

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 ИТУС

А. В. Белоусов
« 20 » 05 20 21 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины (модуля)

Метод пространства состояния в теории управления

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

Белгород 2021

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 общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.2. Применяет естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	<p>Знать: способы получения математического описания в форме пространства состояний, методы анализа устойчивости и качества, методы синтеза законов управления для систем, представленных в пространстве состояний.</p> <p>Уметь: использовать математический аппарат и физические законы для получения математических моделей в пространстве состояний; производить расчет динамических свойств систем управления, представленных математическими моделями в форме пространства состояний; осуществлять синтез корректирующих устройств и законов управления.</p> <p>Владеть: навыками представления системы автоматического управления в пространстве состояний.</p>
	ОПК-4. Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов	ОПК-4.1. Использует современные информационные технологии и программные средства при моделировании систем управления технологическими процессами	<p>Знать: современные программные средства, позволяющие строить модели систем управления в форме пространства состояний и проводить их анализ и синтез.</p> <p>Уметь: использовать современные программные средства для расчета динамических свойств систем, представленных математическими моделями в форме пространства состояний, и синтеза корректирующих устройств и законов управления.</p> <p>Владеть: навыками самостоятельного изучения возможностей современного программного обеспечения и информационных технологий, предназначенных для моделирования систем в пространстве состояний.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

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

2. Компетенция ОПК-4. Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Метод пространства состояния в теории управления
2	Хаотическая динамика импульсных систем
3	Динамика цифровых систем управления роботами

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов. Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки.

Форма промежуточной аттестации _____ экзамен _____.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 1
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
Контактная работа (аудиторные занятия), в том числе:	55	55
лекции	17	17
лабораторные	0	0
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	4	4
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	125	125
курсовой проект	0	0
курсовая работа	36	36
расчетно-графическое задание	0	0
индивидуальное домашнее задание	0	0
самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	53	53
экзамен	36	36

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 на подготовку к аудиторным занятиям
1	2	3	4	5	6
1.	Модели систем в пространстве состояний				
1.1.	Формы записи уравнений систем	2	6	—	8
1.2.	Методы преобразования модели в виде передаточной функции в форму пространства состояний	3	6	—	9
1.3.	Преобразование структурных схем соединений элементов, осуществляющих матричные преобразования, и элементов, представленных в форме пространства состояний	2	4	—	6
2.	Анализ устойчивости и качества систем автоматического управления				
2.1.	Фундаментальная матрица системы, её свойства и способы вычисления	1	4	—	6
2.2.	Понятие устойчивости и оценка устойчивости по переходной матрице системы	2	2	—	4
2.3.	Теоремы устойчивости	1	0	—	2
2.4.	Управляемость и наблюдаемость динамических систем	2	4	—	6
3.	Синтез систем				
3.1.	Синтез систем с полной обратной связью по состоянию	2	4	—	6
3.2.	Синтез системы с наблюдателем состояния	2	4	—	6
	ВСЕГО	17	34	—	53

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	Колич. часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № <u>1</u>				
1	Модели систем в пространстве состояний	Получение модели системы в форме пространства состояний на основании естественнонаучных знаний	6	6
2	Модели систем в пространстве состояний	Получение модели системы в форме пространства состояний по передаточной функции системы	6	6
3	Модели систем в пространстве состояний	Преобразование структурных схем соединений элементов, представленных в форме про-	4	4

		странства состояний		
4	Анализ устойчивости и качества систем автоматического управления	Вычисление фундаментальной матрицы для определения устойчивости системы	6	6
5	Анализ устойчивости и качества систем автоматического управления	Анализ управляемости и наблюдаемости системы управления	4	4
6	Синтез систем	Синтез системы с полной обратной связью по состоянию	4	4
7	Синтез систем	Синтез системы с наблюдателем состояния	4	4
ИТОГО:			34	34
ВСЕГО:			34	34

4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом.

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Тема курсового проекта: «Анализ и синтез линейной системы автоматического управления методом пространства состояний».

Краткое содержание и объем курсовой работы. Расчетно-пояснительная записка к курсовой работе объемом 25–30 страниц машинописного текста, выполненного с соблюдением требований как к текстовой части, так и к графическому исполнению. Она должна включать следующие разделы:

1. Введение (отражает актуальность построения и применения систем данного класса и назначения).

2. Основная часть:

а) разработка функциональной схемы и структурной схемы системы (вывод уравнений движения объекта управления и всех функционально-необходимых элементов с получением моделей в форме пространства состояний);

б) анализ динамики системы методом пространства состояний;

в) синтез структуры системы, удовлетворяющей требуемым параметрам качества.

3. Выводы.

4. Список литературы (в соответствии с требованиями).

Объем курсового проекта: 36 часов.

