

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. Г. ШУХОВА»
(БГТУ им. В. Г. Шухова)


СОГЛАСОВАНО
Директор института
магистратуры

И. В. Ярмоленко
« 20 » 05 20 21 г.


УТВЕРЖДАЮ
Директор института ИИТУС

А. В. Белоусов
« 20 » 05 20 21 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины (модуля)

Теория матриц

Направление подготовки (специальность):

15.04.06 Мехатроника и робототехника

Направленность программы (профиль, специализация):

Интеллектуальные робототехнические системы и комплексы

Квалификация:

магистр

Форма обучения

очная

Институт Магистратуры

Кафедра Технической кибернетики

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.04.06 Мехатроника и робототехника (уровень магистратуры), утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1023 от 14 августа 2020 г.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители):

канд. техн. наук
(ученая степень и звание)


(подпись)

Е. Б. Кариков
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » 05 20 21 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой:

д-р техн. наук, проф.
(ученая степень и звание)


(подпись)

В. Г. Рубанов
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей(ими) кафедрой(ами)

Технической кибернетики

(наименование кафедры/кафедр)

Заведующий кафедрой:

д-р техн. наук, проф.
(ученая степень и звание)


(подпись)

В. Г. Рубанов
(инициалы, фамилия)

« 14 » 05 20 21 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » 05 20 21 г., протокол № 9

Председатель:

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень и звание)


(подпись)

А. Н. Семернин
(инициалы, фамилия)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
	ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Использует основные положения, законы и методы теории матриц при создании моделей робототехнических систем	<p>Знать: существующие матричные методы и подходы применения информационных технологий для работы с матричными методами при проведении исследований в сфере профессиональной деятельности или на стыке научных направлений.</p> <p>Уметь: самостоятельно применять знания теории матриц при решении практических задач; применять информационные технологии в задачах, использующих матричные методы; ставить цели и выбирать пути её достижения; работать в коллективе; расширять свои знания; использовать в практической деятельности новые знания и умения</p> <p>Владеть: навыками кооперации с коллегами; навыками работы с компьютером и новыми информационными технологиями при решении задач, требующих использования матричных методов</p>
	ОПК-13. Способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем	ОПК-13.1 Использует основные положения, законы и методы теории матриц при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем	<p>Знать: основные положения теории матриц: понятия матриц, основные операциях над ними, собственные числа и собственные вектора матриц, линейные операторы, линейные матричные преобразования, функции от матриц, разложения матриц, практические приложения теории матриц</p> <p>Уметь: выполнять операции над матрицами как с применением математических пакетов программ так и вручную; применять линейные операторы в n-мерном</p>

			<p>векторном пространстве, операции над ними для различных задач, в том числе для преобразования систем координат; представлять линейные преобразования в виде матриц, вычислять различные виды разложения матриц, решать системы линейных дифференциальных уравнений матричными методами.</p> <p>Владеть: навыками расчета собственных чисел и собственных векторов матрицы, навыками вычисления разложений матриц различного вида, навыками исследования систем линейных уравнений, в том числе дифференциальных, с применением теории матриц; навыками решения матричных уравнений.</p>
--	--	--	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Теория матриц
2	Метод пространства состояний в теории управления
3	Методы контроля и диагностики робототехнических систем

2. Компетенция ОПК-13. Способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
4	Теория матриц
5	Хаотическая динамика импульсных систем
6	Динамика цифровых систем управления роботами

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часов.

Форма промежуточной аттестации дифференцированный зачет.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 1
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в том числе:	70	70
лекции	17	17
лабораторные	0	0
практические	51	51
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	74	74
курсовой проект	0	0
курсовая работа	0	0
расчетно-графическое задание	0	0
индивидуальное домашнее задание	0	0
самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	74	74
экзамен	0	0

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 1. Семестр 1

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Основы теории матриц					
1	Понятие числовой матрицы. Специальные виды матриц. Линейные операции над матрицами, транспонирование матрицы и их свойства. Сопряженные матрицы и их свойства. Умножение матриц и его свойства. Обратные и псевдообратные матрицы. Элементарные преобразования матриц	3	4	0	6
2	Собственные числа и собственные векторы матрицы	2	6	0	6
3	Линейные операторы в n-мерном векторном пространстве. Определения и аксиомы линейного пространства. Следствия из аксиом линейного пространства. Векторное пространство. Сложение и умножение линейных операторов. Преобразование координат. Эквивалентные матрицы. Ранг оператора.	2	4	0	6
4	Линейная зависимость векторов. Размерность и базис линейного пространства. Линейные операции в координатах. Представление линейного преобразования матрицей. Действия над линейными преобразованиями. Примеры линейных преобразований. Матрица преобразования квадратичной формы.	2	4	0	6
5	Функции от матрицы. Интерполяционный многочлен Лагранжа—Сильвестра. Представление функций от матриц рядами. Свойства функций от матриц. Матричная экспонента	2	4	0	6
6	Матричные уравнения. Общие методы решения. Матричное многочленное уравнение	2	4	0	6
2. Приложения теории матриц					

