

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО  
Профессор В.А. Шпенст**

---

**Проректор по образовательной  
деятельности  
Д.Г. Петраков**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Бакалавриат
<b>Направление подготовки:</b>	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
<b>Направленность (профиль):</b>	Электропривод и автоматика
<b>Квалификация выпускника:</b>	бакалавр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доц. Ковальчук М.С.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Системы управления электроприводов» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «13.03.02 Электроэнергетика и электротехника», утвержденного приказом Минобрнауки России № 144 от 28.02.2018 г.;

- на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки «13.03.02 Электроэнергетика и электротехника» направленность (профиль) «Электропривод и автоматика».

Составитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Ковальчук М.С.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры Электроэнергетики и электромеханики 27.01.2022 г., протокол № 08/01.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Шпенст В.А

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Иванова П.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины:

- обучение студентов принципам построения, алгоритмам, методам синтеза и аппаратной и программной реализации систем управления электроприводами различных типов.

### Основные задачи дисциплины:

- овладение методами сравнения и обоснования технических решений при построении систем управления электроприводов;
- формирование навыков разработки основных разделов проекта при создании систем управления электроприводов;
- изучение типовых технических решений, принципов и методов построения систем управления автоматизированным электроприводом;
- формирование навыков использования технической документации при разработке систем управления электроприводов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Системы управления электроприводов» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «13.03.02 Электроэнергетика и электротехника» и изучается в 7 и 8 семестрах.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Системы управления электроприводов» являются «Электрические машины», «Электрический привод», «Теория автоматического управления».

Дисциплина «Системы управления электроприводов» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Теория электропривода», «Математическое моделирование электромеханических систем».

Особенностью дисциплины является то, что она обобщает знания, полученные студентами направления подготовки «Электропривод и автоматика» и является основой для написания выпускной квалификационной работы.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Системы управления электроприводов» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен участвовать в проектировании систем автоматизированного электропривода	ПКС-1	ПКС-1.2. Умеет обосновывать выбор оптимальных технических решений на различных стадиях проекта систем автоматизированного электропривода.  ПКС-1.3. Владеет навыками подготовки разделов проектной документации на различных стадиях проектирования систем автоматизированного электропривода.  ПКС-1.4. Знает типовые технические решения при проектировании систем автоматизированного электропривода.

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
		ПКС-1.5. Умеет применять требования нормативно-правовых актов, нормативных технических и нормативных методических документов к электрическим машинам и устройству систем электроприводов

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 9 зачётных единиц, 324 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам	
		7	8
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>140</b>	<b>85</b>	<b>55</b>
Лекции (Л)	45	34	11
Практические занятия (ПЗ)	28	17	11
Лабораторные работы (ЛР)	67	34	33
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>112</b>	<b>14</b>	<b>98</b>
Подготовка к лекциям	5		5
Подготовка к лабораторным работам	35	10	25
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	26	4	22
Выполнение курсовой работы / проекта	36		36
Расчетно-графическая работа (РГР)			
Реферат			
Домашнее задание			
Подготовка к контрольной работе			
Подготовка к коллоквиуму			
Аналитический информационный поиск	5		5
Работа в библиотеке	5		5
Подготовка к зачету / дифф. зачету			
<b>Промежуточная аттестация – экзамен (Э) / курсовой проект (КП)</b>	<b>Э(72), КП</b>	<b>Э(36)</b>	<b>Э(36), КП</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>			
<b>ак. час.</b>	<b>324</b>	<b>135</b>	<b>189</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>9</b>	<b>3.75</b>	<b>5.25</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовой проект
Раздел 1 «Общие принципы построения систем управления электроприводами»	22	8	4	8	2
Раздел 2 «Законы управления электроприводом»	77	26	13	26	12
Раздел 3 «Системы управления электроприводов»	153	11	11	33	98
<b>Итого:</b>	<b>252</b>	<b>45</b>	<b>28</b>	<b>67</b>	<b>112</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Общие принципы построения систем управления электроприводами	Понятие о системах управления электроприводов. Классификация систем управления электроприводов. Показатели качества управления электроприводов. Принципы частотного регулирования. IR-компенсация, компенсация скольжения.	8
2	Законы управления электроприводом	Обобщенная электрическая машина. Законы скалярного управления электроприводом – линейный, квадратичный, оптимальный, с поддержанием постоянной мощности. Векторное управление электроприводом. Система прямого управления моментом. Настройка регуляторов в системах управления. Настройка на технический и симметричный оптимум.	26
3	Системы управления электроприводов	Управление синхронным двигателем. Управление вентильным электроприводом. Управление вентильно-индукторным электроприводом. Управление шаговым электроприводом. Управление сервоприводом. Системы управления положением электроприводов. Функциональные схемы автоматизации и электропривода.	11
<b>Итого:</b>			<b>45</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Расчет переходного процесса при пуске электропривода с асинхронным электродвигателем прямым включением двигателя в сеть.	2

