

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

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор института  
Рубанов В.Г.  
«15» 05 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины (модуля)

**Приводы мехатронных и робототехнических систем**  
(наименование дисциплины, модуля)

направление подготовки (специальность):

**15.03.06 – Мехатроника и робототехника**  
(шифр и наименование направления бакалавриата, магистра, специальности)

Направленность программы (профиль, специализация):

**15.03.06 – Мехатроника и робототехника**  
(наименование образовательной программы (профиль, специализация))

Квалификация

**бакалавр**  
(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения

**очная**  
(очная, заочная и др.)

**Институт:** Информационных технологий и управляющих систем

**Кафедра:** Техническая кибернетика

Белгород – 2015

Рабочая программа составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.03.06 Мехатроника и робототехника (бакалавриат), приказ Минобрнауки России от 12 марта 2015 г. № 206

▪ плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника (бакалавриат).

Составитель (составители):

(ученая степень и звание, подпись)

(Гольцов Ю.А.)

(инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой

Техническая кибернетика

(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.

(ученая степень и звание, подпись)

(В.Г. Рубанов)

(инициалы, фамилия)

« 12 » 05 \_\_\_\_\_ 2015 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 12 » 05 \_\_\_\_\_ 2015 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.

(ученая степень и звание, подпись)

(В.Г. Рубанов)

(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » 05 \_\_\_\_\_ 2015 г., протокол № 7

Председатель: канд. техн. наук, доц.

(ученая степень и звание, подпись)

(Ю.И. Солопов)

(инициалы, фамилия)

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Профессиональные			
1	ПК-1	Способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> типы приводов мехатронных и робототехнических систем; способы регулирования положения, скорости, момента и тока в приводах мехатронных и робототехнических систем и методы их технической реализации; принципы получения данных для построения математических моделей различных типов приводов для конкретных мехатронных и робототехнических систем; примеры построения математических моделей узлов системы с применением электрических, пневматических, гидравлических и электрогидравлических приводов различных типов.</p> <p><b>Уметь:</b> рассчитывать параметры приводов мехатронных и робототехнических систем, производить аналитические и экспериментальные исследования, выбирать основные элементы систем управления приводами мехатронных и робототехнических систем; строить математические модели приводов мехатронных и робототехнических систем с учетом нагрузки, механической передачи и микропроцессорных систем управления с использованием классических и интеллектуальных подходов; применять математический аппарат для решения задач моделирования при синтезе структур приводов мехатронных и робототехнических систем.</p> <p><b>Владеть:</b> представлением о конструкции, составе и принципе действия приводов мехатронных и робототехнических систем в производственных условиях; методами исследования электромеханических и динамических свойств приводов мехатронных и робототехнических систем, практическими навыками построения элементарных и обобщенных звеньев моделируемых электромеханических, пневматических, гидравлических и электрогидравлических приводов мехатронных и робототехнических систем, методиками анализа работы приводов мехатронных и робототехнических систем, основами построения и способами расчёта приводов мехатронных и робототехнических систем.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Физика
2	Математический анализ
3	Программирование и основы алгоритмизации
4	Теоретическая механика
5	Электротехника
6	Математические основы теории управления
7	Техническая механика
8	Технические средства систем управления роботов
9	Теория автоматического управления
10	Микромашины и специальные двигатели

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Манипуляционные робототехнические системы
2	Мобильные робототехнические комплексы
3	Проектирование робототехнических систем
4	Научно-исследовательская работа по направлению подготовки

### 3.ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	51	51
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	0	0
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	93	93
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание		
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	57	57
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	экзамен (36)	экзамен (36)

*Примечание: предусматривать не менее*

*0,5 академического часа самостоятельной работы на 1 час лекций,*

*1 академического часа самостоятельной работы на 1 час лабораторных и практических занятий,*

*36 академических часов самостоятельной работы на 1 экзамен,*

*54 академических часов самостоятельной работы на 1 курсовой проект,*

*36 академических часов самостоятельной работы на 1 курсовую работу,*

*18 академических часов самостоятельной работы на 1 расчетно-графическую работу,*

*9 академических часов самостоятельной работы на 1 индивидуальное домашнее задание.*

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Наименование тем, их содержание и объем Курс 3 Семестр 6