7	Решение систем линейных уравнений матричными методами	0	6	0	6
8	Применение матриц для преобразования систем координат	2	6	0	10
9.	Применение матричных методов для снижения размерности статистических данных на примере метода главных компонент	0	6	0	10
10	Приложения теории матриц к исследованию систем линейных дифференциальных уравнений	2	7	0	12
ВСЕГО		17	51	0	74

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №1				
1.	1. Основы теории матриц	Линейные операции над матрицами. Нахождение псевдообратной матрицы.	4	6
2.	1. Основы теории матриц	Собственные числа и собственные векторы матрицы.	6	8
3.	1. Основы теории матриц	Линейные операторы в n-мерном векторном пространстве	4	6
4.	1. Основы теории матриц	Приведение квадратичной формы к каноническому виду. Нахождение матрицы преобразования квадратичной формы	4	6
5.	1. Основы теории матриц	Функции от матрицы. Матричная экспонента	4	6
6.	1. Основы теории матриц	Матричные уравнения	2	4
7.	1. Основы теории матриц	Матричное многочленное уравнение	2	2
8.	2. Приложения теории матриц	Преобразования систем координат в задачах робототехники	6	10
9.	2. Приложения теории матриц	Решение систем линейных уравнений	6	6
10.	2. Приложения теории матриц	Исследование метода главных компонент для снижения размерности статистических данных с применением теории матриц	6	10
11.	2. Приложения теории матриц	Решение систем линейных дифференциальных уравнений	7	12
ИТОГО:			51	76
ВСЕГО:			51	76

4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом.

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1.1 Использует основные положения, законы и методы теории матриц при создании моделей робототехнических систем	дифференцированный зачет

2. Компетенция ОПК-13. Способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-13.1 Использует основные положения, законы и методы теории матриц при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем	дифференцированный зачет

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена / дифференцированного зачета / зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	1. Основы теории матриц (ОПК-1)	1. Основные определения теории матриц. Типы матриц. Миноры матрицы. Ранг матрицы. Определитель квадратной матрицы. Сложение и умножение прямоугольных матриц. 2. Действия над квадратными матрицами. Степень матрицы. Многочлен от матрицы 3. Действия над квадратными матрицами. Вырожденные матрицы. Обращение, транспонирование матриц. Сопряженные матрицы. Симметрические и эрмитовы матрицы. 4. Обращение прямоугольных матриц. Псевдообратная матрица, ее свойства, методы нахождения.

		<p>5. Блочные матрицы. Действия над блочными матрицами. Квазидиагональная матрица.</p> <p>6. Векторное пространство. Линейный оператор, отображающий n-мерное пространство m-мерное. Сложение и умножение линейных операторов.</p> <p>7. Преобразование координат. Преобразующая матрица</p> <p>8. Линейные операторы, отображающие n-мерное пространство в себя. Подобные операторы.</p> <p>9. Собственные (характеристические) числа и собственные векторы матрицы.</p> <p>10. Разложение матриц. Классификация. Пример.</p> <p>11. Сингулярное разложение. Его геометрический смысл. Примеры применения.</p> <p>12. Назовите способы нахождения матричной экспоненты</p>
2	2. Приложения теории матриц (ОПК-13)	<p>1. Квадратичные формы, их типы, приведение квадратичной формы к каноническому виду и нахождение соответствующего ортогонального преобразования. Пример.</p> <p>2. Аффинные преобразования пространства. Однородные координаты. Матрицы поворота.</p> <p>3. Аффинные преобразования пространства. Однородные координаты. Матрицы параллельного переноса, масштабирования.</p> <p>4. Аффинные преобразования пространства. Однородные координаты. Матрицы сложных аффинных преобразований</p> <p>5. Нахождение матриц положения звеньев манипулятора.</p> <p>6. Пример нахождения собственных (характеристических) чисел и собственных векторов матрицы.</p> <p>7. Применение псевдообратной матрицы для нахождения наилучшего приближенного решения (по методу наименьших квадратов) системы линейных уравнений.</p> <p>8. Простой итерационный алгоритм сингулярного разложения.</p> <p>9. Метод главных компонент. Примеры использования.</p> <p>10. Опишите матричный метод решения системы линейных дифференциальных уравнений</p> <p>11. Что такое матрица Денавита-Хартенберга?</p> <p>12. Как теорию матриц можно применить в робототехнике?</p> <p>13. Как теорию матриц можно применить в теории управления?</p>