В процессе выполнения курсового проекта / работы осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

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 общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1.2. Применяет естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	дифференцированный зачет при защите курсовой работы, экзамен

2. Компетенция ОПК-4. Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-4.1. Использует современные информационные технологии и программные средства при моделировании систем управления технологическими процессами	дифференцированный зачет при защите курсовой работы

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	Модели систем в пространстве состояний (ОПК-1.2)	Понятие состояния: переменные состояния; система дифференциальных уравнений состояния; система алгебраических уравнений выхода
2		Представление уравнений состояния и выхода в векторном виде и в виде структурной схемы
3		Представление уравнений состояния и выхода методом разложения на простые дроби
4		Представления уравнений состояния и выхода методом разложения на простые множители
5		Управляемое каноническое представление уравнений состояния и выхода
6		Преобразование структурных схем соединений элементов, осуществляющих матричные преобразования
7		Преобразование структурных схем соединений элементов, представленных в форме пространства состояний
8		Формы записи уравнений систем: уравнение движения системы в операторной форме; стандартная форма векторно-матричной модели системы; структурно-матричная схема векторно-матричной модели системы
9		Анализ устойчивости и Переходная матрица системы

10	качества систем автоматического управления (ОПК-4.1)	Свойства переходной матрицы системы
11		Способы вычисления переходной матрицы
12		Решение неоднородного векторно-матричного уравнения состояния
13		Понятие об устойчивости линейных систем по Ляпунову
14		Анализ устойчивости автономной линейной системы по переходной матрице
15		Первый метод Ляпунова анализа устойчивости
16		Управляемость динамических систем
17		Наблюдаемость динамических систем
18	Синтез систем (ОПК-1.2)	Синтез системы с полной обратной связью по состоянию

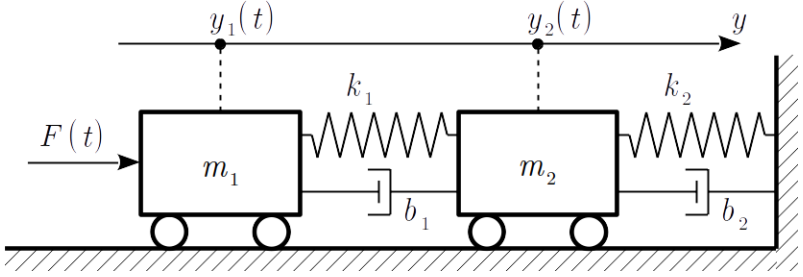
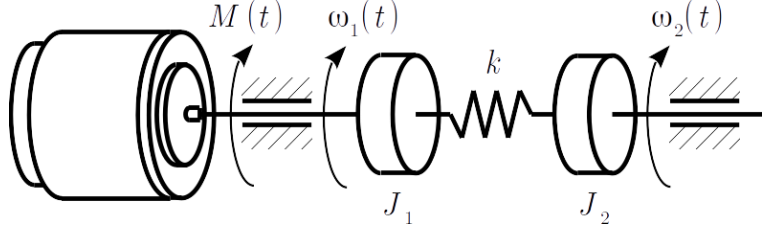
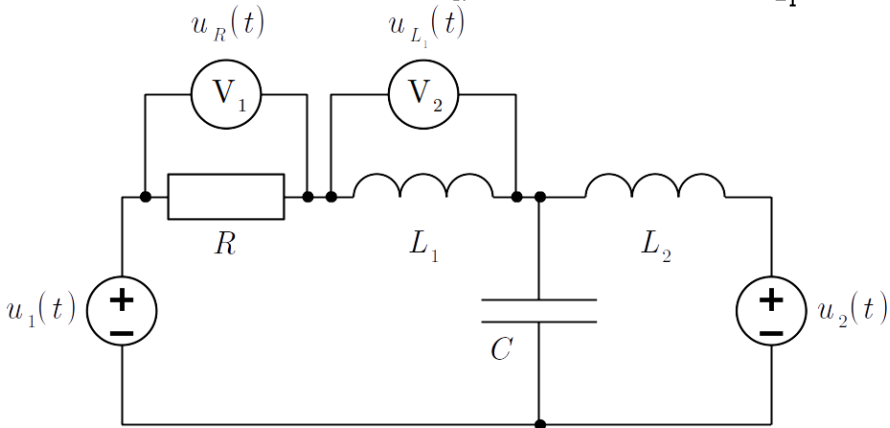
5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта / курсовой работы

