

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 27.07.2023 11:11:53
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Энергоэффективные электрические сети и системы с интеллектуальным управлением»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ»

для подготовки магистров

по направлению

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

по программе

«Энергоэффективные электрические сети и системы с интеллектуальным управлением»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

старший преподаватель Купова А.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОЭ
14.03.2022, протокол № 4/2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФЭА, 16.03.2022, протокол № 7

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

| | |
|--------------------------|-----|
| Обеспечивающий факультет | ФЭА |
| Обеспечивающая кафедра | ТОЭ |
| | |
| Общая трудоемкость (ЗЕТ) | 4 |
| Курс | 2 |
| Семестр | 3 |

Виды занятий

| | |
|---|-----|
| Лекции (академ. часов) | 6 |
| Практические занятия (академ. часов) | 8 |
| Иная контактная работа (академ. часов) | 2 |
| Все контактные часы (академ. часов) | 16 |
| Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов) | 128 |
| Всего (академ. часов) | 144 |

Вид промежуточной аттестации

| | |
|-----------------------|---|
| Дифф. зачет (семестр) | 3 |
|-----------------------|---|

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ»

В курсе рассматриваются общие вопросы проектирования электрических сетей: конструктивное исполнение, параметры и характеристики элементов. Расчитываются и анализируются режимы линии электропередачи, потери в линиях, а также изучаются проблемы поддержания качества электроэнергии при передаче ее на дальние расстояния и способы регулирования показателей качества в соответствии с действующими стандартами. Рассматриваются вопросы включения в электрические сети устройств регулирования параметров сети, устройств ограничения токов короткого замыкания и накопителей электрической энергии. Уделяется внимание алгоритмам функционирования перечисленных устройств. Изучаются технико-экономические показатели и критерии экономической эффективности развития электрических сетей. Проводится технико-экономическое сравнение вариантов развития сети.

SUBJECT SUMMARY

«ELECTRICAL GRIDS»

The course covers general issues of electrical grids development: design, parameters and characteristics of elements. The modes of the power transmission line, losses in the lines are calculated and analyzed. The problems of maintaining the quality of electricity when transmitting it over long distances and ways to regulate quality indicators in accordance with actual standards are studied. The inclusion of devices for regulating network parameters, devices for limiting short-circuit currents, and electric energy storage devices in electric networks are considered. Attention is paid to the algorithms of functioning of the listed devices. Technical and economic indicators and criteria for the economic efficiency of the development of electric networks are studied. A technical and economic comparison of the options for the development of the network is carried out.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целью изучения дисциплины является получение знаний и формирование практических умений и навыков в области расчета и анализа режимов работы электроэнергетических систем и сетей.

2. Задачи:

- получить навык расчета установившихся режимов в электрических сетях;
- рассмотреть основные методы энергосбережения в электрических сетях;
- получить знания о методах регулирования частоты и напряжения.

3. В результате изучения дисциплины студенты получают знания:

- о режимах работы электрических сетей, позволяющих выбрать надежную электрическую схему с оптимальным режимом;
- о конструктивном исполнении электрических сетей;
- о способах поддержания качества электроэнергии в сетях;
- о методиках технико-экономических расчетов для систем передачи электроэнергии.

4. В результате изучения дисциплины студенты получают умения:

- анализировать режимы работы электрических сетей и управлять этими режимами;
- обосновать место включения компенсирующих установок в систему передачи электроэнергии.

5. В результате изучения дисциплины студенты получают навыки:

- выбора конструктивных элементов и расчета основных параметров электрической сети;
- выбора параметров компенсирующих установок;
- выполнения технико-экономических расчетов для систем электропередачи.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Основы теории надежности электроэнергетических систем»
2. «Индустриальные помехи и электромагнитная совместимость в электроэнергетике»
3. «Основы проектирования электротехнических систем»
4. «Современная элементная база технических средств систем управления»
5. «Учебная практика (ознакомительная практика)»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Производственная практика (научно-исследовательская работа)»
2. «Производственная практика (организационно-управленческая практика)»
3. «Физико-технические основы современной энергетики»
4. «Электромагнитные процессы в трехфазных системах»
5. «Производственная практика (преддипломная практика)»

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

| Код компетенции/ индикатора компетенции | Наименование компетенции/индикатора компетенции |
|--|---|
| ПК-3 | Способен ставить задачи проектирования программно-аппаратных средств автоматизации и управления, готовить технические задания на выполнение проектных работ |
| ПК-3.1 | <i>Знает методики решения схемотехнических и аппаратно-программных задач, возникающих при проектировании электротехнических объектов и систем</i> |
| СПК-9 | Способен организовать процесс разработки концепции системы электроснабжения объектов капитального строительства |
| СПК-9.1 | <i>Выполняет структурный и параметрический синтез схем системы электроснабжения объекта капитального строительства</i> |

