

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



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины (модуля)**

Метод пространства состояния в теории управления  
(наименование дисциплины, модуля)

Направление подготовки (специальность):

15.04.06 Мехатроника и робототехника  
(шифр и наименование направления бакалавриата, магистратуры, специальности)

Направленность программы (профиль, специализация):

Мехатроника и робототехника  
(наименование образовательной программы (профиль, специализация))

Квалификация:

магистр  
(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения:

очная  
(очная, заочная и др.)

Институт: Информационных технологий и управляющих систем

Кафедра: Технической кибернетики


Программа составлена на основании требований:

Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника (уровень магистратуры), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1491 от 21 ноября 2014 г.).

Плана учебного процесса БГТУ им. В. Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году.

Составитель (составители): \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ И. А. Рыбин  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)


Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой:  
\_\_\_\_\_ «Техническая кибернетика» \_\_\_\_\_  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  \_\_\_\_\_ В. Г. Рубанов  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

« 11 » марта 20 15 г.

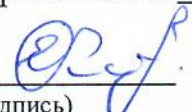
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 13 » марта 20 15 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  \_\_\_\_\_ В. Г. Рубанов  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 14 » апреля 20 15 г., протокол № 9

Председатель: \_\_\_\_\_ канд. техн. наук, проф.  \_\_\_\_\_ Ю. И. Солопов  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)



# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общекультурные			
1			
Общепрофессиональные			
1	ОПК-1	Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> принципы построения и математического описания систем в пространстве состояний.</p> <p><b>Уметь:</b> использовать математический аппарат и физические законы для получения математических моделей в пространстве состояний.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками работы с программным обеспечением, предназначенным для построения моделей систем в форме пространства состояний.</p>
Профессиональные			
1	ПК-1	Способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики, методов конечных автоматов, сетей Петри, методов искусственного интеллекта, нечеткой логики, генетических алгоритмов, искусственных нейронных и нейро-нечетких сетей.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> методы анализа устойчивости и качества систем, представленных математическими моделями в форме пространства состояний, методы синтеза законов управления.</p> <p><b>Уметь:</b> производить расчет динамических свойств систем, представленных математическими моделями в форме пространства состояний, осуществлять синтез корректирующих устройств и законов управления.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками работы с программным обеспечением, предназначенным для анализа моделей систем в форме пространства состояний и синтеза управляющих устройств, обеспечивающих заданные показатели качества управления.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Теория матриц

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Хаотическая динамика импульсных систем
2	Проектирование робототехнических систем
3	Научно-исследовательская работа по направлению подготовки

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 1	
		Всего часов	В неделю
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180	
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	51	51	3
лекции	17	17	1
лабораторные	—	—	—
практические	34	34	2
<b>Самостоятельная работа студентов, в т.ч.:</b>	129	129	
Курсовой проект	51	51	
Курсовая работа	—	—	—
Расчетно-графические задания	—	—	—
Индивидуальное домашнее задание	—	—	—
Другие виды самостоятельной работы	42	42	
Форма промежуточной аттестации — 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
1	<b>Понятие состояния системы. Формы математических моделей пространства состояния.</b> Формы записи уравнений систем. Передаточная матрица системы. Форма преобразования управления состоянием: метод разложения на простые дроби; метод разложения на простые множители; управляемое каноническое представление; идентификационное каноническое представление.	4	10	—	6
2	<b>Фундаментальная матрица системы и её свойства.</b> Свойства фундаментальной матрицы. Способы вычисления переходной матрицы: интегрирования однородного дифференцированного уравнения; разложения Лагранжа-Сильвестра; преобразование Лапласа; разложение в ряд Тейлора; матрицы собственных векторов.	1	2	—	4
3	<b>Линеаризация уравнения состояния.</b> Линеаризация скалярной нелинейной функции векторного аргумента. Линеаризация многомерной нелинейной функции.	1	2	—	4
4	<b>Описание типовых сигналов переменными состояния.</b> Ступенчатый, импульсный, линейный, полиномиальный и гармонический сигналы.	1	2	—	5
5	<b>Правила преобразования структурных схем.</b> Последовательное соединение. Параллельное соединение. Обратная связь.	1	2	—	5
6	<b>Устойчивость систем автоматического управления.</b> Понятие об устойчивости. Оценка устойчивости по переходной матрице системы.	2	4	—	4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
7	<b>Анализ устойчивости стационарных систем.</b> Теоремы устойчивости. Второй метод Ляпунова. Условие Сильвестра.	2	4	—	4
8	<b>Анализ качества систем методом пространства состояния.</b> Обобщенные показатели качества. Управляемость динамических систем. Способы вычисления ранга матрицы. Наблюдаемость систем.	3	4	—	4
9	<b>Синтез систем.</b> Синтез систем с полной обратной связью по состоянию. Синтез системы с наблюдателем состояния.	2	4	—	6
<b>ВСЕГО:</b>		<b>17</b>	<b>34</b>	<b>—</b>	<b>42</b>