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Основные понятия, предмет и задачи привода мехатронных и робототехнических систем</b>					
	Мехатроника как область науки и инженерная дисциплина. Мехатронные систем, агрегаты, модули и устройства. Мехатронный подход при создании электромеханических систем. Определение привода мехатронных и робототехнических систем. Электропривод как силовая основа автоматизации технологических процессов и роботизированных производств. Основные типы приводов мехатронных и робототехнических систем, используемых в современной промышленности. Тенденции и перспективы развития электропривода.	2		1	10
<b>2. Механика электропривода</b>					
	Кинематические и расчетные схемы механической части электропривода. Уравнения движения и режимы работы электропривода. Вид статических моментов рабочих механизмов. Приведение статических моментов и усилий. Приведение моментов инерции и движущихся масс. Учет сил упругости в элементах электропривода. Определение времени пуска и торможения электропривода. Потери энергии при пуске и торможении электропривода. Понятие об оптимальном передаточном числе механической передачи электроэнергии.	2		1	15
<b>3. Регулирование координат в приводах мехатронных и робототехнических устройств</b>					
	Регулирование скорости. Регулирование момента и тока. Регулирование положения. Структуры электропривода, применяемые при регулировании координат.	4		2	14
<b>4. Особенности конструкций, электромеханические свойства, структурное представление, математическое описание и схемы управления приводами мехатронных и робототехнических систем с различными типами исполнительных механизмов.</b>					
	Электрические приводы с двигателями постоянного тока. Приводы на базе асинхронных двигателей. Электрические приводы с синхронными двигателями, приводы с шаговыми двигателями. Приводы с	10		6	16

	<p>бесконтактными двигателями постоянного тока, принцип работы, схемы управления, датчик положения ротора и требования к нему, основные элементы и требования к ним. Приводы микроперемещений на основе пьезокерамики, принцип работы, структурное представление, особенности конструкций. Цифровой пьезоэлектрический привод. Пьезоэлектрический привод с регулированием по положению. Пьезоэлектрический привод с подчиненным регулированием. Приводы на базе электромагнитных муфт. Типы, конструкции, структурное представление. Гидропривод вращательного, поступательного, поворотного движения. Магистральный, аккумуляторный, импульсный гидропривод. Компрессорный пневмопривод. Аккумуляторный пневмопривод. Пневмопривод с пневмодвигателями объемного и динамического действия.</p>				
<b>5. Энергетические характеристики и выбор мощности привода.</b>					
	<p>Режимы работы приводов. Особенности режимов. Воспроизведение заданного скачкообразного управляющего воздействия. Уравнение кривой нагрева и охлаждения двигателей, постоянная времени нагрева, нагрев и охлаждение двигателя при различных режимах работы. Выбор мощности двигателя для различных режимов работы. Критерии и методы выбора электродвигателей. Методы средних потерь, эквивалентного тока, эквивалентного момента и эквивалентной мощности. Вероятностный метод выбора электродвигателей.</p>	4		2	14
<b>6. Разомкнутые и замкнутые схемы управления электроприводами</b>					
	<p>Классификация и принципы построения систем управления. Электрические приводы с релейно-контакторным управлением. Принципы управления в замкнутых системах регулирования электроприводов. Статические и динамические характеристики замкнутых систем автоматизированного электропривода. Определение качества регулирования переходных процессов. Методы синтеза корректирующих устройств. Автоматическая система управления электроприводом постоянного тока генератор двигатель. Принципы формирования переходных процессов пуска и торможения. Использование электромашинных, электромагнитных и полупроводниковых регуляторов. Автоматизированный электропривод постоянного тока системы тиристорный преобразователь - двигатель. Принципы построения. Непрерывное и импульсное управление. Методы формирования динамических характеристик. Системы тиристорного асинхронного электропривода с параметрическим управлением. Асинхронно-вентильный каскад. Система преобразователь частоты - асинхронный двигатель. Использование микропроцессоров для управления электроприводом. Широтно-импульсная модуляция.</p>	6		4	12

<b>7. Следящее и программное управление электроприводами</b>					
	Классификация следящего электропривода. Уравнения следящей системы. Электрический вал. Следящий электропривод с пропорциональным, пропорционально-интегральным и пропорционально-дифференциальным регулированием, системы управления переменной структуры, оптимальные по быстрдействию. Следящий электропривод с двигателями постоянного и переменного тока. Управление электроприводами с применением простейших средств программного управления. Электропривод с адаптивным управлением. Применение бесконтактных логических элементов. Точная остановка электроприводов. Цифровое программное управление.	6		3	14
	ВСЕГО	34		17	93

*Примечание: в колонку «самостоятельная работа» входят подготовка к лекционным, практическим, лабораторным занятиям.*