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта / курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

. Примерный перечень контрольных вопросов:

Вариант 1

- 1) Найдите ранг матрицы и определите количество всех возможных миноров матрицы (1, 2, 3... порядков)

$$\text{а) } \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 4 \\ 3 & 1 & 0 \\ 3 & 3 & 6 \\ 4 & 4 & 8 \end{pmatrix}; \quad \text{б) } \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 3 & 0 & 5 \\ 0 & 2 & 4 \end{pmatrix}; \quad \text{в) } \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 4 & 2 & 6 & 8 \\ 3 & 6 & 2 & 9 & 12 \end{pmatrix}.$$

- 2) Найдите собственные числа и нормированные собственные векторы матрицы

$$\text{а) } \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 2 \end{pmatrix}; \quad \text{б) } \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

- 3) Найдите канонический вид квадратичной формы, определите ее тип, найдите матрицу преобразования.

$$\text{а) } f(x_1, x_2, x_3) = 2x_1^2 + 2x_2^2 + x_3^2 + 2x_1x_2;$$

$$\text{б) } f(x_1, x_2, x_3) = 2x_1^2 - 2x_2^2 + x_3^2;$$

$$\text{в) } f(x_1, x_2) = -2x_1^2 - x_2^2 + 6x_1x_2.$$

Вариант 2

- 1) Найдите ранг матрицы и определите количество всех возможных миноров матрицы (1, 2, 3... порядков)

$$\text{а) } \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 0 & 3 & 3 \\ 3 & 1 & 4 \\ 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}; \quad \text{б) } \begin{pmatrix} 2 & 4 & 0 \\ 3 & 6 & 5 \\ 1 & 1 & 4 \end{pmatrix}; \quad \text{в) } \begin{pmatrix} 1 & 2 & 6 & 3 & 4 \\ 2 & 4 & 12 & 6 & 8 \\ 3 & 5 & 18 & 9 & 12 \end{pmatrix}.$$

- 2) Найдите собственные числа и нормированные собственные векторы матрицы

$$\text{а) } \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 7 & 9 \end{pmatrix}; \quad \text{б) } \begin{pmatrix} 5 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}.$$

- 3) Найдите канонический вид квадратичной формы, определите ее тип, найдите матрицу преобразования.

$$\text{а) } f(x_1, x_2, x_3) = 3x_1^2 + 3.5x_2^2 + 3.5x_3^2 + x_2x_3;$$

$$\text{б) } f(x_1, x_2, x_3) = x_1^2 - 2x_2^2 - 3x_3^2;$$

$$\text{в) } f(x_1, x_2) = -x_1^2 + x_2^2 + 2x_1x_2.$$

Вариант 3

- 1) Найдите ранг матрицы и определите количество всех возможных миноров матрицы (1, 2, 3... порядков)

$$\text{a) } \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 4 \\ 3 & 1 & 0 \\ 3 & 3 & 6 \\ 4 & 4 & 8 \end{pmatrix}; \quad \text{б) } \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 3 & 6 & 5 \\ 1 & 2 & 4 \end{pmatrix}; \quad \text{в) } \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}.$$

2) Найдите собственные числа и нормированные собственные векторы матрицы

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

3) Найдите канонический вид квадратичной формы, определите ее тип, найдите матрицу преобразования.

$$\text{a) } f(x_1, x_2, x_3) = 3x_1^2 + 3x_2^2 + 3x_3^2 + 4x_1x_2 + 4x_1x_3 + 4x_2x_3;$$

$$\text{б) } f(x_1, x_2, x_3) = -x_1^2 - 3x_2^2 + x_3^2;$$

$$\text{в) } f(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2 - 8x_1x_2.$$