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

| № п/п | Наименование темы дисциплины | Лек, ач | Пр, ач | ИКР, ач | СР, ач |
|------------------|--|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| 1 | Введение | 1 | | | |
| 2 | Общая характеристика и классификация электрических сетей. | 1 | | | 8 |
| 3 | Конструктивное исполнение, параметры и характеристики элементов электрических сетей. | 1 | 2 | | 24 |
| 4 | Качество электроэнергии и режимы работы линий электропередач | 1 | 2 | | 40 |
| 5 | Активно-адаптивные электрические сети | 1 | 2 | | 26 |
| 6 | Технико-экономические расчеты для систем электропередачи | 1 | 2 | 2 | 30 |
| | Итого, ач | 6 | 8 | 2 | 128 |
| | Из них ач на контроль | 0 | 0 | 0 | 4 |
| | Общая трудоемкость освоения, ач/зе | | | | 144/4 |

4.1.2 Содержание

| № п/п | Наименование темы дисциплины | Содержание |
|------------------|--|---|
| 1 | Введение | Термины и определения. |
| 2 | Общая характеристика и классификация электрических сетей. | Воздушные и кабельные линии, трансформаторы и автотрансформатор. Схемы замещения элементов электрической сети. Расчет и выбор элементов. Взаимосвязь объектов, обеспечивающих электроснабжение. Структура электроэнергетической системы. Классификация электрических сетей по номинальным напряжениям |
| 3 | Конструктивное исполнение, параметры и характеристики элементов электрических сетей. | Воздушные и кабельные линии, трансформаторы и автотрансформатор. Схемы замещения элементов электрической сети. Расчет и выбор элементов. |
| 4 | Качество электроэнергии и режимы работы линий электропередач | Показатели качества электроэнергии. Расчет режимов линий электропередачи, потери в линии. Графики распределения нагрузки по времени (годовые, суточные), баланс мощности. Мероприятия по уменьшению потерь мощности и оптимизации режимов работы сети. Расстановка компенсирующих устройств. |

| № п/п | Наименование темы дисциплины | Содержание |
|------------------|--|--|
| 5 | Активно-адаптивные электрические сети | Показатели качества электроэнергии. Расчёт режимов линии электропередачи, потери в линии. Графики распределения нагрузки по времени (годовые, суточные), баланс мощности. Мероприятия по уменьшению потерь мощности и оптимизации режимов работы сети. Расстановка компенсирующих устройств. |
| 6 | Технико-экономические расчеты для систем электропередачи | Устройства регулирования мощности и напряжения сети, устройства регулирования параметров сети, устройства ограничения токов короткого замыкания, накопители электрической энергии. Автоматизированные системы управления силовыми устройствами. |

4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.3 Перечень практических занятий

| Наименование практических занятий | Количество ауд. часов |
|---|------------------------------|
| 1. Схемы замещения линии электропередач и трансформаторов. Статические характеристики нагрузки по напряжению и частоте | 2 |
| 2. Расчет режима линии электропередачи при заданном токе нагрузке и при заданной мощности нагрузки. Распределение потоков мощности и напряжений в сетях | 2 |
| 3. Выбор и расстановка компенсирующих устройств. Оптимизация мощности компенсирующих устройств | 2 |
| 4. Технико-экономическое сравнение вариантов сети | 2 |
| Итого | 8 |

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Домашнее задание № 1. Расчет режимов электрических сетей

Домашнее задание № 2. Компенсирующие устройства в электрических сетях.

ИДЗ выдаются и выполняются по мере изучения материала, результат правильного выполнения засчитанное домашнее задание.

Оформление работ осуществляется в индивидуальном порядке в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ «Требованиями оформления студенческих работ».

Текст ИДЗ оформляется в соответствии со следующими требованиями. Шрифт

- Times New Roman, размер шрифта – 14 кегль, межстрочный интервал – полуторный, отступ в начале абзаца – 1, 25 см, поля: правое – не менее 10 мм, верхнее и нижнее – не менее 20 мм, левое – не менее 30 мм. Нумерация страниц пояснительной записи начинается со 2-й страницы (первая – титульный лист – не нумеруется). Иллюстрации (графики, схемы, диаграммы) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице, нумеруются арабскими цифрами, используется сквозная нумерация. Иллюстрации, при необходимости, могут иметь подрисуночный текст. Таблицы нумеруются арабскими цифрами, используется сквозная нумерация. Таблица предваряется заголовком, включающим слово «Таблица» (с указанием номера, выравнивается по левому краю) и наименование таблицы. Формулы следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Формулы следует выделять из текста в отдельную строку. При необходимости пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле. ИДЗ должно содержать четко сформулированные задание и решение с обязательным представлением схем, формул, соответствующих методике расчета. Объем задания 5-7 страниц формата А4. Количество используемых источников 3-4 ед.