## **4.2. Содержание практических (семинарских) занятий (не предусмотрены)**

### **4.3. Содержание лабораторных занятий**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
<b>семестр № 6</b>				
1	Регулирование координат в приводах мехатронных и робототехнических устройств	Исследование скоростных и механических характеристик электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения.	2	2
2	Особенности конструкций, электромеханические свойства, структурное представление,	Исследование регулировочных свойств электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения в системе «генератор-двигатель».	2	2
3	математическое описание и схемы	Исследование реостатного пуска и способов торможения двигателя постоянного тока.	1	1
4	управления приводами мехатронных и робототехнических	Исследование механических и регулировочных характеристик двигателя постоянного тока.	1	1
5	систем с различными типами исполнительных механизмов.	Исследование механических характеристик асинхронного электродвигателя с фазным ротором.	2	2
6	Энергетические характеристики и выбор мощности привода.	Исследование нагрузочных диаграмм электродвигателя. Исследование схемы управления электродвигателя постоянного тока.	2	2



7		Исследование однофазного управляемого выпрямителя с аналоговой системой управления. Исследование аналоговой системы управления однофазного управляемого выпрямителя.	1	1
8	Разомкнутые и замкнутые схемы управления электроприводами	Исследование трехфазного управляемого выпрямителя с микропроцессорной системой управления.	1	1
9		Исследование реверсивной схемы управления трехфазным асинхронным электродвигателем с торможением противовключением. Исследование схемы управления трехфазным асинхронным электродвигателем с фазным ротором	1	1
10	Следящее и программное управление электроприводами	Исследование широтно-импульсного преобразователя на IGBT-модулях. Исследование реверсивного широтно-импульсного преобразователя на IGBT-транзисторах. Исследование трехфазного инвертора на IGBT-транзисторах.	2	2
11		Исследование сервопривода	2	2
ИТОГО:			17	17
ВСЕГО:			34	

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

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

*(Приводятся контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, а также для контроля самостоятельной работы обучающегося по отдельным разделам дисциплины. Можно привести отдельный перечень для текущего и промежуточного контроля).*

	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основные понятия, предмет и задачи привода мехатронных и робототехнических систем	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные понятия и задачи привода мехатронных и робототехнических систем.</li> <li>2. Функциональная схема привода мехатронных и робототехнических систем.</li> </ol>
2	Механика электропривода	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кинематические схемы электроприводов. Активные и реактивные силы и моменты.</li> <li>2. Расчетные схемы механической части электропривода.</li> <li>3. Приведение масс, движущихся вращательно.</li> <li>4. Приведение масс, движущихся поступательно.</li> <li>5. Уравнения движения и режимы работы электропривода.</li> <li>6. Структурная схема двухмассовой механической системы.</li> <li>7. Трехмассовая структурная схема механической части электропривода</li> <li>8. Структурная схема жесткого приведенного механического звена.</li> <li>9. Влияние кинематических погрешностей и зазоров в передачах электропривода.</li> <li>10. Обобщенная структурная схем механической части электропривода.</li> </ol>
3	Регулирование координат в приводах мехатронных и робототехнических устройств	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цели и задачи регулирования координат электропривода. Основные способы регулирования координат, их показатели и характеристики.</li> <li>2. Регулирование координат электропривода. Система УП-Д, математическое описание</li> <li>3. Регулирование координат электропривода. Структурные схемы приводов.</li> <li>4. Типовые схемы электроприводов, требующих управления нескольких координат. Схема с суммирующим усилителем.</li> <li>5. Типовые схемы электроприводов, требующих управления нескольких координат. Схема с ЛПУ.</li> <li>6. Типовые схемы электроприводов, требующих управления нескольких координат, структура с подчиненным регулированием.</li> <li>7. Типовые схемы электроприводов, требующих управления нескольких координат. Настройка на технический оптимум.</li> </ol>