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачета, дифференцированного зачета при защите курсового проекта/работы используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, классификаций, основных принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умение самостоятельно применять знания теории матриц при решении практических задач; применять информационные технологии в задачах, использующих матричные методы
	Умение выполнять операции над матрицами как с применением математических пакетов программ так и вручную
Навыки	Владеть навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой
	Владеть навыками работы с программным обеспечением при решении задач, требующих использования матричных методов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, классификаций, основных принципов	Не знает терминов классификаций, основных принципов	Знает термины классификации, основные принципы, но допускает неточности формулировок	Знает термины классификации, основные принципы	Знает термины классификации, основные принципы, может корректно сформулировать их самостоятельно
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение самостоятельно применять знания теории матриц при решении задач, использующих матричные методы	Не умеет самостоятельно применять знания теории матриц при решении задач, использующих матричные методы	Умеет самостоятельно применять знания теории матриц с подсказками преподавателя.	Умение самостоятельно применять знания теории матриц при решении типовых задач, использующих матричные методы	Умеет самостоятельно применять знания теории матриц при решении задач, использующих матричные методы
Умение выполнять	Не умеет самостоятельно	Умеет самостоятельно	Умение самостоятельно	Умеет выполнять операции над

операции над матрицами как с применением математических пакетов программ, так и вручную	выполнять операции над матрицами как с применением математических пакетов программ, так и вручную	выполнять операции над матрицами с подсказками преподавателя.	выполнять операции над матрицами при решении типовых задач, использующих матричные методы	матрицами как с применением математических пакетов программ, так и вручную
---	---	---	---	--

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой	Не использует учебную и научную литературу для подготовки к занятиям	Имеются навыки самостоятельной работы с учебной и научной литературой, но недостаточные для полноценной подготовки	Владеет навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой при подготовке к занятиям	Использует учебную и научную литературу для самостоятельного приобретения новых знаний
Владеть навыками работы с программным обеспечением при решении задач, требующих использования матричных методов	В принципе не понимает как работать с программным обеспечением при решении задач, требующих использования матричных методов	Имеет поверхностное представление о том как работать с программным обеспечением при решении задач, требующих использования матричных методов	Имеет представление о работе с программным обеспечением при решении задач, требующих использования матричных методов	Владеет навыками работы с программным обеспечением при решении задач, требующих использования матричных методов

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Специализированный компьютерный класс для проведения лекционных занятий, лабораторных занятий УК 4, № 229	15 персональных компьютеров, подключенных к сети «Интернет» и имеющих доступ в электронно-информационную образовательную среду, проектор, 10 комплектов оборудования для моделирования систем NI Elvis II
2	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий УК 4, № 323	Мультимедийный проектор, экран, ноутбук; специализированная мебель
3	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронно-информационную образовательную среду; специализированная мебель

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows Professional 8.1	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V9221014 от 2020-11-01 до 2023-10-31
2	Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V9221014 от 2020-11-01 до 2023-10-31
3	Windows 10 Pro	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V9221014 от 2020-11-01 до 2023-10-31
4	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows	Лицензия № 13C8200710090907790928
5	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
6	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения Mozilla Public License 2.0 MPL
7	VirtualBox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения GNU General Public License v2
8	Ubuntu	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения GNU General Public License v3

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Юдин, Д. А. Прикладные аспекты теории матриц / Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016 (5 экз.)
2. Бортаковский А. С., Пантелеев А. В. Линейная алгебра в примерах и задачах / Высшая школа. 2005 (5 экз.)
3. Курош А. Г. Курс высшей алгебры / Лань. 2013 (1 экз.)
4. Окунева Г. Л. Линейная алгебра /Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова. 2014 (5 экз.)
5. Юдин, Д. А. Прикладные аспекты теории матриц / Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова. 2014 [электронный ресурс]. URL: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015012112015485200000657955>.
6. Гантмахер Ф. Р. Теория матриц /ФИЗМАТЛИТ. 2010 [электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/12877>.
7. Юдин, Д.А. Прикладные аспекты теории матриц [электронный ресурс]/ Д.А. Юдин – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – 92 с.
8. Гантмахер, Ф. Р. Теория матриц / Ф. Р. Гантмахер. – 5-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 560 с.
9. Уоткинс, Д. С. Основы матричных вычислений / Д. С. Уоткинс ; пер. со 2-го англ. изд. В. Е. Кондрашова, С. Б. Королева . - М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2006. - 664 с.
10. Боревиц, З. И. Определители и матрицы : учебное пособие / З. И. Боревиц. - 5-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009. - 184 с.
11. Толстопятов, С. Н. Конечномерные векторные пространства : учеб.-метод. пособие для студентов дневной формы обучения специальности 230201, 230105, 080502 / С. Н. Толстопятов, И. В. Жерновская ; БГТУ им. В.Г. Шухова . - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2009. - 52 с.