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Модели систем в пространстве состояний (ОПК-1.2)	Пояснить принцип действия и функциональное назначение элементов, образующих САУ.
2		Получить математическую модель элемента, входящего в структуру САУ, в виде уравнения движения.
3		Получить математическую модель элемента, входящего в структуру САУ, в виде передаточной функции.
4		Получить математическую модель элемента, входящего в структуру САУ, в форме пространства состояний.
5		Получить математическую модель, эквивалентную последовательному соединению элементов, каждый из которых представлен в форме пространства состояний.
6		Получить математическую модель, эквивалентную параллельному соединению элементов, каждый из которых представлен в форме пространства состояний.
7		Получить математическую модель, эквивалентную встречно-параллельному соединению элементов, каждый из которых представлен в форме пространства состояний.
8		Составить структурную схему, соответствующую представлению системы в форме пространства состояний.
9		Найти фундаментальную матрицу системы с помощью матрицы собственных векторов.
10	Анализ устойчивости и качества систем автоматического управления (ОПК-4.1)	Проанализировать устойчивость системы.
11		С помощью Matlab построить переходную характеристику системы, по которой определить показатели качества управления.
12		Найти область желаемого расположения корней, которое соответствует заданной динамике системы автоматического управления.
13	Синтез систем (ОПК-1.2)	Рассчитать коэффициенты полной обратной связи по состоянию, соответствующие желаемому расположению корней.

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

С целью текущего контроля и подготовки студентов к изучению новой темы в начале каждого практического занятия преподавателем проводится

опрос по выполненным заданиям предыдущей темы, а также выполнение практических заданий по темам дисциплины.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Модели систем в пространстве состояний (ОПК-1.2)	<p>Получить векторно-матричные уравнения состояния и выхода стандартной формы для системы из двух тележек, изображенной на рисунке, где k_1, k_2 — жесткости пружин, b_1, b_2 — коэффициенты пропорциональности сопротивления и скорости движения. Входным воздействием является известная сила $F(t)$, приложенная к тележке с массой m_1, а выходными — смещение $y_1(t)$ тележки с массой m_1 и смещение $y_2(t)$ тележки с массой m_2 от соответствующих положений равновесия.</p> 
2		<p>Механическая система из двух вращающихся масс с моментами инерции J_1 и J_2 приводится в движение двигателем, развивающим известный момент $M(t)$ (см. рисунок). Валы вращения масс соединены муфтой с коэффициентом жесткости при кручении k. Считая входным воздействием $M(t)$, а выходными величинами — угловые скорости масс $\omega_1(t)$ и $\omega_2(t)$ составить векторно-матричные уравнения состояния и выхода системы.</p> 
3		<p>На рисунке приведена схема с двумя источниками известных, зависящих от времени, напряжений $u_1(t)$ и $u_2(t)$, которые являются входными сигналами электрической системы. Составить векторно-матричные уравнения состояния и выхода стандартной формы, если выходными сигналами системы являются напряжение на сопротивлении $u_R(t)$ и индуктивности $u_{L_1}(t)$.</p> 
4		<p>Для двигателя постоянного тока с постоянными магнитами получить модель в форме пространства состояний. Управляю-</p>

		<p>щим воздействием является напряжение $u(t)$, подаваемое на якорную обмотку, а выходным сигналом — угол поворота вала двигателя $\varphi(t)$. Момент, развиваемый двигателем $M(t)$ в каждый момент времени, пропорционален току $i_a(t)$ якорной обмотки: $M(t) = k \cdot i_a(t)$. Моментом сопротивления вращению двигателя пренебречь. При вращении якоря в его обмотке возникает противоЭДС $\varepsilon_i(t)$, пропорциональная скорости вращения $\omega(t)$: $\varepsilon_i(t) = c_{em} \cdot \omega(t)$.</p>
5		<p>Задана модель системы в виде передаточной функции</p> $W(s) = \frac{s + 1}{s^2 + 5s + 6}$ <p>Получить нормальную форму уравнения состояния путем разложения передаточной функции на простые дроби. Составить соответствующую структурную схему.</p>
6		<p>Задана модель системы в виде передаточной функции</p> $W(s) = \frac{s + 1}{s^2 + 5s + 6}$ <p>Путем разложения передаточной функции на простые множители получить модель системы в форме уравнений пространства состояний. Составить соответствующую структурную схему.</p>
7		<p>Задана модель системы в виде передаточной функции</p> $W(s) = \frac{3(s + 1)(s + 5)}{(s + 2)^2}$ <p>Получить нормальную форму уравнения состояния путем разложения передаточной функции на простые дроби. Составить соответствующую структурную схему.</p>
8		<p>Задана модель системы в виде передаточной функции</p> $W(s) = \frac{3(s + 1)(s + 5)}{(s + 2)^2}$ <p>Путем разложения передаточной функции на простые множители получить модель системы в форме уравнений пространства состояний. Составить соответствующую структурную схему.</p>
9	Анализ устойчивости и качества систем автоматического управления (ОПК-1.2)	<p>Заданы дифференциальные уравнения состояния автономной линейной стационарной системы:</p> $\begin{cases} \dot{x}_1(t) = -2x_2(t); \\ \dot{x}_2(t) = x_1(t) - 3x_2(t). \end{cases}$ <p>Используя преобразование Лапласа, найти переходную матрицу $\Phi(t)$.</p>
10		<p>Заданы дифференциальные уравнения состояния автономной линейной стационарной системы:</p> $\begin{cases} \dot{x}_1(t) = -2x_2(t); \\ \dot{x}_2(t) = x_1(t) - 3x_2(t). \end{cases}$ <p>Найти переходную матрицу $\Phi(t)$ с помощью матрицы собственных векторов.</p>