<p>4.</p>	<p>Особенности конструкций, электромеханические свойства, структурное представление, математическое описание и схемы управления приводами мехатронных и робототехнических систем с различными типами исполнительных механизмов.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ДПТ с независимым возбуждением как исполнительный механизм.</li> <li>2. ДПТ с полюсным управлением как исполнительный механизм.</li> <li>3. Однофазный АД как исполнительный механизм.</li> <li>4. Трёхфазный АД как исполнительный механизм при частотном управлении.</li> <li>5. Электромеханические свойства электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения. Математическое описание динамических процессов в электроприводе. Структурная схема.</li> <li>6. Уравнения статических характеристик и режимы работы электропривода с двигателем независимого возбуждения. Динамическое торможение. Динамические свойства.</li> <li>7. Электромеханические свойства электроприводов с двигателями последовательного возбуждения. Схема включения. Математическое описание динамических режимов. Статические характеристики.</li> <li>8. Режимы работы электроприводов с двигателями последовательного возбуждения. Расчет регулировочных характеристик. Динамическое торможение с самовозбуждением. Особенности характеристик двигателя со смешанным возбуждением.</li> <li>9. Электромеханические свойства асинхронных электроприводов. Математическое описание динамических процессов в асинхронном электроприводе. Характеристики и режимы работы. Регулировочные характеристики.</li> <li>10. Частотное регулирование. Динамические процессы в асинхронном электроприводе. Динамическая модель АД-ПЧ.</li> <li>11. Асинхронный электропривод с частотным управлением. Механические характеристики при различных законах частотного регулирования.</li> <li>12. Электромеханические свойства электропривода с синхронным двигателем.</li> <li>13. Электромеханические переходные процессы электропривода с линейной механической характеристикой при скачкообразном изменении управляющего или возмущающего воздействия.</li> <li>14. Электромеханические переходные процессы электропривода при линейном изменении и экспоненциальном изменении <math>\omega_0=f(t)</math>. Особенности переходных процессов электропривода с асинхронным короткозамкнутым двигателем.</li> <li>15. Электропривод с многоскоростными асинхронными двигателями. Принцип работы, механические характеристики, допустимая нагрузка при работе на различных характеристиках.</li> <li>16. Динамические процессы в асинхронном электроприводе. Уравнения и структурная схема асинхронного электропривода при линеаризованной динамической механической характеристике двигателя.</li> </ol>
-----------	---	--

Динамические свойства асинхронного электропривода на рабочем участке механической характеристики.

17. Электромеханические свойства электропривода с синхронным двигателем. Схема включения, пусковая, статическая и динамическая механические характеристики синхронного двигателя. Уравнения в осях  $d$ ,  $q$ , описывающие динамические процессы в синхронном электроприводе.

18. Угловая характеристика синхронного двигателя. Приближенное уравнение динамической механической характеристики. Структурная схема синхронного электропривода. Влияние тока возбуждения на максимальный момент и коэффициент мощности двигателя.

19. Привод на базе шагового двигателя Режимы работы шагового привода. Зависимость момента, развиваемого шаговым двигателем, от скорости.

20. Общие уравнения электромеханических переходных процессов в электроприводе с линейной механической характеристикой двигателя при  $C_{I2}=\infty$ ,  $M_c=\text{const}$  и скачкообразном изменении управляющего или возмущающего воздействия.

21. Приводы с бесконтактными двигателями постоянного тока, принцип работы, схемы управления. Основные элементы и требования к ним.

22. Приводы микроперемещений на основе пьезокерамики, принцип работы, структурное представление, особенности конструкций.

23. Пьезоэлектрики – монокристаллы. Пьезоэлементы. Шаговые двигатели. Цифровой пьезоэлектрический привод.

24. Поликристаллические пьезоэлектрики. Пьезоэлектрический привод с регулированием по положению.

25. Пьезоэлектрики – монокристаллы. Пьезоэлектрический привод с подчиненным регулированием.

26. Особенности конструкции, структурное представление и математическое описание элементов гидроприводов и гидроавтоматики (клапаны, золотники, гидроцилиндры).

27. Особенности конструкции, структурное представление и математическое описание гидронасосов, гидродвигателей. Схемы управления гидродвигателями.

28. Особенности конструкции, электромеханические свойства, структурное представление электрогидропривода.

29. Подготовка сжатого воздуха. Компрессорный пневмопривод. Аккумуляторный пневмопривод. Типовой узел подготовки воздуха.

30. Исполнительные пневматические устройства. Пневмодвигатели объемного и динамического действия. Схемы бесштоковых пневмодвигателей поступательного движения.