		Сравнение механических характеристик электропривода с асинхронным двигателем, рассчитанных на основании Т-образной и Г-образной схем замещения.	2
2	Раздел 2	Расчет механических характеристик электропривода с асинхронным двигателем и разомкнутой системой регулирования при поддержании постоянства критического момента.	2
		Расчет динамических режимов в системе регулирования скорости при векторном управлении асинхронным двигателем.	3
		Оценка влияния переключения векторов напряжения на статоре на значения потокосцепления статора и момента асинхронного двигателя при прямом управлении моментом.	2
		Стандартные настройки контуров регулирования в приводах переменного тока.	4
3	Раздел 3	Расчет динамики замкнутой по скорости системы регулирования электропривода с асинхронным двигателем при поддержании постоянства потокосцепления статора.	4
		Расчет реакции электропривода с синхронным двигателем на изменение момента нагрузки.	3
		Расчет динамики следящего электропривода переменного тока.	4
<b>Итого:</b>			<b>28</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Разделы	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Моделирование и исследование трехфазных выпрямителей	4
		IR-компенсация, компенсация скольжения.	4
2	Раздел 2	Моделирование и исследование звена постоянного тока	2
		Исследование привода при квадратичном законе управления и в режимах торможения.	2
		Исследование автономного ШИМ – инвертора.	2
		Исследование устройства выявления координат привода переменного тока.	4
		Синтез модального регулятора и расчет переходных процессов в электроприводе постоянного тока.	4
		Исследование пускового тиристорного устройства и расчет переходных процессов в электроприводе переменного тока.	4
		Исследование векторной системы управления асинхронным короткозамкнутым двигателем.	4
Исследование системы управления асинхронным короткозамкнутым двигателем с прямым управлением моментом.	4		
3	Раздел 3	Исследование регулируемого привода переменного тока с асинхронным короткозамкнутым двигателем при работе от активного выпрямителя.	4
		Исследование регулируемого привода переменного тока с синхронным двигателем с постоянными магнитами.	4

	Исследование активного фильтра.	5
	Цифровой регулятор.	4
	Исследование пускового тиристорного устройства и расчет переходных процессов в электроприводе переменного тока	4
	Синтез регуляторов и расчет переходных процессов в электроприводе постоянного тока	6
	Синтез регуляторов и расчет переходных процессов в электроприводе постоянного тока.	6
	<b>Итого:</b>	<b>67</b>

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

№ п/п	Темы курсовых работ / проектов
1	Системы управления электроприводом подъема экскаватора.
2	Система управления электроприводом турбонагнетателя.
3	Система управления электроприводом подъема бурового станка.
4	Система управления тяговым электроприводом автосамосвала.
5	Система управления электроприводом лебедки якорного позиционирования плавучей буровой платформы и т.д.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Лабораторные работы.** Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

**Курсовое проектирование** формирует навыки самостоятельного профессионального творчества.

**Примерная тематика ргр.**

Автоматизированный привод подъемного механизма.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1. Общие принципы построения систем управления электроприводами.**

1. Основные задачи СУЭП верхнего и нижнего уровней.
2. Основные показатели качества регулирования в системах управления электроприводами.
3. На чем основаны законы частотного регулирования?
4. В каких случаях рекомендуется использование функции IR-компенсации?
5. Принцип работы функции компенсации скольжения при изменениях нагрузки.

#### **Раздел 2. Законы управления электроприводом.**

1. Особенности построения обобщенной электрической машины и использования различных систем координат при создании систем управления электроприводом.
2. Законы скалярного управления для различных типов нагрузок.
3. Контур управления в системе векторного управления электроприводом.
4. В чем заключается особенность системы прямого управления моментом по сравнению с другими типами систем управления?
5. Основные принципы настройки контуров регулирования на технический и симметричный оптимум.

#### **Раздел 3. Системы управления электроприводов.**

1. В чем заключается отличие вентильного двигателя от синхронного двигателя?
2. Принцип работы шагового электропривода.
3. Отличия вентильного-индукторного электропривода.
4. Особенности конструкции и управления сервоприводами.
5. Что из себя представляет функциональная схема электропривода?

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену (по дисциплине):**

1. Выходной координатой электродвигателя, как устройства, входящего в состав функциональной схемы электропривода, является ...
2. На отрицательный вход сумматора структурной схемы механической части электропривода поступает ...
3. Под динамическим падением скорости двигателя при скачкообразном увеличении статического момента нагрузки понимают...
4. Под статическим падением скорости двигателя при скачкообразном увеличении статического момента нагрузки понимают...
5. В качестве чего используются энкодеры?
6. Как отрицательная обратная связь влияет на диапазон регулирования?
7. Условием настройки на «технический» оптимум контура из двух инерционных звеньев первого порядка является...
8. Условием настройки контура на симметричный оптимум является...
9. Синтез системы модального управления основан на...
10. Синтез системы модального управления основан на...
11. Скалярное управление электроприводом переменного тока используется...
12. В системах бездатчикового управления электроприводом для оценки механических координат привода (положения, скорости, ускорения) используются...
13. Задание на ослабление магнитного потока в системе двухзонного регулирования формируется регулятором...
14. Идентификация объекта управления (регулируемого электропривода) это...