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема практического занятия	Кол-во часов	Кол-во часов СРС
семестр № 1				
1	1	Понятие состояния системы. Формы математических моделей пространства состояния.	10	6
2	2	Фундаментальная матрица системы и её свойства.	2	4
3	3	Линеаризация уравнения состояния.	2	4
4	4	Описание типовых сигналов переменными состояния.	2	5
5	5	Преобразование структурных схем.	2	5
6	6	Устойчивость систем автоматического управления.	4	4
7	7	Анализ устойчивости стационарных систем.	4	4
8	8	Анализ качества систем методом пространства состояния.	4	4
9	9	Синтез систем.	4	6
<b>ИТОГО:</b>			<b>34</b>	<b>42</b>



### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены планом учебного процесса.

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	1	Что называют состоянием системы?
1	1	Приведите примеры математических моделей пространства состояния в различной форме.
2	2	Какая матрица называется фундаментальной матрицей системы?
3	2	Перечислите свойства фундаментальной матрицы.
4	3	Как производится линеаризация уравнения состояния системы.
5	4	Приведите примеры типовых сигналов переменными состояния.
6	5	Запишите правила преобразования структурных схем для последовательного, параллельного соединения и соединения с обратной связью.
7	6	Какие системы автоматического управления называются устойчивыми?
8	6	Как оценить устойчивость системы по переходной матрице системы.
9	7	Как проводится анализ устойчивости стационарных систем по второму методу Ляпунова.
10	8	Перечислите обобщенные показатели качества процесса управления.
11	8	Что такое управляемость и наблюдаемость динамических систем?
12	9	Как происходит идентификация состояния систем с помощью фильтров полного порядка.

### 5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем

Тема курсового проекта: «Синтез и анализ системы регулирования методом пространства состояния».

Краткое содержание и объем курсовой работы.

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

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

2. Разработка функциональной схемы и выбор функционально-необходимых элементов (осуществляется анализ существующих схемных решений, предложение по выбору рационального решения, с обоснованием такого выбора, статический расчет элементов и выбор этих элементов из существующей номенклатуры с обоснованием).

3. Разработка структурной схемы системы (построение математических моделей объекта управления и всех функционально-необходимых элементов с выводом уравнений движения и получением передаточных функций, определение передаточных функций разомкнутой и замкнутой систем).

4. Анализ динамики системы методом пространства состояния.

5. Синтез структуры системы, удовлетворяющей требуемым параметрам качества или критерию оптимальности.

6. Выводы.

7. Список литературы (в соответствие с требованиями ЕСКД).

8. Оглавление.

Объем курсового проекта: 51 час.

### **5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий**

Домашние и расчетно-графические задания по дисциплине не предусмотрены планом учебного процесса.

### **5.4. Перечень контрольных работ**

Контрольные работы по дисциплине не предусмотрены планом учебного процесса.

## **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **6.1. Перечень основной литературы**

1. Федосенков, Б. А. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] : современные разделы теории управления. Учебное пособие / Б. А. Федосенков. — Электрон. текстовые данные. — Кемерово: Кемеровский технологиче-



ский институт пищевой промышленности, 2014. — 153 с. — ISBN 978-5-89289-863-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61292.html>.

2. Дорф, Р. Современные системы управления : пер. с англ. / Р. Дорф, Р. Бишоп. — Москва : Лаборатория Базовых Знаний, 2002. — 831 с. — (Технический университет). — ISBN 5-93208-119-8. (8 экз.)

## **6.2. Перечень дополнительной литературы**

1. Ким, Д. П. Теория автоматического управления : учебное пособие / Д. П. Ким. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Физматлит, 2007. — Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. — 440 с. — ISBN 978-5-9221-0858-4. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69280>.