5.	Энергетические характеристики и выбор мощности привода.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Показатели, характеризующие работу электропривода с энергетической точки зрения.</li> <li>2. Потребляемая мощность, КПД и потери при работе двигателя на естественной характеристике с постоянной нагрузкой.</li> <li>3. Определение потерь при работе двигателя на естественной характеристике с переменной нагрузкой методом эквивалентных величин. Условия применимости различных вариантов метода.</li> <li>4. Потери при работе двигателей на регулировочных характеристиках.</li> <li>5. Потери и КПД в регулируемом электроприводе. Зависимость их от характера изменения статического момента от скорости. Интегральный КПД за производственный цикл.</li> <li>6. Потери и расход энергии в переходных режимах двигателей постоянного тока.</li> <li>7. Потери и расход энергии в переходных режимах асинхронных двигателей. Способы снижения потерь в переходных режимах.</li> <li>8. Коэффициент мощности и потребление реактивной энергии асинхронными и синхронными двигателями трехфазного тока. Определение коэффициента мощности за цикл работы.</li> <li>9. Коэффициент мощности электропривода постоянного тока по системе ТП-Д.</li> <li>10. Нагревание и охлаждение двигателей.</li> <li>11. Нагрузочные диаграммы электроприводов.</li> <li>12. Номинальные режимы работы двигателей.</li> <li>13. Выбор двигателя для продолжительного режима работы.</li> <li>14. Выбор двигателя для кратковременного режима работы.</li> <li>15. Выбор двигателя для повторно-кратковременного режима работы.</li> <li>16. Особенности выбора двигателя для регулируемого электропривода.</li> </ol>
6	Разомкнутые и замкнутые схемы управления электроприводами	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Принципы автоматизации процессов пуска, торможения и реверсирования двигателей в разомкнутых системах управления.</li> <li>2. Типовые схемы управления двигателем постоянного тока и асинхронным двигателем.</li> <li>3. Принципы управления электроприводом в замкнутых системах. Системы управления с общим усилителем и подчиненным регулированием координат.</li> <li>4. Регулирование момента в системе УП-Д с ООС по току.</li> <li>5. Регулирование момента в системе УП-Д с формирующей ПОС по скорости.</li> <li>6. Регулирование тока в системе Г-Д с формирующей ПОС по напряжению генератора.</li> <li>7. Схема включения и принцип работы асинхронного электропривода с импульсным регулятором в цепи выпрямленного тока ротора.</li> </ol>

		<p>8. Асинхронный электропривод с импульсным регулятором и рекуперацией энергии скольжения в сеть.</p> <p>9. Каскадные схемы асинхронных электроприводов. Асинхронный вентильно - машинный электрический каскад, асинхронно-вентильный каскад. Схемы включения, принцип работы, механические характеристики.</p> <p>10. Каскадные схемы асинхронных электроприводов. Асинхронный вентильно - машинный электромеханический каскад. Схемы включения, принцип работы, механические характеристики.</p> <p>11. Синтез регулятора в замкнутых СУ (внутренний контур).</p> <p>12. Синтез регулятора в замкнутых СУ (второй контур, оптимум по модулю).</p> <p>13. Синтез регулятора в замкнутых СУ (симметричный оптимум).</p> <p>14. Контур регулирования тока в системе УП-Д, оптимизированный по методу последовательной коррекции статической характеристики.</p> <p>15. Контур регулирования тока в системе УП-Д. Синтез регулятора.</p>
7	<p>Следящее и программное управление электроприводами</p>	<p>1. Однофазный и трехфазный управляемый выпрямитель с микропроцессорной системой управления.</p> <p>2. Однофазный и Трехфазный управляемый выпрямитель с аналоговой системой управления.</p> <p>3. Реверсивный широтно-импульсный преобразователь на IGBT-транзисторах.</p> <p>4. Трехфазный инвертор на IGBT-транзисторах.</p> <p>5. Частотно регулируемые приводы.</p> <p>6. Электропривод с программным управлением.</p> <p>7. Электропривод с адаптивным управлением.</p> <p>8. Следящий электропривод с аналоговым управлением.</p> <p>9. Следящий электропривод с релейным управлением.</p> <p>10. Сервоприводы.</p> <p>11. Комплектные и интегрированные электроприводы.</p> <p>12. Точностные показатели следящих электроприводов.</p>

