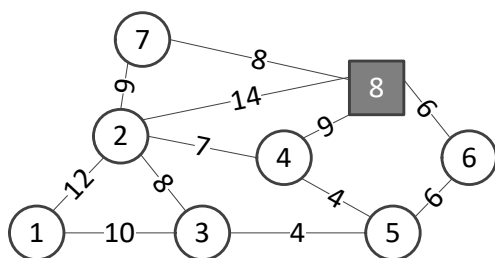
$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 1 \\ 5x_1 + 5x_2 \leq 12 \\ 2x_1 - x_2 \leq 10 \\ 5x_1 + x_2 \geq 2 \end{cases}$$

16. Решить задачу линейного программирования графическим методом

$$F = 5x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 8 \\ x_1 + x_2 \geq 2 \\ x_1 \leq 4 \\ x_1 + x_2 \leq 5 \end{cases}$$

17. Для заданного графа определить кратчайшие пути из стартовой вершины ко всем остальным вершинам

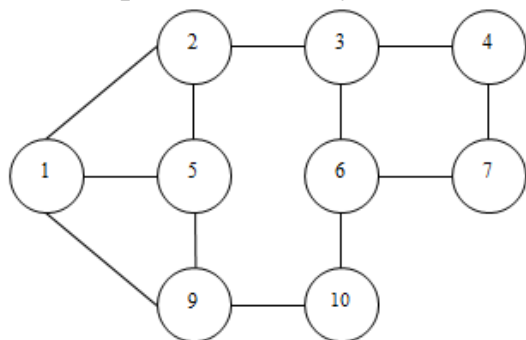


18. Транспортная задача линейного программирования описывается матрицей

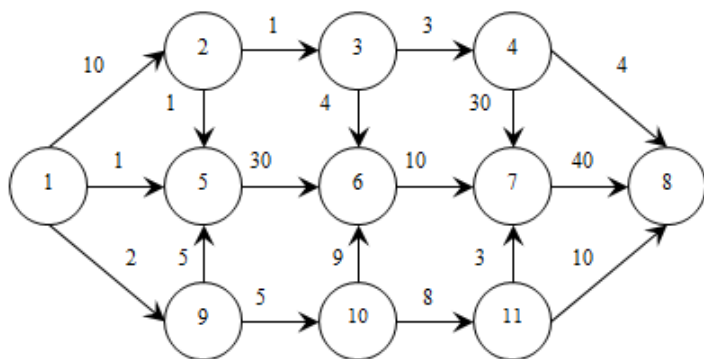
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	Запасы
A ₁	5	10	2	3	1	50
A ₂	6	2	3	2	7	100
A ₃	5	4	9	8	1	50
A ₄	6	3	3	2	8	150
Потребн.	90	60	70	80	50	

Найти оптимальный план перемещения ресурсов

19. Найти кратчайший путь от 1 до 7 вершины неориентированного графа

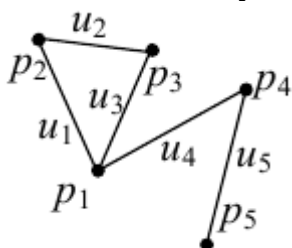


20. Найти кратчайший путь от 1 до 7 вершины неориентированного графа



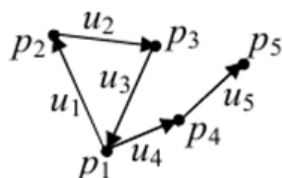
7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Найти матрицу смежности для неориентированного графа, описывающего расположение смежных участков, реализующих операции сборочного произ-

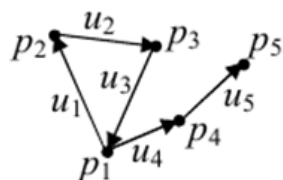


водства

2. Найти матрицу смежности для ориентированного графа, описывающего процесс перемещения деталей сборочного машиностроительного производства



3. Найти матрицу инцидентности для ориентированного графа, описывающего процесс перемещения деталей сборочного машиностроительного производ-



ства

4. Идентифицировать неориентированный граф, описывающего процесс перемещения деталей сборочного машиностроительного производства, по заданной

$$\begin{matrix} & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 & u_6 \\ \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} & \begin{matrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \\ p_5 \end{matrix} \end{matrix}$$

матрице инцидентности .