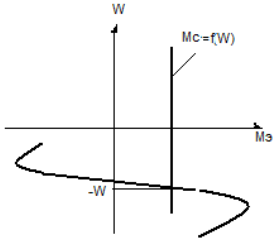


15. Как настраиваются контуры управления при использовании структуры подчиненного регулирования в системах векторного управления с асинхронным двигателем?
16. Что является сигналом задания для внутренних токовых контуров в системах подчиненного регулирования?
17. Замкнутые системы электроприводов применяют в целях...
18. Почему при больших механических постоянных времени контур регулирования скорости настраивают на симметричный, а не на технический оптимум?
19. Для чего служит преобразователь координат в системе векторного регулирования?
20. Для чего служит преобразователь фаз в системе векторного регулирования?
21. Какая из систем координат вращается со скоростью ротора?
22. Для чего нужен переход от неподвижной системы координат к вращающейся?
23. Алгоритм прямого управления моментом (DTC) асинхронного электропривода реализует в контуре тока...
24. Регулирование частоты вращения синхронного двигателя обеспечивается...
25. Системы векторного управления электроприводом переменного тока основаны на принципе...
26. Выбор мощности двигателя для следящего электропривода.
27. В следящих электроприводах критическая величина зазора в механической передаче, при которой возникают автоколебания,...
28. Схема управления шаговым электроприводом представляет собой...
29. Электроприводы с вентильно-индукторными двигателями (ВИД) имеют хорошие перспективы использования, обусловленные тем, что...
30. Какие устройства входят в состав функциональной схемы электропривода?

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

Вариант №1.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	В чём преимущество систем прямого управления моментом (DTC) по сравнению с векторным?	1. Возможность бездатчикового управления 2. Отсутствие необходимости в преобразователях координат 3. Возможность регулирования скорости в четырёх квадрантах 4. Возможность реализации рекуперативного торможения
2.	В чём преимущество векторных алгоритмов управления электроприводов переменного тока перед скалярными?	1. Большее быстродействие и точность 2. Возможность бездатчикового управления 3. Более простой алгоритм управления 4. Возможность регулирования скорости в четырёх квадрантах

3.	<p>Как называется режим, в котором работает асинхронный двигатель, опуская груз с постоянной скоростью <math>-W</math>, если судить по его механической характеристике, приведенной на рисунке</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Режим рекуперативного торможения</li> <li>2. Режим динамического торможения</li> <li>3. Режим торможения противовключением 1 рода</li> <li>4. Режим торможения противовключением 2 рода</li> </ol>
4.	<p>Динамическое торможение асинхронного двигателя осуществляется...</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отключением цепи статора от сети.</li> <li>2. Отключением от сети двигателя и подачей постоянного напряжения в цепь статора.</li> <li>3. Снижением частоты напряжения, подводимого к цепи статора.</li> <li>4. Увеличением частоты напряжения, подводимого к цепи статора.</li> </ol>
5.	<p>В частотно-регулируемых электроприводах управление работой двигателя осуществляется путем изменения...</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Величины напряжения, подводимого к обмоткам статора.</li> <li>2. Величины частоты напряжения, подводимого к обмоткам статора.</li> <li>3. Величин напряжения, подводимого к обмоткам статора, и частоты этого напряжения.</li> <li>4. Величины противоэдс, вводимой в цепь ротора.</li> </ol>
6.	<p>Закон оптимального управления, используемый в частотно-регулируемых электроприводах, носит имя...</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Академика Костенко.</li> <li>2. Парка и Горева.</li> <li>3. Клосса.</li> <li>4. Доливо-Добровольского.</li> </ol>
7.	<p>Закон управления, используемый в частотно-регулируемых электроприводах, называется оптимальным, потому, что он...</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Позволяет осуществить широкий диапазон плавного регулирования.</li> <li>2. Обеспечивает максимально возможную линейность механических характеристик.</li> <li>3. Обеспечивает максимальное быстродействие.</li> <li>4. Обеспечивает постоянство КПД и коэффициента мощности во всем диапазоне регулирования.</li> </ol>
8.	<p>Закон Костенко, используемый в частотно-регулируемых электроприводах, имеет следующую математическую запись...</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\frac{U_1}{f_1} = \frac{f_2}{U_2}</math></li> <li>2. <math>\frac{U_1}{f_1} = \frac{U_2}{f_2} \times \sqrt{\frac{M_{C1}}{M_{C2}}}</math></li> <li>3. <math>\frac{U_1}{f_1} = \frac{f_2}{U_2} \times \frac{M_{C1}}{M_{C2}}</math></li> </ol>