**5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ,  
их краткое содержание и объем  
(не предусмотрены)**

**5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий,  
расчетно-графических заданий  
(не предусмотрены)**

**5.4. Перечень контрольных работ  
(не предусмотрены)**

**6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

**6.1. Перечень основной литературы**

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Анучин А.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2015.— 373 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33232>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Автоматизация типовых технологических процессов и установок [Электронный ресурс]: методические указания к курсовому проекту для студентов по направлению подготовки 140400 «Электроэнергетика и электротехника» профиля подготовки «Электропривод и автоматика» очной и очно-заочной форм обучения/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 59 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22854>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Бекишев Р.Ф. Общий курс электропривода [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бекишев Р.Ф., Дементьев Ю.Н.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2014.— 302 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34688>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Богданович, Л.Б. Гидравлические приводы: Учеб. пособие для вузов. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1980. – 232 с.
5. Васильев Б.Ю. Электропривод. Энергетика электропривода [Электронный ресурс]: учебник/ Васильев Б.Ю.— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2015.— 272 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/53868>.— ЭБС «IPRbooks»
6. Герц, Е.В. Пневматические приводы. Теория и расчет. – М.: Машиностроение, 1969. - 359 с.
7. Даниленко Ю.И. Типовые схемы автоматического управления электроприводами [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям по курсу «Электротехника и электроника»/ Даниленко Ю.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический

- университет имени Н.Э. Баумана, 2013.— 20 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31650>.— ЭБС «IPRbooks»
8. Иванов-Смоленский, А.В. Электрические машины: Учебник для вузов. В 2-х т. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2004.
9. Исследование способов торможения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторной работе № 1 по регулируемому электроприводу/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 16 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55096>.— ЭБС «IPRbooks»
10. Кацман, М.М. Электрический привод: Учеб. пособие для вузов. – М.: Академия, 2005.— 384 с.
11. Красовский А.Б. Исследование на модели режимов работы тиристорных преобразователей в электроприводе [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторной работе по курсам «Основы электропривода» и «Электропривод, управление и автоматизация АММА»/ Красовский А.Б.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2012.— 44 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31419>.— ЭБС «IPRbooks»
12. Красовский А.Б. Расчет характеристик электропривода [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению домашнего задания по курсу «Основы электропривода»/ Красовский А.Б.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011.— 40 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31221>.— ЭБС «IPRbooks»
13. Мещеряков В.Н. Инверторы и преобразователи частоты для систем электропривода переменного тока [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Мещеряков В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 90 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55631>.— ЭБС «IPRbooks»
14. Мещеряков В.Н. Электрический привод. Часть 1. Электромеханические системы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Мещеряков В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 123 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55669>.— ЭБС «IPRbooks»
15. Москаленко, В.В. Системы автоматизированного управления электропривода: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 208 с.
16. Москаленко, В.В. Электрический привод: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 368 с.
17. Польский В.А. Изучение способов управления электроприводом переменного тока на базе программируемых логических контроллеров



[Электронный ресурс]: методические указания по курсу «Электроприводы роботов»/ Польский В.А., Ванин А.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2010.— 36 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30980>.— ЭБС «IPRbooks»

18. Путинцев Н.Н. Автоматизированный электропривод [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Путинцев Н.Н., Бородин А.М., Сысенко В.Т.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.— 80 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45355>.— ЭБС «IPRbooks»

19. Регулируемый электропривод. Моделирование переходных процессов [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям и курсовому проекту/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 25 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55150>.— ЭБС «IPRbooks»

20. Регулируемый электропривод. Статические и динамические характеристики [Электронный ресурс]: методические указания к курсовому проекту и практическим занятиям/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 53 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55151>.— ЭБС «IPRbooks»

21. Розанов, Ю.К., Соколова Е.М. Электронные устройства электромеханических систем: Учебное пособие для студентов высш. учебн. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. . – 272 с.

22. Симаков Г.М. Автоматизированный электропривод в современных технологиях [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Симаков Г.М.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.— 103 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45354>.— ЭБС «IPRbooks»

23. Симаков Г.М. Цифровые устройства и микропроцессоры в автоматизированном электроприводе [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Симаков Г.М., Панкрац Ю.В.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 211 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45455>.— ЭБС «IPRbooks»

## **6.2. Перечень дополнительной литературы**

1. Автоматизированный электропривод / общ. ред.: Н. Ф. Ильинский, М. Г. Юньков. - Москва: Энергоатомиздат, 1990. - 544 с.

2. Атаманов В.Н. Исследование асинхронного электропривода при частотном регулировании [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторной работе №14 по курсу «Электротехника и электроника»/ Атаманов В.Н.,

Мелиоранская Т.В., Ролдугин Л.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2006.— 16 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31415>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Белов, М. П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебник / М. П. Белов, В. А. Новиков, Л. Н. Рассудов. - Москва: Академия, 2004. - 575 с.

4. Браславский, И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод: учеб. пособие / И. Я. Браславский, З. Ш. Ишматов, В. Н. Поляков. - Москва: АCADEMIA, 2004. - 248 с.

