

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Первый проректор

  
(подпись)

« 31 » 03



А.А. Каракозов

20 2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДЭ.05.01 Системы программного управления робототехническими**

**комплексами**

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления / специальности)

Направленность (профиль): Электромеханические системы автоматизации и электропривод  
(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа: магистратура  
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

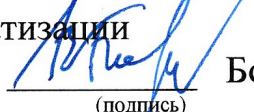
Форма обучения: очная, заочная  
(очная, заочная, очно-заочная)

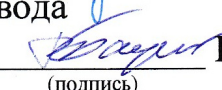
Форма обучения:	очная	заочная
Семестр(ы)	1	4
Общая трудоёмкость в ЗЕТ/часах	3,0/108	3,0/108
Контактная работа (час.)	55	20
Лекции (час.)	17	4
Практические (семинарские) занятия (час.)	-	-
Лабораторные работы (час.)	34	10
Самостоятельная работа (час.), в том числе	53	88
Курсовой проект(работа) (семестр/час.)	-	-
Контроль (экзамен, час./зачёт)	зачет	зачет

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Системы программного управления робототехническими комплексами» составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность (профиль) – «Электромеханические системы автоматизации и электропривод» для 2023 года приёма по очной и заочной формам обучения.


Составители:

Доцент кафедры электропривода и автоматизации  
промышленных установок, к.т.н., доцент  Борисенко В.Ф.  
(подпись)

старший преподаватель кафедры электропривода  
и автоматизации промышленных установок  Бажутин Д.В.  
(подпись)

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры  
«Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от «07» 03 2023 года № 9.

Заведующий кафедрой  Розкаряка П.И.  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена** учебно-методической комиссией  
ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 13.04.02  
«Электроэнергетика и электротехника».

Протокол от «23» 03 2023 года № 3

Председатель  Ткаченко С.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры  
электропривода и автоматизации промышленных установок.

Протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры  
электропривода и автоматизации промышленных установок.

Протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры  
электропривода и автоматизации промышленных установок.

Протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

## **1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дисциплина рассматривает вопросы моделирования и управления робототехническими установками с точки зрения автоматического управления электроприводами их звеньев.

Целью преподавания дисциплины обучение студентов методикам синтеза систем управления робототехническими комплексами, основам оптимизации и планирования движения многокоординатных объектов.

В результате освоения дисциплины студент должен знать:

- основные методы создания и анализа математических, компьютерных и имитационных моделей робототехнических систем;
- основные проблемы робототехники с точки зрения проектирования быстродействующих и надежных систем автоматического управления, требующих использования современных научных методов исследования;

уметь:

- подбирать необходимые методы создания моделей робототехнических систем, позволяющих с необходимым уровнем точности передать поведение реальных промышленных систем;
- выбирать тип систем управления исполнительными механизмами робототехнических систем и проектировать их узлы;

владеть:

- навыками практического применения моделей робототехнических систем для решения вопросов планирования траектории перемещения рабочего органа;
- навыками выбора элементов систем управления исполнительными механизмами робототехнических систем и проектирования их аппаратной и программной части.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способностью применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности (ПК-1);
- способностью выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности (ПК-3).

## **2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ**

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: «Системы управления электроприводами», «Теория автоматического управления», «Моделирование электромеханических систем», «Теоретическая механика».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при прохождении учебной или производственной практики, выполнении научно-исследовательской работы и подготовке квалификационной выпускной работы магистра.

### 3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

№ те- мы	Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
		Всего	В том числе			
			Лекции	Практ. (Семин.)	Лабор.	СРС
1	Основные понятия робототехники	8/9	2/1		2/2	4/6
2	Кинематика роботов-манипуляторов	20/13	2/1		10/2	8/10
3	Скорости и ускорения при движении	12/13	2/0		2/1	8/12
4	Динамика манипуляторов	17/17	3/1		6/2	8/14
5	Планирование задач в робототехнике	10/13	2/0		2/1	6/12
6	Синтез системы регулирования электроприводом звена робота-манипулятора	17/19	3/1		6/2	8/16
7	Оптимизация движения многокоординатного объекта	16/10	2/0		6/0	8/10
8	Специфика задач управления в мобильных и антропоморфных роботах	4/8	1/0		0/0	3/8
Контактная работа (дополнительная)		4/6				
Итого по видам занятий		108/108	17/4		34/10	53/88
Контроль						
<b>ИТОГО</b>		<b>108</b>				

#### Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ПК-1	Темы 1, 2, 3, 4, 6
ПК-3	Темы 5, 7, 8

#### 3.2 Лекции

Тема 1. Основные понятия робототехники.