		4. $\frac{U_1}{f_2} = \frac{U_2}{f_1}$
9.	Закон оптимального управления, используемый в частотно-регулируемых электроприводах, при постоянстве статического момента нагрузки имеет следующий вид ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\frac{U}{f^2} = \text{const}</math></li> <li>2. <math>\frac{U}{f} = \text{const}</math></li> <li>3. <math>\frac{U^2}{f^2} = \text{const}</math></li> <li>4. <math>U \times f = \text{const}</math></li> </ol>
10.	Закон оптимального управления, используемый в частотно-регулируемых электроприводах, при вентиляторной зависимости статического момента нагрузки от частоты вращения имеет следующий вид ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\frac{U}{f^2} = \text{const}</math></li> <li>2. <math>\frac{U}{f} = \text{const}</math></li> <li>3. <math>\frac{U^2}{f^2} = \text{const}</math></li> <li>4. <math>U \times f = \text{const}</math></li> </ol>
11.	Как записывается закон управления для привода с обеспечением режима постоянной мощности?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\frac{U^2}{f} = \text{const}</math></li> <li>2. <math>\frac{U}{f} = \text{const}</math></li> <li>3. <math>\frac{U}{f^2} = \text{const}</math></li> <li>4. <math>U \cdot f = \text{const}</math></li> </ol>
12.	Обобщенная электрическая машина содержит...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Две фазных обмотки.</li> <li>2. Три фазных обмотки.</li> <li>3. Две фазных обмотки на статоре и одну фазную обмотку на роторе.</li> <li>4. Две фазных обмотки на статоре и две фазных обмотки на роторе.</li> </ol>
13.	Гибкая обратная связь в системах электропривода это обратная связь	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. По величине контролируемого параметра системы</li> <li>2. С изменяемым коэффициентом передачи</li> <li>3. По первой производной контролируемого параметра системы</li> <li>4. С апериодическим звеном первого порядка</li> </ol>
14.	Принципиальным недостатком разомкнутых систем электроприводов является:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Невозможность достижения номинальной скорости</li> <li>2. Невозможность управлять напряжением</li> <li>3. Невозможность обеспечения высокой точности регулирования</li> <li>4. Невозможность контролировать ток двигателя</li> </ol>
15.	Адаптивные системы управления электроприводом обеспечивают оптимальное протекание процессов...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При отключении обратных связей</li> <li>2. В условиях неопределенности или неполноты информации об условиях работы объекта</li> <li>3. При исчезновении напряжения питания</li> <li>4. В условиях пониженных нагрузок</li> </ol>

		привода
16.	В частотно-регулируемых электроприводах управление работой двигателя осуществляется путем изменения...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Величины напряжения, подводимого к обмоткам статора.</li> <li>2. Величины частоты напряжения, подводимого к обмоткам статора.</li> <li>3. Величин напряжения, подводимого к обмоткам статора, и частоты этого напряжения.</li> <li>4. Величины противоэдс, вводимой в цепь ротора.</li> </ol>
17.	Под динамическим падением скорости двигателя при скачкообразном увеличении статического момента нагрузки понимают...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Новое установившееся значение скорости после окончания переходного процесса.</li> <li>2. Максимальное отклонение скорости, имеющее место в переходном процессе, от первоначального установившегося значения.</li> <li>3. Максимальное отклонение скорости, имеющее место в переходном процессе, от нового установившегося значения.</li> <li>4. Разность между первоначальным и новым установившимися значениями.</li> </ol>
18.	Алгоритм прямого управления моментом (DTC) асинхронного электропривода основан на...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Табличном формировании вектора напряжения</li> <li>2. Раздельном управлении моментным и намагничивающим токами</li> <li>3. Включении ПИ-регуляторов в контуры токов</li> <li>4. Датчике скорости, установленном на валу двигателя</li> </ol>
19.	При использовании структуры подчиненного регулирования в системах векторного управления с асинхронным двигателем все контуры управления настраиваются по условиям, близким к условиям...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. «Технического оптимума»</li> <li>2. Минимальной мощности</li> <li>3. Минимизации потерь в стали</li> <li>4. Обеспечения максимального запаса по перегрузочной способности двигателя</li> </ol>
20.	Разделение тока статора на составляющие определяющие момент и потокосцепление характерно для:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Частотно токовой системы управления электроприводом.</li> <li>2. Частотной системы управления электроприводом.</li> <li>3. Электропривода с ШИМ-инвертором.</li> <li>4. Векторной системы управления.</li> </ol>

Вариант №2.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Скалярное управление электроприводом переменного тока используется...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При небольшом диапазоне регулирования скорости и относительно низком быстродействии</li> <li>2. В широкодиапазонном электроприводе</li> <li>3. При очень жестких требованиях по быстродействию</li> <li>4. В перегруженном электроприводе</li> </ol>