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 получать математические модели систем управления в пространстве состояний, производить расчет их динамических свойств и осуществлять синтез корректирующих устройств и законов управления
	Умение использовать современные программные средства для расчета динамических свойств систем, представленных математическими моделями в форме пространства состояний
Навыки	Навыки анализа систем автоматического управления в пространстве состояний
	Навыки самостоятельного изучения возможностей современного программного обеспечения и информационных технологий, предназначенных для моделирования систем в пространстве состояний

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 основную 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 получать математические модели систем управления в пространстве состояний, производить расчет их динамических свойств и осуществлять синтез корректирующих устройств и законов управления	Не умеет получать математические модели систем управления в пространстве состояний, производить расчет их динамических свойств и осуществлять синтез корректирующих устройств и законов управления	Умеет с подсказками преподавателя получать типовые математические модели систем управления в пространстве состояний, производить расчет их динамических свойств и осуществлять синтез корректирующих устройств и законов управления	Умеет получать типовые математические модели систем управления в пространстве состояний, производить расчет их динамических свойств и осуществлять синтез корректирующих устройств и законов управления	Умеет самостоятельно получать нетиповые математические модели систем управления в пространстве состояний, производить расчет их динамических свойств и осуществлять синтез корректирующих устройств и законов управления
Умение использовать современные программные средства для расчета динамических свойств систем, представленных математическими моделями в форме пространства состояний	Не умеет использовать современные программные средства для расчета динамических свойств систем, представленных математическими моделями в форме пространства состояний	Умеет с подсказками преподавателя использовать современные программные средства для решения типовых задач расчета динамических свойств систем, представленных математическими моделями в форме пространства состояний	Умеет использовать современные программные средства для решения типовых задач расчета динамических свойств систем, представленных математическими моделями в форме пространства состояний	Умеет использовать современные программные средства для решения нетиповых задач расчета динамических свойств систем, представленных математическими моделями в форме пространства состояний

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Навыки анализа систем	Не владеет навыками анализа	Владеет некоторыми базовыми	Владеет в полном объеме базовыми	Владеет продвинутыми навыками

автоматического управления в пространстве состояний	систем автоматического управления в пространстве состояний	навыками анализа систем автоматического управления в пространстве состояний	навыками анализа систем автоматического управления в пространстве состояний	анализа систем автоматического управления в пространстве состояний
Навыки самостоятельного изучения возможностей современного программного обеспечения и информационных технологий, предназначенных для моделирования систем в пространстве состояний	Не владеет навыками самостоятельного изучения возможностей современного программного обеспечения и информационных технологий, предназначенных для моделирования систем в пространстве состояний	Имеются навыки самостоятельного изучения возможностей современного программного обеспечения и информационных технологий, предназначенных для моделирования систем в пространстве состояний, но недостаточные для полноценной подготовки	Имеются навыки самостоятельного изучения возможностей современного программного обеспечения и информационных технологий, предназначенных для моделирования систем в пространстве состояний, достаточные для подготовки к учебным занятиям	Имеются навыки самостоятельного изучения возможностей современного программного обеспечения и информационных технологий, предназначенных для моделирования систем в пространстве состояний, достаточные для приобретения новых знаний

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	Лаборатория теории автоматического управления и моделирования средств управления УК 4, № 231	6 высокопроизводительных компьютеров; проектор
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 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023

3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020. Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения Mozilla Public License 2.0 MPL
6	Matlab R2016b	Лицензия №1145851 бессрочная

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Рубанов, В. Г. Современные методы проектирования систем управления : учебное пособие для студентов направлений подготовки 15.04.04 — Автоматизация технологических процессов и производств, 15.04.06 — Мехатроника и робототехника, 27.04.04 — Управление в технических системах / В. Г. Рубанов, И. А. Рыбин. — Белгород : Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. — 99 с.

2. Первозванский, А. А. Курс теории автоматического управления : учебное пособие для вузов / А. А. Первозванский. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 616 с. — ISBN 978-5-8114-8780-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/180825> (дата обращения: 05.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : учебное пособие / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко. — 5-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-4200-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/125741> (дата обращения: 05.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

1. exponenta.ru [Электронный ресурс]: образовательный математический сайт. — Режим доступа: <http://exponenta.ru/>, свободный. — Загл. с экрана.

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