Содержание темы 1:

Классификация робототехнических систем. Элементы систем электроприводов робототехнических систем. Датчики и передаточные механизмы. Особенности управления движением робототехнических систем. Роботы-манипуляторы.

Литература к теме 1: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#)]

Тема 2. Кинематика роботов-манипуляторов.Содержание темы 2:

Понятия локальной и глобальной системы координат. Однородные преобразования координат. Прямая и обратная задача кинематики. Аналитическое и численное решение обратной задачи. Граница рабочей области.

Литература к теме 2: [[1](#), [3](#), [4](#)]

Тема 3. Скорости и ускорения при движении.Содержание темы 3:

Особенности отработки траектории движения роботами-манипуляторами. Управляемость роботов-манипуляторов. Прямая и обратная задача о скоростях. Матрица Якоби.

Литература к теме 3: [[2](#), [4](#)]

Тема 4. Динамика манипуляторов.Содержание темы 4:

Математическая модель робота манипулятора. Уравнение Лагранжа второго рода. Метод Даламбера. Метод Ньютона-Эйлера. Имитационное моделирование механической части роботов-манипуляторов.

Литература к теме 4: [[2](#), [3](#), [4](#)]

Тема 5. Планирование задач в робототехнике.Содержание темы 5:

Планирование траектории движения. Неоднозначность решения обратной задачи кинематики. Обход препятствий. Контроль ориентации схвата.

Литература к теме 5: [[2](#), [4](#)]

Тема 6. Синтез системы регулирования электроприводом звена робота манипулятора.

Содержание темы 6:

Анализ уравнений динамики. Сервоприводы. Робастное управление. Совместное управление. Релейное управление. Синтез одноконтурной системы регулирования.

Литература к теме 6: [[2](#), [4](#)]

Тема 7. Оптимизация движения многокоординатного объекта.Содержание темы 7:

Понятие многокоординатного перемещения. Оптимальное управление. Критерии оптимальности. Поиск минимального перемещения звеньев. Учет ограничения координат.

Литература к теме 3: [2, 3, 4, 5]

Тема 8. Специфика задач управления в мобильных и антропоморфных роботах.

Содержание темы 8:

Мобильные роботы. Системы искусственного зрения. Синхронизация движения колес. Антропоморфные роботы. Алгоритмы шагания.

Литература к теме 8: [2, 4, 5]

### 3.3 Практические (семинарские) занятия не предусмотрены

### 3.4 Лабораторные работы

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. (очн./заочн.)	Литера- тура
1	Лабораторная работа №1. Преобразование координат в роботах-манипуляторах.	4/1	[1, 6]
2	Лабораторная работа №2. Решение обратной задачи кинематики.	4/2	[1, 2, 6]
3	Лабораторная работа №3. Управление манипулятором с движением по заданной траектории.	4/3	[2, 6]
5	Лабораторная работа №4. Управление манипулятором с сохранением заданной ориентации рабочего органа.	4/0	[2, 6]
6	Лабораторная работа №5. Синтез следящих одноконтурных систем управления поворотом звеньев робота-манипулятора.	6/4	[2, 6]
<b>ИТОГО:</b>		<b>34/10</b>	

### 3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. (очн./заочн.)
1	Изучение лекционного материала	25/40
3	Подготовка к лабораторным занятиям	28/44
<b>ИТОГО:</b>		<b>53/88</b>

### 3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовой проект (работа) и индивидуальное задание по дисциплине учебным планом не предусмотрены.

## 4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

### *Составляющая компетенции – полнота знаний*

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

### *Составляющая компетенции – умения*

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- высокий уровень: Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

### *Составляющая компетенции – владение навыками*

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных

заданий;

- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;

- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;

- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;

- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;

- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

#### *Обобщенная оценка сформированности компетенций*

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;

- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;

- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;

- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;

- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;

- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

## 4.2 Критерии оценивания

Оценивание уровня освоения студентом учебного материала дисциплины «Системы программного управления робототехническими комплексами» производится в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (семестрового контроля).