2.	В системе координат, неподвижной относительно статора обобщенной электрической машины, координатные оси обозначаются индексами...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>d, \alpha</math></li> <li>2. <math>\alpha, \beta</math></li> <li>3. <math>\beta, q</math></li> <li>4. <math>d, q</math></li> </ol>
3.	Процесс электромеханического преобразования энергии, протекающий в обобщенной электрической машине, описывается...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнением движения.</li> <li>2. Двумя уравнениями равновесия напряжений (одно для цепи статора, другое для цепи ротора).</li> <li>3. Уравнением электромагнитного момента как функции механических координат.</li> <li>4. Четырьмя уравнениями равновесия напряжений и уравнением электромагнитного момента как функции электрических координат.</li> </ol>
4.	Основным недостатком системы уравнений, описывающей электромеханический процесс, протекающий в обобщенной электрической машине, записанных в системах координат $\alpha, \beta, d, q$ , является.....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зависимость собственных индуктивностей обмоток на роторе от угла его поворота относительно статора.</li> <li>2. Зависимость собственных индуктивностей обмоток на статоре от угла поворота ротора относительно статора.</li> <li>3. Зависимость взаимных индуктивностей обмоток на статоре и роторе от угла поворота ротора относительно статора.</li> <li>4. Постоянство собственных индуктивностей обмоток на статоре и роторе.</li> </ol>
5.	Алгоритм управления с настройкой на «технический» оптимум в контуре тока реализуется...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. П-регулятором</li> <li>2. ПИД-регулятором</li> <li>3. ПИ-регулятором</li> <li>4. И-регулятором</li> </ol>
6.	Алгоритм управления с настройкой на симметричный оптимум реализуется...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. П-регулятором</li> <li>2. ПИД-регулятором</li> <li>3. ПИ-регулятором</li> <li>4. И-регулятором</li> </ol>
7.	В целях упрощения математического аппарата, описывающего процесс электромеханического преобразования...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Пренебрегают собственными индуктивностями обмоток ротора.</li> <li>2. Пренебрегают собственными индуктивностями обмоток статора.</li> <li>3. Пренебрегают взаимными индуктивностями обмоток ротора и статора.</li> <li>4. Его описание производят в системе координат, вращающейся с произвольной скоростью.</li> </ol>
8.	Задание на ослабление магнитного потока в системе двухзонного регулирования формируется регулятором...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Тока</li> <li>2. Скорости</li> <li>3. ЭДС</li> <li>4. Напряжения</li> </ol>
9.	В математической модели	1. Вращающейся со скоростью ротора.

	асинхронного двигателя, используемой в электроприводе с векторным управлением, процесс электромеханического преобразования записывается в системе координат ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Вращающейся со скоростью магнитного поля.</li> <li>3. Неподвижной относительно статора.</li> <li>4. Неподвижной относительно ротора.</li> </ol>
10.	В математической модели асинхронного двигателя, используемой в электроприводе с векторным управлением, координатную ось $U$ вращающейся системы координат совмещают с ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вектором потокосцепления ротора.</li> <li>2. Вектором потокосцепления статора.</li> <li>3. Обобщающим вектором напряжения статора.</li> <li>4. Обобщающим вектором напряжения ротора.</li> </ol>
11.	В математической модели асинхронного двигателя, используемой в электроприводе с векторным управлением, все величины: токи, напряжения потокосцепления и т.д. ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Совпадают по фазе.</li> <li>2. Являются величинами одинаковыми.</li> <li>3. Являются величинами эквивалентными постоянным.</li> <li>4. Являются величинами синусоидально изменяющимися.</li> </ol>
12.	В частотно-регулируемых электроприводах с векторным управлением магнитный поток двигателя, сцепляющийся с обмоткой ротора, создается ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проекцией вектора тока ротора на ось <math>U</math> (<math>i_{2U}</math>).</li> <li>2. Проекцией вектора тока ротора на ось <math>V</math> (<math>i_{2V}</math>).</li> <li>3. Проекцией вектора тока статора на ось <math>U</math> (<math>i_{1U}</math>).</li> <li>4. Проекцией вектора тока статора на ось <math>V</math> (<math>i_{1V}</math>).</li> </ol>
13.	В системах бездатчикового управления электроприводом для оценки механических координат привода (положения, скорости, ускорения) используются...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Импульсные датчики скорости</li> <li>2. Специальные цифровые наблюдатели, вычисляющие координаты по математической модели</li> <li>3. Заранее рассчитанные значения сигналов обратных связей</li> <li>4. Индукционные датчики скорости и положения</li> </ol>
14.	Величина магнитного потока, сцепляющегося с обмоткой ротора двигателя, при векторном управлении определяется выражением...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\psi_{2U} = i_{2U} L_2</math></li> <li>2. <math>\psi_{2U} = i_{2V} L_2</math></li> <li>3. <math>\psi_{2U} = i_{1U} L_{12}</math></li> <li>4. <math>\psi_{2U} = i_{1V} L_{12}</math></li> </ol>
15.	В современных системах электропривода переменного тока с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) наиболее применяемыми полупроводниковыми элементами силовых преобразователей частоты являются...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Диоды</li> <li>2. Тиристоры</li> <li>3. Динисторы</li> <li>4. IGBT</li> </ol>
16.	В частотно-регулируемых электроприводах с векторным управлением электромагнитный момент двигателя создается ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проекцией вектора тока ротора на ось <math>U</math> (<math>i_{2U}</math>).</li> <li>2. Проекцией вектора тока ротора на ось <math>V</math> (<math>i_{2V}</math>).</li> </ol>