5. Волченсков, В.И. Исследование трехфазных асинхронных двигателей с фазным ротором [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. — Электрон. дан. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2009. — 42 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=52091](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52091)

6. Герман-Галкин, С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: учеб. пособие / С. Г. Герман-Галкин. - Санкт-Петербург: КОРОНА принт, 2001. - 320 с.

7. Герман-Галкин, С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебник для вузов. – СПб.: Корона принт., 2001. – 320 с.

8. Епифанов, А. П. Электропривод [Электронный ресурс] : учебник / Епифанов А. П., Малайчук Л. ., Гущинский А. Г. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 400 с. —Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3812](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3812) — Загл. с экрана.

9. Ильинский, Н. Ф. Основы электропривода : учеб. пособие / Н. Ф. Ильинский. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: МЭИ, 2003. - 221 с.

10. Исследование способов торможения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторной работе № 1 по регулируемому электроприводу/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 16 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55096>.— ЭБС «IPRbooks»

11. Кацман, М. М. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / ред.: В. И. Крупович, Ю. Г. Барыбин, М. Л. Самовер. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Энергоиздат, 1982.

12. Кацман, М.М. Руководство к лабораторным работам по электрическим машинам и электроприводу. Учебное пособие. – М.: Высшая школа., 2000.–215 с.

13. Ключев, В.И., Терехов, В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1980. – 360 с.

14. Ковчин, С.А., Сабинин, Ю.А. Теория электропривода: Учебник для вузов. – СПб.: Энергоатомиздат, 2000. – 496 с.
15. Никитенко Г.В. Электропривод производственных механизмов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Никитенко Г.В.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, АГРУС, 2012.— 240 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47399>.— ЭБС «IPRbooks»
16. Поршневу, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MathCAD: Учебное пособие/ С.В. Поршневу – М.: Горячая линия - Телеком, 2004.- 319 с.
17. Руководство к лабораторным работам по электрическим машинам и электроприводу: учеб. пособие / М. М. Кацман. - 2-е изд., испр. - Москва: Высшая школа, 2001. - 214 с.
18. Советов, Б.Я. Моделирование систем: Учебник. – М.: Высшая школа, 2001. – 343 с.
19. Сугробов А.М. Проектирование электрических машин автономных объектов [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Сугробов А.М., Русаков А.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2012.— 304 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33176>.— ЭБС «IPRbooks»
20. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем: Учебник. – Минск: Дизайн ПРО, 2004.- 639 с.
21. Теория автоматизированного электропривода: учеб. пособие / М. Г. Чиликин, В. И. Ключев, А. С. Сандлер. - Москва: Энергия, 1979. - 616 с.
22. Терехов, В. М. Системы управления электроприводов : учебник / В. М. Терехов, О. И. Осипов. - Москва: АСАДЕМА, 2005. - 299 с.
23. Управление электроприводами [Электронный ресурс]: методические указания к курсовой работе для студентов направления подготовки 140400 «Электроэнергетика и электротехника» профиля подготовки «Электропривод и автоматика» очной и очно-заочной форм обучения/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 81 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57622>.— ЭБС «IPRbooks»
24. Управление электроприводами [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 41 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22929>.— ЭБС «IPRbooks»
25. Фролов, Ю.М. Сборник задач и примеров решений по электрическому приводу [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.М. Фролов, Шелякин В. П. —Электрон. дан. —СПб. : Лань, 2012. — 367с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3185](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3185) — Загл. с экрана.
26. Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода: учеб. для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер . - 6-е изд., доп. и перераб. - Москва: Энергоиздат, 1981. - 576 с.

27. Чиликин, М.Г. , Ключев, В.И. , Сандлер, А.С. Теория автоматизированного электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1979. – 615 с.
28. Электротехнический справочник. Том 4. Использование электрической энергии [Электронный ресурс]/ — Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2004.— 696 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33187>.— ЭБС «IPRbooks»
29. Янковенко, В. С. Расчет и конструирование элементов электропривода: учебник / В. С. Янковенко, С. С. Арсенюк, В. М. Царик. - Москва: Энергоатомиздат, 1987. - 320 с.