**Текущий контроль** знаний студента очной формы обучения осуществляется по результатам лабораторных работ, студента заочной формы обучения – по результатам выполнения контрольной работы. Выполнение лабораторных работ с защитой отчёта, выполнение индивидуального задания (контрольной работы), предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием допуска студента к экзамену.

Распределение баллов текущего контроля работы студента на протяжении семестра приведено в таблице 1.



Таблица 1 – Распределение баллов текущего контроля

Форма контроля	Возможное количество баллов	Примечание
Для студентов очной формы обучения		
Отчёт по лабораторной работе	10	Задание выполнено правильно, приведен анализ полученного результата
	5	Задание выполнено в целом правильно, возникли трудности в объяснении полученных результатов
<b>Итого по лабораторным работам (максимально возможное)</b>	<b>50</b>	Из расчёта 5 лабораторных работ. Оценивается каждая лабораторная работа.
<b>ИТОГО</b>	<b>50</b>	Максимально возможное
Для студентов заочной формы обучения		
Выполнение контрольной работы (индивидуального задания)	<b>50</b>	При выполнении задания приняты правильные решения, изложение материала аргументированное, последовательное, работа оформлена без замечаний
	<b>30</b>	Задание выполнено в целом правильно, но полученные результаты не всегда обоснованы, имеются замечания по оформлению.
<b>ИТОГО</b>	<b>50</b>	Максимально возможное

**Промежуточная аттестация** по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового зачета. Для определения уровня знаний студентов преподаватель руководствуется критериями оценки знаний, являющимися составляющей учебно-методического комплекса дисциплины.

**Итоговая оценка** определяется путем суммирования количества баллов по результатам текущего контроля. **Максимально возможное количество баллов – 100.**

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Зачтено
80-89	B	
75-79	C	
70-74	D	
60-69	E	
35-59	FX	Не зачтено
0-34	F*	

\* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

#### 4.4 Пример текущего опроса на лабораторных работах

На примере темы «Преобразование координат в роботах-манипуляторах»:

1. В чем заключается прямая задача кинематики?
2. Что называется однородным преобразованием координат?

3. Что называют глобальной системой координат манипулятора?
4. Что называют локальной системой координат?
5. В какой системе координат формируется траектория движения? Почему?
6. В чем принципиальное различие между режимами работы блока Joint Actuator?
7. Как получить матрицу однородного преобразования координат?
8. Почему матрицы однородного преобразования перемножаются при вычислении координат схвата?

Ответы на вопросы входного контроля учитываются преподавателем в результатах текущего контроля работы студента.

## **5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **I Основная литература**

1. Компьютерное моделирование электромеханических систем постоянного и переменного тока в среде MATLAB Simulink : учебное пособие / Ю. Н. Дементьев, В. Б. Терехин, И. Г. Однокопылов, В. М. Рулевский. — Томск : Томский политехнический университет, 2018. — 497 с. — ISBN 978-5-4387-0819-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/98983.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Кулаков, Д. Б. Роботы и робототехника: лабораторный практикум : учебное пособие / Д. Б. Кулаков, Б. Б. Кулаков. — Москва : Российский университет дружбы народов, 2018. — 124 с. — ISBN 978-5-209-07506-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91065.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

### **II Дополнительная литература**

3. Adaptive control for robotic manipulators [Electronic resources] / edit. Z. Dan, W. Bin. - 10 Мб. - London : CRC Press, 2017. - 1 файл. - System requirements: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.org/books/21/cd10245.pdf>.

4. Борисов О.И. Методы управления робототехническими приложениями [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.И. Борисов, В.С. Громов, А.А. Пыркин ; Ун-т ИТМО. - 11 Мб. - Санкт-Петербург : ИТМО, 2016. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.org/books/21/cd10244.pdf>.