		3. Проекцией вектора тока статора на ось $U (i_{1U})$ . 4. Проекцией вектора тока статора на ось $V (i_{1V})$ .
17.	Величина электромагнитного момента двигателя при векторном управлении определяется выражением ...	1. $M_{\text{э}} = \frac{3}{2} P_{\text{п}} \frac{L_{12}}{L_2} \psi_{2U} i_{1V}$ 2. $M_{\text{э}} = \frac{3}{2} P_{\text{п}} \frac{L_{12}}{L_2} i_{1V}$ 3. $M_{\text{э}} = \frac{3}{2} P_{\text{п}} i_{1V}$ 4. $M_{\text{э}} = P_{\text{п}} i_{1U}$
18.	В следящих системах электропривода величина статического угла рассогласования $\delta_{\text{с}}...$	1. Не зависит от момента сил сопротивления 2. Прямо пропорциональна моменту сил сопротивления и обратно пропорциональна коэффициенту усиления системы К 3. Не зависит от коэффициента усиления системы К 4. Постоянна
19.	В следящих системах электропривода динамическая ошибка угла рассогласования $\delta_{\text{д}}...$	1. Не зависит от скорости синхронного вращения 2. Не зависит от коэффициента усиления 3. Постоянна во всех режимах 4. Пропорциональна скорости синхронного вращения и обратно пропорциональна коэффициенту К
20.	Зона нечувствительности в системе управления следящим электроприводом способствует...	1. Увеличению запаса устойчивости привода и снижению точности 2. Увеличению быстродействия 3. Снижению запаса устойчивости и точности 4. Снижению запаса устойчивости и повышению точности

Вариант №3.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Эксплуатационные характеристики электропривода с вентильным двигателем ближе всего к характеристикам электропривода...	1. С асинхронным двигателем 2. С синхронным двигателем 3. С двигателем постоянного тока 4. С вентильно-реактивным двигателем
2.	Схема управления шаговым электроприводом представляет собой...	1. Управляемый выпрямитель 2. ШИМ-преобразователь с синусоидальной модуляцией 3. Полупроводниковый преобразователь, вырабатывающий m-фазную систему импульсов напряжения несинусоидальной формы

		4. Источник постоянного тока
3.	Какие из перечисляемых блоков и узлов не входят в состав функциональной схемы частотно-регулируемого электропривода с векторным управлением?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Блок преобразования трехфазных физических величин в двухфазные.</li> <li>2. Блок преобразования двухфазных физических величин в трехфазные.</li> <li>3. Блок вычисления ненаблюдаемых координат.</li> <li>4. Блок определения фазового сектора, в котором находится вектор потокосцепления статора.</li> </ol>
4.	Электропривод на основе асинхронного двигателя с векторным управлением имеет аналогичные динамические свойства, как и...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электропривод по схеме АВК.</li> <li>2. Электропривод по схеме СПЧ-АД со скалярным управлением и обратной связью по частоте вращения.</li> <li>3. Электропривод по схеме ТП-ДПТ с подчиненным регулированием.</li> <li>4. Электропривод на основе асинхронного двигателя с фазным ротором и резистивным регулятором скольжения.</li> </ol>
5.	Чему соответствует работа во второй зоне при двухзонном регулировании скорости?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Регулированию скорости вверх от номинального значения.</li> <li>2. Регулированию скорости вниз от номинального значения.</li> <li>3. Постоянству скорости вращения.</li> <li>4. Переходу в режим торможения противовключением.</li> </ol>
6.	Как изменяется жесткость механической асинхронного двигателя при уменьшении амплитуды напряжения питания обмотки статора при неизменной его частоте?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Жесткость не зависит от амплитуды напряжения.</li> <li>2. Жесткость убывает пропорционально величине амплитуды напряжения.</li> <li>3. Жесткость возрастает пропорционально величине амплитуды напряжения.</li> <li>4. Жесткость убывает пропорционально квадрату величины амплитуды напряжения.</li> </ol>
7.	Идентификация объекта управления (регулируемого электропривода) – это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчет параметров регуляторов</li> <li>2. Анализ переходных процессов</li> <li>3. Оценка точности системы регулирования</li> <li>4. Определение математической модели при известных входных воздействиях и выходных сигналах</li> </ol>
8.	Как называется режим торможения, используемый в частотно-регулируемых электроприводах, при котором параллельно входу автономного инвертора напряжения подключается резистор?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Режим электродинамического торможения.</li> <li>2. Режим рекуперативного торможения.</li> <li>3. Режим свободного выбега.</li> <li>4. Режим торможения противовключением</li> </ol>
9.	Для чего в цепь обмотки фазного ротора асинхронного электродвигателя включают добавочные сопротивления?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для увеличения пусковых токов</li> <li>2. Для реверса двигателя</li> <li>3. Для увеличения жесткости механической характеристики</li> </ol>



		4. Для уменьшения пусковых токов
10.	Что необходимо сделать для того, чтобы изменить направление вращения асинхронного двигателя на противоположное?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изменить полярность напряжений в каждой из фаз</li> <li>2. Поменять любые две фазы местами</li> <li>3. Запитать обмотки всех фаз постоянным током</li> <li>4. Изменить схему включения обмоток со звезды на треугольник</li> </ol>
11.	Какие электродвигатели отличаются наибольшей простотой конструкции и наибольшей надежностью?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Двигатели постоянного тока</li> <li>2. Синхронные двигатели с электромагнитным возбуждением</li> <li>3. Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором</li> <li>4. Асинхронные двигатели с фазным ротором</li> </ol>
12.	Что является недостатком синхронных электродвигателей?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Большое значение пускового момента</li> <li>2. Малое значение пускового момента</li> <li>3. Возможность получения отрицательного значения угла сдвига по фазе между током и напряжением</li> <li>4. Невозможность рекуперативного торможения</li> </ol>
13.	В каких пределах находится перегрузочная способность по моменту асинхронных двигателей общепромышленного исполнения?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1,8-2,5</li> <li>2. 1-1,5</li> <li>3. 4-8</li> <li>4. 0,1-0,5</li> </ol>
14.	При частотном управлении электроприводом при увеличении частоты питающего напряжения, что происходит со скоростью?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Скорость возрастает</li> <li>2. Скорость убывает</li> <li>3. Скорость остается неизменной</li> <li>4. Скорость изменяется по закону синуса</li> </ol>
15.	Какую передаточную функцию замкнутого контура стремятся получить при настройке на технический оптимум?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>W(p) = \frac{1}{2T_{\mu}p(T_{\mu}p + 1) + 1}</math></li> <li>2. <math>W(p) = \frac{4T_{\mu}p + 1}{2T_{\mu}p(T_{\mu}p + 1) + 1}</math></li> <li>3. <math>W_3(p) = \frac{4T_{\mu}p + 1}{(2T_{\mu}p + 1)(4T_{\mu}^2p^2 + 2T_{\mu}p + 1)}</math></li> <li>4. <math>W_3(p) = \frac{1}{(2T_{\mu}p + 1)(4T_{\mu}^2p^2 + 2T_{\mu}p + 1)}</math></li> </ol>
16.	Пуск синхронного двигателя осуществляется...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В режиме асинхронного пуска при отключенном возбуждении</li> <li>2. В режиме асинхронного пуска с обмоткой возбуждения, замкнутой накоротко</li> <li>3. В режиме асинхронного пуска с обмоткой возбуждения, замкнутой на гасящее сопротивление и подачей на нее напряжения в функции времени</li> <li>4. В режиме асинхронного пуска с постоянным током возбуждения</li> </ol>

17.	Какую передаточную функцию замкнутого контура стремятся получить при настройке на симметричный оптимум?	$1. W(p) = \frac{1}{2T_{\mu}p(T_{\mu}p+1)+1}$ $2. W(p) = \frac{4T_{\mu}p+1}{2T_{\mu}p(T_{\mu}p+1)+1}$ $3. W_3(p) = \frac{4T_{\mu}p+1}{(2T_{\mu}p+1)(4T_{\mu}^2p^2+2T_{\mu}p+1)}$ $4. W_3(p) = \frac{1}{(2T_{\mu}p+1)(4T_{\mu}^2p^2+2T_{\mu}p+1)}$
18.	Чему равно перерегулирование при настройке контура на технический оптимум?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 4,3%</li> <li>2. 14,3%</li> <li>3. 24%</li> <li>4. 43%</li> </ol>
19.	Мехатронный модуль движения представляет собой...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исполнительный двигатель и сетевой преобразователь</li> <li>2. Исполнительный двигатель и рабочий механизм</li> <li>3. Исполнительный двигатель, силовой преобразователь и встроенную электронную систему управления</li> <li>4. Силовой полупроводниковый преобразователь с пультом управления</li> </ol>
20.	Электроприводы с вентильно-индукторными двигателями (ВИД) имеют хорошие перспективы использования, обусловленные тем, что...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Индукторный двигатель возбуждается от постоянных магнитов</li> <li>2. Система управления электроприводом обеспечивает синусоидальную форму тока в фазах двигателя</li> <li>3. ВИД имеет гладкий ротор</li> <li>4. ВИД имеет пассивный зубчатый ротор и электронную систему управления, снижающую шум и вибрации</li> </ol>

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства	Иногда находит решения,	Уверенно находит решения,	Безошибочно находит решения,

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
предусмотренных программой обучения заданий	предусмотренные программой обучения задания	предусмотренные программой обучения задания	предусмотренные программой обучения задания
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

**Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:**

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

**6.3.2. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации в форме защиты курсового проекта**

Студент выполняет курсовой проект в соответствии с графиком, принятым на заседании кафедры. Оценка может быть снижена за несоблюдение установленного кафедрой графика.

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не выполнил курсовой проект в соответствии с заданием. Не владеет теоретическими знаниями по изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы	Студент выполнил курсовой проект с существенными ошибками. При защите курсового проекта демонстрирует слабую теоретическую подготовку. При решении задач, предусмотренных программой учебной дисциплины, допускает неточности, существенные ошибки	Студент выполнил курсовой проект с некоторыми незначительными ошибками и неточностями. При защите курсового проекта демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. Хорошо справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины	Студент выполнил курсовой проект полностью в соответствии с заданием. При защите курсового проекта демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины

**7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**7.1. Рекомендуемая литература**

**7.1.1. Основная литература**

1. Фролов Ю.М., Шелякин В.П. Проектирование электропривода промышленных механизмов. Издательство "Лань", 2014г., 448с. <https://e.lanbook.com/book/44766>

2. Фролов Ю.М., Шелякин В.П. Регулируемый асинхронный электропривод: учебник. Издательство "Лань", 2018г., 464с. <https://e.lanbook.com/book/102251>
3. Терехин В.Б., Дементьев Ю.Н. Компьютерное моделирование систем электропривода постоянного и переменного тока в Simulink: Томский политехнический университет, 2015г., 307с. <https://e.lanbook.com/book/101650>
4. Фурсов В.Б. Моделирование электропривода: учебное пособие. Издательство "Лань", 2019г., 220с. <https://e.lanbook.com/book/121467>

### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов: учебник для студентов высших учебных заведений – 3 изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 304с.
2. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 272с.
3. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов - М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 576с.

### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Управление техническими системами : учеб. пособие / О. М. Большунова. - СПб. : Горн. ун-т, 2012. - 44 с. : ил. - Библиогр.: с. 43 Электронный ресурс [http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=set\\_static\\_req&ns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=%D0%90%2088183%2F%D0%91%2079%2D795074<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=set_static_req&ns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%D0%90%2088183%2F%D0%91%2079%2D795074<.>)
2. Управление техническими системами: учеб. пособие / О. М. Большунова. - СПб. : Горн. ун-т, 2013. - 87 с. Электронный ресурс [http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=set\\_static\\_req&ns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=%2D481759<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=set_static_req&ns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%2D481759<.>)
3. Электрический привод. Моделирование приводов с векторным управлением горного оборудования : учеб. пособие / В. В. Алексеев, А. Е. Козярук, С. В. Бабурин. - СПб. : Горн. ун-т, 2013. - 57 с. Электронный ресурс [http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=set\\_static\\_req&ns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=%D0%90%2088692%2F%D0%90%2047%2D951253<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=set_static_req&ns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%D0%90%2088692%2F%D0%90%2047%2D951253<.>)

## **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации - ООО "ГЕОИНФОРММАРК"- <http://www.geoinform.ru/>
3. Информационно-аналитический центр «Минерал» - <http://www.mineral.ru/>
4. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/)
5. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
6. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
7. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>  
<https://e.lanbook.com/books>.
9. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
10. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] [www.garant.ru/](http://www.garant.ru/)
11. Термические константы веществ. Электронная база данных, <http://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl>

12. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»
13. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):
14. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
15. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
16. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Рукопт»».

<http://rucont.ru/>

17. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий:**

*52 посадочных места*

Оснащенность: Стол аудиторный – 26 шт., стул аудиторный – 52 шт., доска настенная – 1 шт., кресло преподавателя – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., плакат – 5 шт., ИБП Protection Station 800 USB DIN – 1 шт., ноутбук 90NB0AQ2-M01400 – 1 шт., проектор XEED WUX450ST – 1 шт., стойка мобильная – 1 шт., экран SCM-16904 Champion – 1 шт.

*30 посадочных мест*

Оснащенность: Стол аудиторный – 16 шт., стул аудиторный – 30 шт., доска настенная – 1 шт., кресло преподавателя – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт.

#### **Аудитории для проведения практических занятий и лабораторных работ:**

*30 посадочных мест*

Оснащенность: Стол аудиторный – 16 шт., стул аудиторный – 30 шт., доска настенная – 1 шт., кресло преподавателя – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., плакат – 4 шт.

*30 посадочных мест*

Оснащенность: Стол аудиторный – 16 шт., стул аудиторный – 30 шт., доска настенная – 1 шт., кресло преподавателя – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., плакат – 3 шт.

*30 посадочных мест*

Оснащенность: Стол аудиторный – 16 шт., стул аудиторный – 30 шт., доска настенная – 1 шт., кресло преподавателя – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., плакат – 5 шт.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы :**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011, Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012, Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional ГК №797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования».

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011.

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010.

CorelDRAW Graphics Suite X5.

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product key: 766H1

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security .

### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional.

2. Microsoft Office 2007 Standard.

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011)