5. Решить задачу линейного программирования, описывающую производственные мощности машиностроительного производства

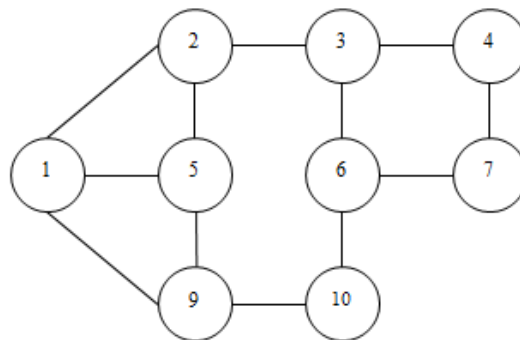
$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 1 \\ 5x_1 + 5x_2 \leq 12 \\ 2x_1 - x_2 \leq 10 \\ 5x_1 + x_2 \geq 2 \end{cases} \quad F = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max .$$

6. Потребители и поставщики ресурсов в машиностроительном производстве описаны матрицей

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	Запасы
A ₁	5	10	2	3	1	50
A ₂	6	2	3	2	7	100
A ₃	5	4	9	8	1	50
A ₄	6	3	3	2	8	150
Потребн.	90	60	70	80	50	

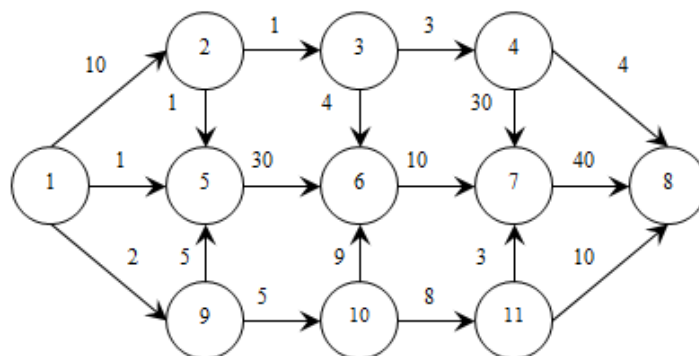
Найти оптимальный план перемещения ресурсов

7. Найти кратчайший путь от 1 до 7 вершины неориентированного графа, описывающего расположение складов запасных частей для машиностроительного



оборудования .

8. Найти кратчайший путь от 1 до 7 вершины неориентированного графа, описывающего расположение складов запасных частей для машиностроительного



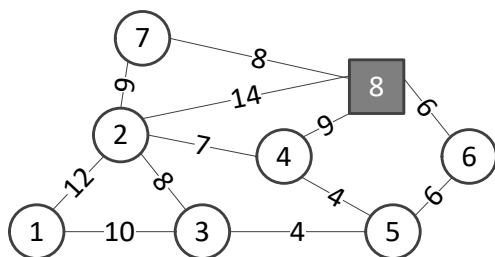
оборудования

9. Решить задачу линейного программирования графическим методом

$$F = 5x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 8 \\ x_1 + x_2 \geq 2 \\ x_1 \leq 4 \\ x_1 + x_2 \leq 5 \end{cases}$$

10. Для заданного графа определить кратчайшие пути из стартовой вершины ко всем остальным вершинам



7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Понятия модели и моделирования.
2. Понятие математического моделирования.
3. Классификация математических моделей.
4. Этапы математического моделирования.
5. Эмпирическое моделирование.
6. Метод наименьших квадратов.
7. Оценка качества математической модели.
8. Определение динамической системы.
9. Передаточная функция.
10. Решение ОДУ с помощью преобразования Лапласа.

11. Передаточные функции типовых динамических звеньев.
12. Идентификация передаточной функции по экспериментальным данным.
13. Правила преобразования структурных схем.
14. Уравнение теплопередачи.
15. Закон теплопроводности Фурье.
16. Принцип синтеза математических моделей на макроуровне.
17. Закон Ньютона-Рихмана.
18. Закон теплопередачи Стефана-Больцмана.
19. Составление уравнений теплового баланса.
20. Принципы составления дифференциальных уравнений химической кинетики.
21. Модели идеальных потоков.
22. Принципы синтеза математических моделей на микроуровне.
23. Уравнения математической физики.
24. Краевые условия.
25. Уравнения Навье-Стокса и непрерывности.
26. Постановка сопряженных задач тепломассопереноса.
27. Понятие управления.
28. Основные этапы принятия решений.
29. Понятие проблемы.
30. Алгоритм принятия решения.
31. Что такое дерево решений?
32. Основные структурные элементы дерева решений.
33. Что такое сетевое планирование?
34. Структурные элементы сетевого графика.
35. Какие параметры сетевого графика позволяет идентифицировать метод критического пути?
36. Для чего используется график Гранта?
37. Постановка задачи линейного программирования.
38. Графический метод решения задачи линейного программирования.
39. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования.
40. Решение транспортной задачи линейного программирования.
41. Задача о назначениях.
42. Оптимизационные задачи на графах применительно к машиностроительному производству.
43. Задача нахождения наикратчайшего пути.
44. Задача определения максимального потока.
45. Задача единого среднего.
46. Задача коммивояжера.

47. Метод ветвей и границ.
48. Задача коммуникационной сети минимальной длины.
49. Задача охвата.

7.2.5. Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену Не предусмотрен

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета по билетам, каждый из которых содержит 1 теоретический вопроса и 1 стандартную задачу. Зачет для студентов проводится по смешанной системе (письменно - устно). Студент должен дать полный письменный ответ на билет. Затем преподаватель беседует со студентом. Возможны дополнительные вопросы.