### 6.3. Перечень интернет ресурсов

1. <http://lib-bkm.ru/publ/31-1-0-656> – Электронная Библиотека Машиностроителя, электропривод.
2. [http://epla.susu.ru/vsg\\_lit.htm](http://epla.susu.ru/vsg_lit.htm) – Электропривод. Рекомендуемая литература.
3. <http://electroprivod.ru/literatura.htm> – Электропривод. Рекомендуемая литература.
4. <http://stanok-online.ru/literatura/elektroprivod/> – Станок online. Литература по электродвигателям.
5. <http://www.toroid.ru/elm.html> – ТОРОИД. Книги по теме "Электрические машины"
6. [http://bamper.info/katalog/23-elektricheskie\\_mashiny](http://bamper.info/katalog/23-elektricheskie_mashiny) Библиотека технической литературы. Электрические машины
7. <http://techlib.org/tag/pnevmaticheskie-privody> – Книги с тегом "Пневматические приводы"
8. <http://www.elibrary.ru> – Научная электронная библиотека.
9. <http://www.gpntb.ru/> – Государственная публичная научно-техническая библиотека России.
10. <http://elibrary.bmstu.ru> – Библиотека МГТУ им. Н.Баумана.
11. <http://www.viniti.ru> – Всероссийский институт научной информации по техническим наукам(ВИНИТИ).
12. <http://www.unilib.neva.ru/rus/> – Фундаментальная библиотека Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.
13. <http://elibrary.eltech.ru> – Библиотека Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета.
14. <http://www.ntb.bstu.ru> и переход к системе NormaCS - Электронно-библиотечная система БГТУ им В.Г.Шухова.

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


Преподавание дисциплины «Приводы мехатронных и робототехнических систем» осуществляется в специализированной аудитории «Лаборатория электропривода и электрических машин» при активном использовании ИКТ, используя в учебном процессе для улучшения наглядности и доступности следующее обеспечение:

- интерактивную доску с соответствующим программным обеспечением;
- мультимедиа и анимационный материал, поясняющее работу элементов и устройств;
- презентационное программное обеспечение для демонстрации презентаций по разнообразным темам, лицензия БГТУ;
- персональные компьютеры с операционной системой Microsoft Windows 7, 10, MSDN подписка БГТУ, офисным приложением Microsoft Office 2013, Лицензия БГТУ;
- среда математического моделирования Matlab 2014b, Simulink, Neural Networks Toolbox, Statistics and Machine Learning Toolbox, 10 лиц. №362444 бессрочная
- среда математического моделирования MathWorks Individual Licenses (per License): MATLAB 2016b, Simulink, Neural Networks Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, Control System Toolbox, 10 лиц. №1145851 бессрочная.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2016/2017 учебный год.  
Протокол № 10 заседания кафедры от «16» 05 2016г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Рубанов В.Г.  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Белоусов А.В.  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ


Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.  
Протокол № 11 заседания кафедры от «15» 05 2017г.

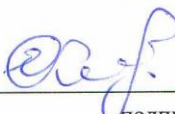
Заведующий кафедрой  Рубанов В.Г.  
подпись, ФИО

Директор института  Белоусов А.В.  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2018/2019 учебный год.  
Протокол № 13 заседания кафедры от «01» 06 2018г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Рубанов В.Г.  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Белоусов А.В.  
подпись, ФИО



## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.  
Протокол № 12 заседания кафедры от « 17 » 05 2019 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_

  
подпись, ФИО

## ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение №1.** Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины (включая перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине).

Основой является модульный метод обучения, сущность которого состоит в том, что содержание обучения структурируется в автономные организационно-методические блоки – модули, содержание и объём которых могут варьировать в зависимости от дидактических целей. Сами модули формируются в виде разделов, объединяемых по тематическому признаку.

Информационные технологии предполагают использование электронных материалов, системных и программных средств. Применение персональных компьютеров при изучении дисциплины активизирует познавательную деятельность студентов в области современных информационных технологий.

Самостоятельная работа студентов предполагает активное, последовательное и подробное освоение ими соответствующих учебных материалов дисциплины по всем ее структурным разделам с использованием рекомендуемой основной и дополнительной литературы и интернет источников. При рассмотрении всех разделов дисциплины рекомендуется постоянная работа с Интернет-ресурсами, с вебинарами проводимыми на русском и английском языках. Итоговый контроль осуществляется в форме экзамена после изучения всех частей курса.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

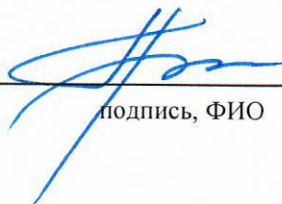
Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.  
Протокол № 10 заседания кафедры от «28» 05 2020г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_



подпись, ФИО