12. Мышкис, А. Д. Математика для технических вузов : специальные курсы / А. Д. Мышкис. - 3-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009. - 633 с.

13. Михалев, А. А. Начала алгебры : учеб. пособие / А. А. Михалев, А. В. Михалев. Ч.1 : Алгебраические структуры. Комплексные числа. Системы линейных уравнений. Матрицы. - М. : Интернет-университет информационных технологий, 2005. - 258 с.

14. Гусак, А. А. Справочник по высшей математике / А. А. Гусак, Г. М. Гусак, Е. А. Бричикова. - 8-е изд. - Минск : ТетраСистемс, 2007. - 637 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. <http://www.exponenta.ru/> - интернет-ресурс, содержащий руководства по работе со средой Matlab
2. <http://alglib.sources.ru/> - библиотека реализованных алгоритмов обработки информации
3. <http://www.scirp.org/Index.aspx> – 200 наиболее он-лайн известных научно-технологических журналов по различным отраслям знаний в открытом доступе.
4. <http://academic.research.microsoft.com/> – поисковик по научным публикациям в «глубоком вебе» с набором дополнительных сервисов от Microsoft, где можно найти около 40 млн. публикаций по всем основным направлениям науки, исследований и инженерно-технологических разработок.
5. <http://scientbook.com/index.php> – российская научно-информационная сеть, включающая платформу для публикаций по всем отраслям науки, а также площадку для научного общения в самом широком смысле слова.
6. <http://www.globalspec.com/> – первый и единственный в мире инженерный поисковик. Ищет в вебе и в «глубоком вебе» данные по продуктам, изделиям, техническим решениям, деталям, расчетам и даже названиям компаний.
7. <http://www.thefreelibrary.com/> - самая большая общедоступная база книг и статей по всем направлениям науки, техники и бизнеса с 1995 года до сегодняшнего дня.
8. <http://worldwidescience.org> – второе рождение самого популярного мультипортала по «Глубокому научно-техническому вебу». Теперь поиск по всем ведущим мировым научно-техническим базам ведется на основе федеративного поиска от компании DeepWeb. Кроме того, поиск по всем базам сразу же переводится на 10 основных языков интернета, включая русский.
9. <http://www.techcast.org/default.aspx> – очень популярная платформа для прогнозирования и отслеживания тенденций в различных отраслях техники и технологий.
10. <http://www.scirus.com/> – наиболее полный инструмент для поиска научных исследований в интернете. Ищет не только по сайтам, но и по хранилищам данных, по серверам, по архивам научных журналов, университетов и т.п.

11. <http://scholar.google.com/> – научный Google, со всеми его гигантскими достоинствами и определенными маркетинговыми особенностями.
12. <http://www.scienceresearch.com/scienceresearch/> – поисковик по научной и технологической информации, базирующийся на технологии «глубокого веба». Ищет по 300 самым авторитетным и обширным научно-техническим и технологическим коллекциям, которые включают в себя архивы, сервера, базы данных, не доступные для популярных поисковых систем.
13. <http://www.scholar.ru/> – отличный российский поисковик научных публикаций, авторефератов и диссертаций по всем областям науки.
14. <http://elibrary.ru> – электронная научная библиотека российских и зарубежных журналов по всем отраслям науки и техники.
15. <http://www.scitopia.org/scitopia/> – охватывает свыше 3,5 млн. интегрированных научно-технических документов, а также правительственных данных и патентов.
16. <http://isihighlycited.com/> – поисковик знаменитого Thomson Reuters. Позволяет найти конкретных исследователей и разработчиков по отраслям науки, темам, учреждениям и странам.
17. <http://www.techxtra.ac.uk/> – едва ли не лучшая в мире библиотека статей, сайтов, книг по всем основным отраслям науки и техники, включает самые последние исследования и диссертации.
18. <http://www.scinet.cc/> – удобный поисковик по основным направлениям науки и технологий.
19. <https://sci-hub.io/> - поисковик научных публикаций
20. <http://www.twirpx.com/> – библиотека учебной и научной литературы

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____ / 20____ учебный год без изменений.

Протокол № _____ заседания кафедры от «____» _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой _____ В. Г. Рубанов
подпись _____ ФИО

Директор института _____ А. В. Белоусов
подпись _____ ФИО