2. Громов, Ю. Ю. Основы теории управления : учебное пособие / Ю. Ю. Громов, В. О. Драчев, О. Г. Иванова ; Тамбовский государственный технический университет. — 2-е изд, стер. — Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. — 240 с. : ил., табл., схем. — ISBN 978-5-8265-1050-6. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277972>.

3. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. — 4-е изд., перераб. и доп.. — Спб. : Профессия, 2003. — 747 с. (52 экз.)

4. Рубанов, В. Г. Математические модели элементов и систем автоматического управления : учеб. пособие для студентов вузов / В. Г. Рубанов ; БГТУ им. В. Г. Шухова. — Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014. — 157 с. : граф., рис., табл. — ISBN 978-5-361-00223-8. (26 экз.)

## **6.3. Перечень интернет ресурсов**

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

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Перечень аудиторий и оборудования, используемого при проведении занятий:  
— специализированный компьютерный класс для проведения практических занятий, лабораторных занятий, самостоятельной работы УК4 № 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;

— учебная аудитория для проведения практических занятий, самостоятельной работы УК4 № 231 (лаборатория теории автоматического управления и моделирования средств управления): 6 высокопроизводительных компьютеров, подключенных к сети «Интернет» и имеющих доступ в электронно-информационную образовательную среду, проектор, 3D-принтер, 3D-сканер, стенд для исследования мобильных роботов, аналоговые вычислительные комплексы АВК-6, АВК-31, АВК-32;

— учебная аудитория для проведения лекционных занятий УК4 № 323: мультимедийный проектор, экран, ноутбук; специализированная мебель;

— читальный зал библиотеки для самостоятельной работы: компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронно-информационную образовательную среду; специализированная мебель.

Перечень программного обеспечения, используемого при проведении занятий:

— Microsoft Windows 7 (договор №63-14к от 02.07.2014);

— Microsoft Office Professional 2013 (лицензионный договор № 31401445414 от 25.09.2014);

— Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows (лицензия № 17E017);

— Google Chrome (свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения);

— Mozilla Firefox (свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения Mozilla Public License 2.0 MPL);

— Matlab R2014b (лицензия № 362444, сетевая версия на 10 компьютеров).



## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями утверждена на 2016/2017 учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от « 16 » мая 20 16 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



(подпись)

Рубанов В. Г.

(ФИО)

Директор института \_\_\_\_\_



(подпись)

Рубанов В. Г.

(ФИО)

### Список изменений и дополнений в рабочую программу


В перечень дополнительной литературы (п. п. 6.1) добавлено:

5. Рубанов, В. Г. Теория нелинейных систем автоматического управления : учеб. пособие для студентов вузов / В. Г. Рубанов. — Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2015. — 226 с. : табл., рис., граф. — ISBN 978-5-361-00273-3. (28 экз.)

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями утверждена на 2017/2018 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от « 15 » мая 20 17 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Рубанов В. Г.  
(подпись) (ФИО)

Директор института \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Белусов А. В.  
(подпись) (ФИО)

### Список изменений и дополнений в рабочую программу

В перечень дополнительной литературы (п. п. 6.1) добавлено:

6. Цветкова, О. Л. Теория автоматического управления : учебник / О. Л. Цветкова. — Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. — 207 с. — ISBN 978-5-4475-8334-7. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443415>.

В перечне материально-технического обеспечения (п. п. 7) изменено

— Matlab R2014b (лицензия № 362444, сетевая версия на 10 компьютеров)  
на

— MathWorks Individual Licenses (per License): MATLAB 2016b, Simulink, Neural Networks Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, Control System Toolbox (лицензия №1145851 бессрочная).

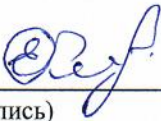


## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями утверждена на 2018/2019 учебный год.

Протокол № 13 заседания кафедры от « 01 » июня 20 18 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)  \_\_\_\_\_  
(ФИО) Рубанов В. Г.

Директор института \_\_\_\_\_  
(подпись)  \_\_\_\_\_  
(ФИО) Белоусов А. В.

### Список изменений и дополнений в рабочую программу

В перечень основной литературы (п. п. 6.1) добавлено:

3. 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.

4. Федосенков, Б. А. Теория автоматического управления: классические и современные разделы : учебное пособие / Б. А. Федосенков ; Кемеровский государственный университет. — Кемерово : КемГУ, 2018. — 322 с. : ил.,табл., схем. — ISBN 978-5-8353-2207-7. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495195>.