Каждый правильный ответ на вопрос в оценивается 2 баллами, задача 3 баллами. Максимальное количество набранных баллов – 16.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 8 баллов.
2. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 8 до 16 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
Принятие решений и сетевое планирование в машиностроении	ПК-4	Практическая задача, устный опрос, зачет
Оптимизация производственных процессов в машиностроении	ПК-4	Практическая задача, устный опрос, зачет
Оптимальные логистические решения в машиностроении	ПК-4	Практическая задача, устный опрос, зачет

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется с использованием выданных тест - заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении и промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения Дисциплины

1. Данко П.Е., Попов А.Г., Кожевникова Т.Я. Высшая математика в упражнениях и задачах: Учеб. пособие для втузов: В 2 ч. Ч.1. – М.: ИД ОНИКС 21 век: Мир и Образование, 2003. – 304с.
2. Юдович В.И. Математические модели естественных наук, Лань, 2022, 336 с.
3. Лунгу К.Н. Линейное программирование. Руководство к решению задач. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 132 С.
4. Арзамасцев А. А., Зенкова Н. А. Математические модели естественных наук, Лань, 2021, 102 с.
5. Просветов Г.И. Дискретная математика: Задачи и решения: Учебно-практическое пособие. 2-е изд., доп. – М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2015. – 240 с.
6. Лунгу К.Н. Линейное программирование. Руководство к решению задач. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 132 С.
7. Хвостов А.А., Ряжских В.И., Журавлев А.А., Ряжских А.В., Соболева Е.А., Семенихин О.А. Принятие оптимальных решений в машиностроении: учебно-практическое пособие для студентов очной и заочной форм обучения. – Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 2022. – 156 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении и образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем.

Методические указания к выполнению лабораторных работ представлены на сайте

1. <http://catalog.vorstu.ru>
2. http://education.vorstu.ru/departments_institute/imat/pmm/

Методические материалы по разделам математики представлены на сайтах

1. <http://mathportal.net/>
2. <https://www.webmath.ru/>

Для выполнения лабораторных работ необходимо программное обеспечение Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий используется аудитория № 104 учебного корпуса №2, оснащенная плакатами, учебно-методическими материалами, необходимыми для проведения лабораторных работ:

- 8 персональных компьютеров типа mATX 350W/Cel E3400 с монитором, клавиатурой и мышью;
- сервер;
- коммутатор TP Link;
- проектор Epson;
- программное обеспечение Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Система университетского образования предполагает рациональное сочетание таких видов учебной деятельности, как лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов, а также контроль полученных знаний.

- Лекции представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. Это – одна из важнейших форм учебного процесса и один из основных методов преподавания в вузе. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в эго тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. В качестве ценного совета рекомендуется записывать не каждое слово лектора (иначе можно потерять мысль и начать писать автоматически, не вникая в смысл), а постараться понять основную мысль лектора, а затем записать, используя понятные сокращения.

- Лабораторные занятия позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических занятий для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.

- Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;
- выполнение домашних заданий;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка к зачётам.

Кроме базовых учебников рекомендуется самостоятельно использовать имеющиеся в библиотеке учебно-методические пособия. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

При ознакомлении с каким-либо разделом рекомендуется прочитать его целиком, стараясь уловить общую логику изложения темы. При повторном чтении хорошо акцентировать внимание на ключевых вопросах и основных теоремах (формулах). Можно составить их краткий конспект.

Степень усвоения материала проверяется следующими видами контроля:

- промежуточный (опрос, отчет по лабораторным работам);
- итоговый (зачёт).

Для успешной сдачи зачёта необходимо выполнить следующие рекомендации –готовиться к зачёту следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до зачёта. Данные перед зачетом три-четыре дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо

	сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на лабораторном занятии.
Лабораторные занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студента включает в себя изучение конспекта лекций, учебных вопросов, выполнение заданий, выданных преподавателем на самостоятельную работу, оформление отчетов по лабораторным работам.
Подготовка к зачёту	При подготовке к зачёту необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на лабораторных занятиях.

АННОТАЦИЯ
к рабочей программе дисциплины
«МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТОВ»

Направление подготовки 15.03.06 – Мехатроника и робототехника

Профиль Промышленные роботы и робототехнические системы

Квалификация выпускника Бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2023 г.

1.2. Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов теоретических знаний, практических навыков по вопросам, касающимся математического моделирования промышленных роботов и робототехнических систем.

1.2. Задачи освоения дисциплины

1) ознакомление с основами процесса математического моделирования; 2) изучение методов математического моделирования основных подсистем робототехнической системы; 3) изучение методов моделирования робототехнических систем на графах; 4) получение практических навыков в применении методов математического моделирования робототехнических систем.

Перечень формируемых компетенций: ПК-4.

ПК-4 – Способность производить 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.

Общая трудоемкость дисциплины ЗЕТ: 5.

Форма итогового контроля по дисциплине: зачет.

ЛИСТ УЧЕТА ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Дата	Страницы с изменениями	Перечень измененных пунктов