5. Медведев, В. А. Системы управления электроприводами роботов : учебное пособие / В. А. Медведев. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 194 с. — ISBN 978-5-7731-0733-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/93291.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

## **6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:**

6. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Системы программного управления робототехническими комплексами" [Электронный ресурс]. - 1 Мб. - Донецк, 2020. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.org/books/21/m6027.pdf>

7. Методические рекомендации по выполнению индивидуального задания по дисциплине "Системы программного управления робототехническими комплексами" [Электронный ресурс]. - 1 Мб. - Донецк, 2020. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.org/books/21/m6028.pdf>

8. Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине "Системы программного управления робототехническими комплексами" [Электронный ресурс]. - 246 Кб. - Донецк, 2020. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.org/books/21/m6026.pdf>

**Электронно-информационные ресурсы**  
ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.org/library>.

## **7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1 Лекционные занятия:**

Учебная аудитория №8.303 учебный корпус 8 для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мультимедийное оборудование: компьютер Intel Celeron E1200, операционная система Windows XP Professional x86/64 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 4.3.2.2, Google Slides (бесплатная версия), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, столы аудиторные, стулья ученические; демонстрационные стенды и плакаты).

### **7.2 Лабораторные занятия:**

Специализированная лаборатория №8.113 корпус 8 для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированное оборудование: робот-манипулятор Manus; 3Д принтер «Prusa i3 tronXY» (Китай), 3Д принтер, сделанный студентами (ДНР), 3Д принтер «Solidoodle» (США). Стенд 1. Лабораторный стенд для изучения параметрирования ПЧ фирмы Siemens при помощи базовой панели оператора: ПЧ Micromaster 440, 15 кВт, базовая панель оператора, двигатель АО2-51, 7.5 кВт. Стенд 2. Лабораторный стенд для изучения параметрирования ПЧ фирмы Siemens при помощи ПК: ПЧ Micromaster 440, 15 кВт; двигатель АО2-51, 10 кВт, модуль связи с ПК. Стенд 3. Лабораторный стенд для изучения механических характеристик асинхронного двигателя: ПЧ Altivar 5, 4 кВт, двигатель АК 52/6, 2.8 кВт; тиристорный преобразователь ЭТ6, 11 кВт; нагрузочная машина ПНФ-45, 3.6 кВт. Стенд 4. Лабораторный стенд для изучения цифровых систем управления тиристор-

ным электроприводом постоянного тока: тиристорный преобразователь БТУ-3501, плата АЦП/ЦАП 5710 Octagon systems, плата гальванических развязок SCMPB05, двигатель ПБСТ-32, 1,2 кВт. Стенд 5. Лабораторный стенд для исследования одноконтурной системы регулирования скорости системы ТРН-АД: комплектная тиристорная станция управления ТСУР-ИП, двигатель АК60-4 с ф.р., 7 кВт, генератор постоянного тока П-52, 6.5 кВт. Стенд 6. Лабораторный стенд для изучения параметрирования ПЧ фирмы АВВ: ПЧ ACS-550, 4 кВт, двигатель 2АИ80В2ПАУ2, 2.2 кВт. Стенд 7. Лабораторный стенд для исследования системы электропривода с управлением по цепи возбуждения двигателя: исследуемая машина ПБСТ- 22, 0.6 кВт, тиристорный преобразователь возбудителя ЭТ-3Р, 1 кВт. Стенд 8. Лабораторный стенд для исследования двухконтурной системы подчиненного регулирования: исследуемый двигатель ПБСТ-32, 0.8 кВт, реверсивный тиристорный преобразователь для исследуемой машины БТУ-3601, шкаф «Кедр-84», реверсивный тиристорный преобразователь ЭТ6 питания нагрузочной машины П-31, 0.7 кВт. Стенд 9. Лабораторный стенд для исследования цифровых систем управления на базе микромотора и микроконтроллера STM32F4.

Приборное обеспечение: паяльная станция Lukey852d, источники питания Masteram MR3003M-2, Atten TPR3003T, Masteram Mr3003, электронный осциллограф SIGLENT SDS1072CML, плата АЦП m-DAQ, датчики напряжения LEM 55р, датчики напряжения CYNVS025A. Компьютерное обеспечение: компьютеры Pentium 4 cpu 3.2ghz, 1gb, 80gb, ОС - Windows XP Professional x86 и Windows 7 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия), программное обеспечение для работы с ПЧ фирмы АВВ «DriveWindowLight2» (бесплатная версия), программное обеспечение для работы с ПЧ фирмы Siemens «Drive Monitor» (бесплатная версия). Мультимедийный проектор, экран проекционный, специализированная мебель: доска передвижная, столы аудиторные, стулья ученические.

### **7.3 Самостоятельная работа:**

Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3 (компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС-Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 - общественная лицензия MPL 2.0, Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3, Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL).