

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



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

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
**доцент И.И. Растворова**

---

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	<i>Магистратура</i>
<b>Направление подготовки:</b>	<i>11.04.04 –Электроника и наноэлектроника</i>
<b>Направленность (профиль):</b>	<i>Силовая электроника</i>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<i>магистр</i>
<b>Форма обучения:</b>	<i>очная</i>
<b>Составитель:</b>	<i>к.т.н. Добуш В.С.</i>

**Санкт-Петербург**

**Рабочая программа дисциплины «Качество электрической энергии» составлена:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» и уровню высшего образования магистратура, утвержденный приказом Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927;
- на основании учебного плана по направлению подготовки «11.04.04 Электроника и нанoeлектроника направленность (профиль) «Силовая электроника».

Составитель \_\_\_\_\_ к.т.н. В.С. Добуш

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры общей электротехники от 30 января 2023 г., протокол № 7.**

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., доц. И.И. Растворова

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью дисциплины «Качество электрической энергии» является ознакомление с областью науки и техники, ориентированной на классические и современные методы анализа параметров электроэнергии. Целью изучения в практическом плане является обучение практическим мероприятиям, направленным на улучшение качества электроэнергии.

Основной задачей дисциплины «Качество электрической энергии» является изучение основных показателей качества электроэнергии и их норм в соответствии с ГОСТом ГОСТ Р 54149-2010, овладение методами выполнения расчетов показателей качества электроэнергии при наличии и отсутствии фильтро-компенсирующих устройств, приобретение навыков практического применения полученных знаний; способностей для самостоятельной работы, развитие мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области обеспечения электромагнитной совместимости устройств.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Качество электрической энергии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника и изучается во 2ом семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Качество электрической энергии» являются «Физика», «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники».

Дисциплина «Качество электрической энергии» является основополагающей для прохождения «Преддипломной практики» и «Выполнения и защиты выпускной квалификационной работы».

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

Процесс изучения дисциплины «Качество электрической энергии» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
<p>Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач</p>	ПКС-2	<p>ПКС-2.1. Знает принципы построения и функционирования изделий силовой электроники</p> <p>ПКС-2.2. Умеет рассчитывать предельно допустимые и предельные режимы работы устройств силовой электроники</p> <p>ПКС-2.3. Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования устройств силовой электроники</p>
<p>Способен использовать современные методы расчета и проектирования устройств силовой электроники по заданным техническим требованиям</p>	ПКС-7	<p>ПКС-7.1. Знает: основные факты, базовые концепции, принципы, модели и методы в области силовых цепей; источники стандартов в областях электробезопасности и коммуникационных протоколов; современные базовые технологии прямого цифрового управления; основные факты влияния качества электроэнергии на потери в электрических сетях</p> <p>ПКС-7.2. Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать качество электроэнергии по результатам измерений;</li> <li>- оценивать фактический и допустимый вклад потребителей в показатели качества электроэнергии;</li> <li>- оценивать потери электроэнергии от ухудшения качества электроэнергии;</li> <li>- оценивать влияние качества электроэнергии на характеристики электрооборудования;</li> <li>- делать обоснованный выбор мероприятий по улучшению качества электроэнергии</li> </ul> <p>ПКС-7.3. Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками расчета показателей качества электроэнергии и характеристик электрооборудования с учетом качества электроэнергии;</li> <li>- навыками оценки фактического и допустимого вклада потребителя в показатели качества электроэнергии;</li> <li>- навыками обоснования и выбора мероприятий по улучшению качества электроэнергии</li> </ul>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоемкость дисциплины «Качество электрической энергии» составляет 2 зачетные единицы, 72 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		2
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	24	24
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
Выполнение курсовой работы (проекта)	-	-
Расчетно-графическая работа	-	-
реферат	-	-
Подготовка к практическим занятиям	-	-
Подготовка к лабораторным занятиям	40	40
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
	<b>ак. час.</b>	<b>72</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>2</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины

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

#### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
1.	Раздел 1. Показатели качества электроэнергии	12	2	-	-	10
2.	Раздел 2. Влияние качества электроэнергии на потери в электрических сетях и работу электроприемников	16	2	-	8	10
3.	Раздел 3. Технические средства измерения показателей качества электроэнергии	20	2	-	8	10
4.	Раздел 4. Электромагнитная совместимость	20	2	-	8	10
<b>Итого:</b>		<b>72</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>24</b>	<b>40</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Показатели качества электроэнергии	Основные понятия и определения. Нормативная документация. Анализ ГОСТ 13109-97, ГОСТ Р 54149-2010, ГОСТ 32144-2013. Показатели качества электроэнергии и методы их расчета. Нормально и предельно допустимые значения показатели качества электроэнергии.	2
2.	Влияние качества электроэнергии на потери в электрических сетях и работу электроприемников	Характеристика электротехнического и технологического ущерба от ухудшения качества электроэнергии. Влияние качества электроэнергии на потери в электрических сетях, характеристика потерь в их элементах. Потери мощности и характеристики трехфазных АД при отклонениях и несимметрии напряжений. Влияние отклонений напряжения на характеристики осветительных установок, электронной аппаратуры и компьютеров, электрообогревателей, электросварочного оборудования.	2
3.	Технические средства измерения показателей качества электроэнергии	Общие требования к средствам измерения показателей качества электроэнергии и их устройство. Характеристика существующих специализированных средств измерения показателей качества электроэнергии: функциональные схемы, технические данные.	2
4.	Электромагнитная совместимость	Проблема электромагнитной совместимости. Несимметричные режимы. Несинусоидальные режимы. Отклонения напряжения. Колебания напряжения	2
<b>Итого:</b>			<b>8</b>

#### 4.2.3. Практические (семинарские) занятия

практические занятия не предусмотрены

#### 4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 2.	Исследование несимметричных режимов	4
		Исследование несинусоидальных режимов	4
		Исследование технических средств измерения показателей качества электроэнергии	4
2.	Раздел 3.	Исследование узкополосных фильтров	4
		Гармоники в схемах с управляемыми вентилями	4
		Статические преобразователи как источники гармоник	4
<b>Итого:</b>			<b>24</b>

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены

### 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.

**Лабораторная работа** – вид самостоятельной исследовательской деятельности студента по освоению предметной части изучаемой дисциплины. Данный вид деятельности включает в себя как подготовку студента в домашних условиях, так и работу на рабочем месте в лаборатории. Выполнение лабораторных направлено на приобретение навыков обработки и осмысления первичных результатов практической работы.

**Семинарские занятия.** Цели семинарских занятий:

- углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;
- обеспечить живое, творческое обсуждение учебного материала в форме дискуссии, обмена мнениями по рассматриваемым вопросам.

**Консультации** (текущая консультация, накануне зачета) 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.

### 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 2.** Влияние качества электроэнергии на потери в электрических сетях и работу электроприемников

1. Технические характеристики приемников электроэнергии по напряжению..
2. Основные средства регулирования и изменения напряжения в электрических сетях.
3. Способы и средства уменьшения колебаний (размах изменения) напряжения в электрических сетях.
4. Источники высших гармоник в системах электроснабжения.
5. Способы и средства уменьшения несимметрии в электрических сетях.

**Раздел 4.** Технические средства измерения показателей качества электроэнергии

1. Виды и параметры технических средств измерения показателей качества электроэнергии
2. Анализаторы качества электроэнергии Ресурс.
3. Анализаторы качества электроэнергии Fluke.
4. Приборы контроля качества электроэнергии.
5. Анализаторы качества электроэнергии Metrel..

**6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета)**

**6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий для подготовки к зачету (по дисциплине):**

1. Перечислите виды погрешности измерительных приборов и способы их определения.
2. Перечислите причины возникновения погрешности измерительных приборов.
3. Перечислите требования к измерительным приборам работающим в сетях не синусоидального напряжения.
4. Объясните, почему измерительные приборы электромагнитной и электродинамической систем не могут быть использованы в современных системах коммерческого учета электрической энергии.
5. Объясните принцип работы анализаторов качества электрической энергии.
6. Перечислите нормируемые ПКЭ и допустимые их допустимые отклонения.?
7. Перечислите не нормируемые показатели ПКЭ.
8. Перечислите причины потерь мощности и напряжения при передаче электрической энергии.
9. Перечислите способы подавления высших гармоник в промышленных электросетях.
10. Объясните принцип действия фильтрокомпенсирующих устройств.
11. Объясните назначение продольной компенсации реактивной мощности и особенности выбора мощности компенсирующего устройства.
12. Объясните назначение поперечной компенсации реактивной мощности и особенности выбора мощности компенсирующего устройства.
13. Объясните, в чем заключается метод встречного регулирования напряжения, а также принцип выбора отпайки трансформатора.
14. Перечислите методы исследования высших гармоник и объясните их суть.
15. Перечислите причины возникновения высших гармонических составляющих тока и напряжения в электрических сетях.
16. Объясните каким образом импеданс сети влияет на амплитуды высших гармонических составляющих тока.
17. Способы и средства уменьшения высших гармоник тока и напряжения
18. Источники высших гармоник в системах электроснабжения.
19. Способы и средства уменьшения несимметрии в электрических сетях.
20. Способы и средства уменьшения колебаний (размах изменения) напряжения в электрических сетях.
21. Дополнительные средства регулирования и изменения напряжения в электрических сетях
22. Определение допустимого вклада потребителей в уровень ПКЭ в точке общего присоединения
23. Влияние отклонения напряжения на работу приемников электрической энергии
24. Блок-схема обработки информации в АСКУЭ



25. Дополнительные средства регулирования напряжения в электрических сетях
26. Причины появления несимметричных режимов
27. Практические рекомендации по обеспечению надежности СЭС
28. Нормы ГОСТ на качество ЭЭ.
29. Показатели надежности электроэнергетического оборудования.
30. Основные средства регулирования и изменения напряжения в электрических сетях

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету

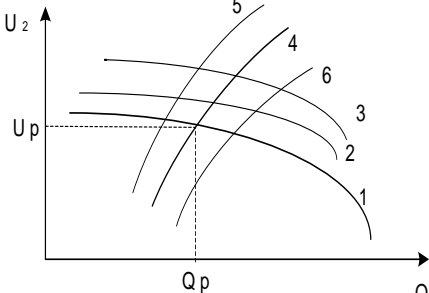
**Вариант №1**

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Каким документом регламентируются нормы показателей качества электроэнергии.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гражданским кодексом.</li> <li>2. Правилами устройства электроустановок.</li> <li>3. ГОСТ</li> <li>4. Правилами технической эксплуатации.</li> </ol>
2.	Требования ГОСТ для величины отклонения напряжения	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\delta U_{yn} = 5\% U_{ном}</math> <math>\delta U_{пред} = 5\% U_{ном}</math>.</li> <li>2. <math>\delta U_{yn} = 5\% U_{ном}</math> <math>\delta U_{пред} = 10\% U_{ном}</math>.</li> <li>3. <math>\delta U_{yn} = 10\% U_{ном}</math> <math>\delta U_{пред} = 10\% U_{ном}</math>.</li> <li>4. <math>\delta U_{yn} = 1\% U_{ном}</math> <math>\delta U_{пред} = 5\% U_{ном}</math>.</li> </ol>
3.	Требования ГОСТ для величины коэффициента несинусоидальности напряжения $K_u$ при номинальном напряжении $U_n = 0,38kV$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>K_u</math> норм.=8,0 и <math>K_u</math> пред. = 12,0</li> <li>2. <math>K_u</math> норм =4,0 <math>K_u</math> пред. = 6,0</li> <li>3. <math>K_u</math> норм. = 10,0 <math>K_u</math> пред = 15,0</li> <li>4. <math>K_u</math> норм. =5,0 <math>K_u</math> пред. = 10,0</li> </ol>
4.	Требования ГОСТ для величины коэффициента несимметрии напряжения по нулевой последовательности $K_{0u}$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>K_{0u} n = 2\%</math> <math>K_{0u}</math> пред.=4%.</li> <li>2. <math>K_{0u} n = 1\%</math> <math>K_{0u}</math> пред.=2%.</li> <li>3. <math>K_{0u} n = 4\%</math> <math>K_{0u}</math> пред.=6%.</li> <li>4. <math>K_{0u} n = 5\%</math> <math>K_{0u}</math> пред.=10%.</li> </ol>
5.	Требования ГОСТ для величины отклонения частоты $\Delta f$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Delta f n = 0,2</math> Гц <math>\Delta f</math> пред. =0,4Гц.</li> <li>2. <math>\Delta f n = 0,2\%</math> <math>\Delta f</math> пред. 0,4%</li> <li>3. <math>\Delta f n = 0,5</math>Гц <math>\Delta f</math> пред = 1,0Гц.</li> <li>4. <math>\Delta f n = 0,5\%</math> <math>\Delta f</math> пред = 1,0%.</li> </ol>
6.	Влияние увеличения уровня напряжения на работу электроприемников а) электроосвещения, б) электродвигателей.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. а) срок службы ламп накаливания увеличивается б) ротор перегревается</li> <li>2. а) срок службы ламп накаливания уменьшается б) статор перегревается</li> <li>3. а) срок службы ламп накаливания уменьшается б) ротор перегревается</li> <li>4. а) срок службы ламп накаливания увеличивается б) статор перегревается</li> </ol>

7.	Влияние уменьшения уровня напряжения на работу электроприемников а) электроосвещения, б) электродвигателей.	<ol style="list-style-type: none"> <li>а) срок службы ламп накаливания увеличивается б) статор перегревается</li> <li>а) срок службы ламп накаливания увеличивается, световой поток уменьшается б) ротор перегревается, пусковой момент уменьшается.</li> <li>а) срок службы ламп накаливания уменьшается, световой поток уменьшается б) ротор перегревается, пусковой момент увеличивается.</li> <li>а) срок службы ламп накаливания уменьшается, световой поток увеличивается б) статор перегревается, пусковой момент уменьшается.</li> </ol>
8.	Комплекс мероприятий по снижению отклонения напряжения	<ol style="list-style-type: none"> <li>Регулировка напряжения.</li> <li>Стабилизация напряжения.</li> <li>Компенсация реактивной энергии.</li> <li>Подключение добавочного напряжения.</li> </ol>
9.	Комплекс мероприятий по снижению колебания напряжения	<ol style="list-style-type: none"> <li>Регулировка напряжения.</li> <li>Стабилизация напряжения.</li> <li>Компенсация реактивной энергии.</li> <li>Подключение добавочного напряжения</li> </ol>
10.	Коэффициент временного перенапряжения при $\Delta t_{пер}$ до 60с должен быть равен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1,47</li> <li>1,31</li> <li>1,15</li> <li>1,00</li> </ol>
11.	Какие мероприятия позволяют уменьшить отклонение напряжения до допустимой величины $\delta U_y$ .	<ol style="list-style-type: none"> <li>Установка фильтров высших гармоник.</li> <li>Установка реакторов.</li> <li>Компенсация реактивной энергии.</li> <li>Компенсация реактивной энергии и подключение добавочного</li> </ol>
12.	Что понимается под термином «коэффициент электрической мощности»?	<ol style="list-style-type: none"> <li>доля электрической энергии в энергетических ресурсах предприятия;</li> <li>доля активной мощности в полной мощности электроустановки;</li> <li>косинус угла фазового сдвига между напряжением и током электроустановки;</li> <li>тангенс угла фазового сдвига</li> </ol>

		между напряжением и током электроустановки.
13.	Какие нормы устанавливает ГОСТ 13109-97?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. нормы потребления электрической энергии;</li> <li>2. нормы потребления тепловой энергии;</li> <li>3. нормы качества электрической энергии;</li> <li>4. нормы качества тепловой энергии.</li> </ol>
14.	В чём разница между следующими показателями качества электрической энергии: «отклонения напряжения» и «колебания напряжения»?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. это синонимы;</li> <li>2. отклонения – долговременные, а колебания – кратковременные; 129</li> <li>3. колебания меньше отклонений;</li> <li>4. колебания – периодические, а отклонения – нет.</li> </ol>
15.	Что означает показатель качества электроэнергии «несимметрия напряжений»?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сумма фазных напряжений не равна нулю;</li> <li>2. действующие значения фазных напряжений превышают 220 В;</li> <li>3. действующие значения фазных напряжений превышают 380 В;</li> <li>4. фазовые сдвиги между линейными напряжениями равны <math>2\pi/3</math> радиан.</li> </ol>
16.	Что понимается под термином «неактивные составляющие мощности»?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. малоиспользуемые составляющие;</li> <li>2. мощности, которые трудно вовлечь в производственный процесс;</li> <li>3. реактивная мощность и мощность искажений;</li> <li>4. составляющие пассивных элементов электрических цепей</li> </ol>
17.	Каково предельно допустимое значение коэффициента несимметрии по обратной последовательности в соответствии с ГОСТ 13109-97?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. не нормируется;</li> <li>2. 4 %;</li> <li>3. 10 %;</li> <li>4. зависит от характера нагрузки;</li> </ol>
18.	Каково предельно допустимое значение токовой погрешности трансформаторов тока, используемых для подключения счётчиков электроэнергии?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 0,5 %;</li> <li>2. 1 %;</li> <li>3. 5 %;</li> <li>4. 10 %.</li> </ol>
19.	Что означает термин «установленная мощность»?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сумму номинальных мощностей электроприёмников;</li> <li>2. сумму установленной мощности и мощности электрических потерь в сетях потребителя;</li> <li>3. суммарную мощность потребителей;</li> <li>4. мощность сторонних потребителей;</li> </ol>
20.	Как называется мощность, характеризующая интенсивность преобразования электрической энергии в другие виды энергии?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. эффективная;</li> <li>2. активная;</li> <li>3. реактивная;</li> <li>4. пассивная.</li> </ol>

**Вариант №2**

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	<p>Зависимость а) уровня напряжения от потребляемой реактивной мощности <math>U_2 = f(Q)</math>, б) потребляемой реактивной мощности от уровня напряжения <math>Q = f(U_2)</math></p> 	<p>1. а) Графики 1,2,3. б) Графики 4,5,6.                  2. а) Графики 4,5,6 б) Графики 1,2,3.                  3. а) График 1 б) График 2                  4. а) График 4 б) График 5</p>
2.		
3.	<p>Влияние колебания напряжения <math>\delta U_t</math> на работу электроприемников</p>	<p>1. Срок службы ламп накаливания увеличивается, срок службы электродвигателей уменьшается.                  2. Срок службы ламп накаливания уменьшается, срок службы электродвигателей увеличивается                  3. Мерцание ламп освещения, нарушение работы средств связи и телевидения.                  4. Уменьшение светового потока ламп освещения.</p>
4.	<p>Требования ГОСТ для величины коэффициента несинусоидальности напряжения <math>K_u</math> при номинальном напряжении <math>U_n=35</math> кВ</p>	<p>1. <math>K_u</math> норм. =4,0                  2. <math>K_u</math> норм =12,0                  3. <math>K_u</math> норм. = 10,0                  4. <math>K_u</math> норм. =5,0</p>
5.	<p>Какие устройства позволяют уменьшить размах колебания напряжения до допустимой величины <math>\delta U_t</math>.</p>	<p>1. Фильтры.                  2. Реакторы                  3. Батареи конденсаторов                  4. Синхронные компенсаторы и статические компенсирующие устройства.</p>
6.	<p>Из чего состоят статические компенсирующие устройства (для компенсации колебаний напряжения) прямой компенсации.</p>	<p>1. Фильтров.                  2. Реакторов.                  3. Батареи конденсаторов и фильтров высших гармоник.                  4. Фильтров высших гармоник.</p>
7.	<p>Из чего состоят статические компенсирующие устройства (для компенсации колебаний напряжения)</p>	<p>1. Фильтры и реакторы.                  2. Плавно регулируемый реактор и</p>

	косвенной компенсации.	нерегулируемые батареи конденсаторов или фильтры высших гармоник 3. Батареи конденсаторов и фильтры высших гармоник. 4. Фильтры высших гармоник.
8.	Источники несимметрии напряжения и токов при а) продольной и б) поперечной несимметрии.	1. а) несимметрия источников тока, б) несимметрия нагрузки. 2. а) несимметрия нагрузки, б) несимметрия источников тока. 3. а) несимметрия емкостей, б) несимметрия индуктивностей. 4. а) несимметрия индуктивностей, б) несимметрия емкостей.
9.	Влияние несимметрии напряжения и токов на работу электродвигателей.	1. Нагрев двигателей. 2. Вибрация двигателей. 3. Создание противодействующего момента на валу. 4. Все вышеперечисленное.
10.	Какие мероприятия позволяют уменьшить несимметрию напряжения и токов у потребителя.	1. Равномерное распределение нагрузок по фазам. 2. Включение батарей конденсаторов. 3. Включение индуктивностей и емкостей в ненагруженные фазы. 4. Равномерное распределение нагрузок по фазам и включение индуктивностей и емкостей в ненагруженные фазы.
11.	Источники несинусоидальности напряжения.	1. Электронагреватели. 2. Электроосвещение 3. Батареи конденсаторов 4. Вентильные преобразователи.
12.	Коэффициент временного перенапряжения при $\Delta t_{пер}$ до 20с должен быть равен	1. 1,47 2. 1,31 3. 1,15 4. 1,00
13.	Для чего предназначены трансформаторы тока?	1. для подключения средств измерений и релейной защиты к высоковольтным сетям; 2. защиты от перенапряжений; 3. компенсации реактивной мощности; 4. защиты от коротких замыканий.
14.	Требования ГОСТ для величины коэффициента несинусоидальности напряжения $K_u$ при номинальном напряжении $U_n=110кВ$	1. $K_u$ норм.=8,0 2. $K_u$ норм =4,0 3. $K_u$ норм. = 10,0 4. $K_u$ норм. =5,0
15.	Рекомендуемые мероприятия по уменьшению колебаний частоты.	1. Увеличение мощности короткого замыкания трансформатора. 2. Увеличение мощности батарей конденсаторов.

		3. Увеличение мощности реакторов. 4. Увеличение мощности нагрузки.
16.	Какими приборами осуществляется контроль всех показателей качества электроэнергии	1. Амперметром 2. Вольтметром 3. Анализатором высших гармоник 4. Информационно-вычислительным комплексом
17.	Штрафные санкции за электроэнергию ухудшенного качества.	1. За ухудшение качества электроэнергии потребителю назначается фиксированный штраф. 2. За ухудшение качества электроэнергии энергоснабжающая организация не взимает плату с потребителя. 3. За ухудшение качества электроэнергии тариф потребителя увеличивается на коэффициент от 0,2 до 10%. 4. За ухудшение качества электроэнергии тариф потребителя увеличивается на коэффициент 25%.
18.	Какие виды учета электроэнергии <u>не</u> используются.	1. Активный и реактивный 2. Технический и коммерческий. 3. Точный и приближенный 4. Инструментальный
19.	<u>Не применяемый</u> тип счетчиков электроэнергии	1. Прямого включения 2. Косвенного включения. 3. Трансформаторный 4. Электронный
20.	Назначение АСКУЭ.	1. Учет электроэнергии 2. Контроль электроэнергии 3. Учет и контроль электроэнергии 4. Учет и контроль электроэнергии и показателей качества.

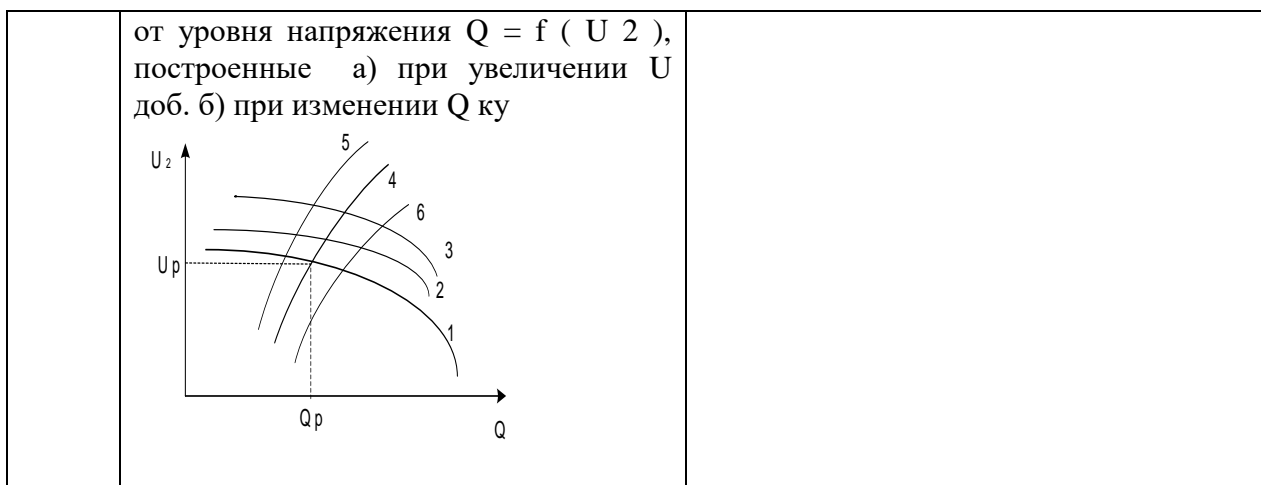
### **Вариант №3**

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Общесистемные показатели качества электроэнергии	1. уровень частоты 2. симметрия трехфазного напряжения 3. уровень напряжения 4. синусоидальность напряжения
2.	Фактор надежности учитывается расчётом ущерба от	1. перерывов электроснабжения 2. некачественной электроэнергии 3. нерациональных потерь электроэнергии 4. нет верного ответа
3.	Компенсирующие устройства, мощность которых учитывается при определении полной расчетной мощности, применяется	1. для компенсации емкостных токов 2. для компенсации реактивной мощности

		3. для компенсации потерь мощности 4. нет верного ответа
4.	Схема распределения электроэнергии должна обеспечивать	1. необходимую надежность, нормируемое качество электроэнергии 2. технологическое резервирование, безопасность эксплуатации, экономичность 3. минимальный охват территории, минимальный уровень токов короткого замыкания 4. верны ответы 1 и 3
5.	Фактор надежности учитывается расчётом ущерба от	1. перерывов электроснабжения 2. некачественной электроэнергии 3. нерациональных потерь электроэнергии 4. верны ответы 1 и 2
6.	Компенсация реактивной мощности экономически оправдана прежде всего для:	1. Генерирующей компании 2. Сетевой компании 3. Промышленного потребителя 4. Нет верного ответа
7.	Чем различаются индукционные и электронные (статические) счетчики?	1. По классу точности 2. По принципу действия 3. По подключению к электрической сети 4. По количеству измерительных элементов
8.	Требования ГОСТ для величины коэффициента несинусоидальности напряжения $K_u$ при номинальном напряжении $U_n=6\text{кВ}$	1. $K_u \text{ норм.}=8,0$ 2. $K_u \text{ норм.}=4,0$ 3. $K_u \text{ норм.}=10,0$ 4. $K_u \text{ норм.}=5,0$
9.	Какие электроприемники создают в сети колебания напряжения $\delta U_t$	1. Электродвигатели. 2. Нелинейная нагрузка (выпрямители) 3. Резкопеременная нагрузка (дуговые сталеплавильные печи, прокатные станы и т.п.). 4. Электроосвещение.
10.	Источниками высших гармонических тока и напряжения являются	1. вентильные преобразователи 2. электродуговые сталеплавильные печи 3. установки электродугавой сварки 4. все вышеперечисленные установки
11.	Способы и средства уменьшения несимметрии в электрических сетях.	1. установка фильтров 2. применение трансреактора 3. применение батарей конденсаторов с неодинаковыми емкостями по фазам. 4. верны ответы 2 и 3
12.	К показателям КЭ относятся	1. установившееся отклонение напряжения ; 2. коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения

		3. доза фликера 4. все ответы верны
13.	Колебания напряжения характеризуются следующими показателями:	1. размахом изменения напряжения; 2. дозой фликера; 3. интервалом между изменениями напряжения; 4. верны ответы 1 и 2.
14.	Формула коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения	1. $K_u = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{U_o} U_n^2}}{U_n} \cdot 100\%$ 2. $K_u = \frac{U_2}{U_n} 100\%$ 3. $K_u = \frac{U_H - U_{\min.}}{U_H} \cdot 100\%$ 4. $K_u = \frac{1}{\Theta} \int_{t-\Theta}^t \delta t \int_0^{25} g^2 fS(ft) \delta t$
15.	Коэффициент временного перенапряжения при $\Delta t_{пер}$ до 1с должен быть равен	1. 1,47 2. 1,31 3. 1,15 4. 1,00
16.	Формула определения провала напряжения	1. $\delta U = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{U_o} U_n^2}}{U_n} \cdot 100\%$ 2. $\delta U = \frac{U_2}{U_n} 100\%$ 3. $\delta U = \frac{U_H - U_{\min.}}{U_H} \cdot 100\%$ 4. $\delta U = \frac{1}{\Theta} \int_{t-\Theta}^t \delta t \int_0^{25} g^2 fS(ft) \delta t$
17.	Появление резонанса в сетях с высшими гармониками.	1. При включении батарей конденсаторов. 2. При отключении батарей конденсаторов. 3. При включении трансформаторов. 4. При включении реакторов.
18.	Устройства для уменьшения несинусоидальности напряжения.	1. Батареи конденсаторов. 2. Реакторы. 3. Фильтры. 4. Трансформаторы.
19.	Параметры идеального фильтра.	1. $\nu_p \omega L = 0$ 2. $\nu_p \omega C = 0$ 3. $\nu_p \omega L = 1 / \nu_p \omega C$ 4. $\nu_p \omega L > 1 / \nu_p \omega C$
20.	Графики, зависимости уровня напряжения от потребляемой реактивной мощности $U^2 = f(Q)$ и потребляемой реактивной мощности	1. а) Графики 2,3. б) Графики 5,6. 2. . а) Графики 5,6 б) Графики 2,3. 3. а) График 1 б) График 2 4. а) График 4 б) График 5





### 6.2.3. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачета)

Оценка	Описание
<b>Зачтено</b>	Посещение не менее 85 % лекционных и лабораторных занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
<b>Не зачтено</b>	Посещение менее 50 % лекционных и лабораторных занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

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

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, порядке проведения промежуточной аттестации.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется метод ежемесячной аттестации обучающегося по итогам выполнения текущих аудиторных и самостоятельных (внеаудиторных) работ. Форма промежуточной аттестации: зачет.

### 7.1. Основная литература

1. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях [Текст] / И. В. Жежеленко. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат, 1986. - 167 с  
[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set\\_static\\_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=31%2E29%2F%D0%96%20479%2D990968<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=31%2E29%2F%D0%96%20479%2D990968<.>)

2. Компенсация реактивной мощности и повышения качества электроэнергии [Текст] : производственно-практическое издание / Ю. С. Железко. - М. : Энергоатомиздат, 1985. - 223  
[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set\\_static\\_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=31%2E28%2F%D0%96%20510%2D826622<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=31%2E28%2F%D0%96%20510%2D826622<.>)

## **7.2. Дополнительная литература**

1. Электрические системы и сети. Качество электроэнергии и его обеспечение [Текст] : конспект лекций / Е. В. Распопов ; науч. ред. Г. В. Рубисов ; СЗПИ. - Л. : СЗПИ, 1990. - 48 с.
2. Управление качеством электроэнергии на промышленных предприятиях [Текст] : учеб. пособие / Г. З. Зайцев, Г. Н. Цицикян. - СПб. : СЗПИ, 2000

## **7.3. 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, 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 «Руконт»». <http://rucont.ru/>
17. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

## **7.4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента**

1. Качество электрической энергии: Методические указания для самостоятельной работы [Электронный ресурс] / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Сост.: В.С. Добуш. СПб, 2018. 48 с.
2. Качество электрической энергии: Методические указания по выполнению лабораторных работ [Электронный ресурс] / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Сост.: В.С. Добуш. СПб, 2018. 52 с.

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

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

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

Лаборатории оснащены силовым электрическим и измерительным оборудованием, которые необходимы для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Качество электроэнергии».

Мебель лабораторная:

Стол лабораторный – 6 шт., шкаф лабораторный – 2 шт., доска напольная мобильная – 1 шт., компьютерное кресло – 18 шт., плакат – 3 шт.

Оборудование и приборы:

мультиметр 2000/E – 1 шт., осциллограф цифровой АКС-2065 – 1 шт., генератор низкой частоты АНР-1002 – 1 шт., комплект тип. учебного оборуд. «Электротехнические материалы» ЭТМ-НК (без ПК) – 1 шт., комплект тип. учебного оборуд. «Электротехнические материалы» ЭТМ-СК (без ПК) – 1 шт., комплект тип. учеб. оборуд. «Трехфазный синхронный генератор 5 кВт» ТСГ-5-СК – 1 шт., комплект тип. учеб. оборуд. «Электрические машины 1,5 кВт» ЭМ-1,5-СК – 1 шт., осциллограф промышленный Fluke 125B/S – 1 шт., преобразователь тока АРРА 30Т – 15 шт., преобразователь частоты ACS880 – 2 шт., двигатель со встроенным тормозом и энкодером 3GAR092452-ASE – 2 шт.

Компьютерная техника:

монитор ЖК HP 22' LA2205wd – 12 шт., системные блоки HP6000pro (возможность доступа к сети «Интернет») – 12 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:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» (обслуживание до 2020 года) ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» (обслуживание до 2020 года) ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования" (обслуживание до 2020 года) Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года), Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года) ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» (обслуживание до 2020 года), 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 (обслуживание до 2020 года),

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 (обслуживание до 2020 года), Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012 (обслуживание до 2020 года)

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: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.200.

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года).

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 (обслуживание до 2020 года)

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 (обслуживание до 2020 года).

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 (обслуживание до 2020 года).

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» (обслуживание до 2020 года)

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 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

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

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

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 (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стула – 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 (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

**8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

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