Проверка работы и получение студентами задания осуществляется через электронную образовательную среду Moodle по адресу курса, указанному в п.5.3.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

| Текущая СРС | Примерная трудоемкость, ач |
|---|----------------------------|
| Работа с лекционным материалом, с учебной литературой | 12 |

| Текущая СРС | Примерная трудоемкость, ач |
|---|---------------------------------------|
| Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях) | 12 |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины | 36 |
| Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ | 20 |
| Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям | 24 |
| Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам | 8 |
| Выполнение расчетно-графических работ | 0 |
| Выполнение курсового проекта или курсовой работы | 0 |
| Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме | 12 |
| Работа над междисциплинарным проектом | 0 |
| Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных | 0 |
| Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену | 4 |
| ИТОГО СРС | 128 |

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

| № п/п | Название, библиографическое описание | К-во экз. в библ. |
|----------------------------------|---|--------------------------|
| Основная литература | | |
| 1 | Климова, Галина Николаевна. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение [Текст] : Учебное пособие / Климова Г. Н., 2019. -179 с. | неогр. |
| 2 | Ананичева, Светлана Семеновна. Электроэнергетические системы и сети. Примеры и задачи [Текст] : Учебное пособие / Ананичева С. С., Шелюг С. Н. ; под науч. ред. Котовой Е. Н., 2019. -177 с. | неогр. |
| 3 | Ананичева, Светлана Семеновна. Электроэнергетические системы и сети: модели развития [Текст] : Учебное пособие / Ананичева С. С., Мезенцев П. Е., Мызин А. Л. ; под науч. ред. Бартоломея П.И., 2019. -148 с. | неогр. |
| Дополнительная литература | | |
| 1 | Лыкин, Анатолий Владимирович. Электрические системы и сети [Текст] : Учебник Для СПО / Лыкин А. В., 2019. -362 с. | неогр. |
| 2 | Ушаков, Василий Яковлевич. Электроэнергетические системы и сети [Текст] : Учебное пособие / Ушаков В. Я., 2019. -446 с. | неогр. |
| 3 | Ананичева, Светлана Семеновна. Электрические системы и сети. Примеры и задачи [Текст] : Учебное пособие Для СПО / Ананичева С. С., Шелюг С. Н. ; под науч. ред. Котовой Е. Н., 2019. -179 с. | неогр. |
| 4 | Ярош В. А. Электрические системы и сети. Курсовое проектирование [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. А. Ярош, А. В. Ефанов, С. С. Ястребов, 2020. -172 с. | неогр. |

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

| № п/п | Электронный адрес |
|--------------|--|
| 1 | Описание MATLAB: http://www.mathworks.com/ |
| 2 | Экспонента: MATLAB, Simulink, центр инженерных технологий и моделирования. http://www.exponenta.ru/ |
| 3 | Примеры расчета на MATKAD. http://old.exponenta.ru/SOFT/MATHCAD/UsersGuide/0.asp |

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=6085>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Электрические сети» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

Зачет с оценкой

| Оценка | Описание |
|---------------------|---|
| Неудовлетворительно | Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины |
| Удовлетворительно | Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем |
| Хорошо | Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи |
| Отлично | Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач. |

Особенности допуска

По результатам выполнения в семестре 1 контрольной работы и 2 индивидуальных заданий студент получает допуск на дифференцированный зачет. Билет для проведения диффер. зачета содержит 2 теоретических и 1 практический вопросы. Оценка выставляется как средний балл, полученный за ответы по всем вопросам билета.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к дифф.зачету

| № п/п | Описание |
|--------------|--|
| 1 | Назначение и классификация электрических сетей |
| 2 | Назначение и классификация электрических сетей |
| 3 | Конструкции и материалы опор |
| 4 | Типы изоляторов и области их применения |
| 5 | Схемы замещения воздушных и кабельных линий, трансформаторов и автотрансформаторов |
| 6 | Потери мощности в линии и трансформаторах |
| 7 | Типовые статические характеристики нагрузки |
| 8 | Расчёт режимов линии электропередачи, потери в линии |
| 9 | Графики распределения нагрузки по времени, баланс мощности. |
| 10 | Баланс активной мощности и регулирование частоты |

Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

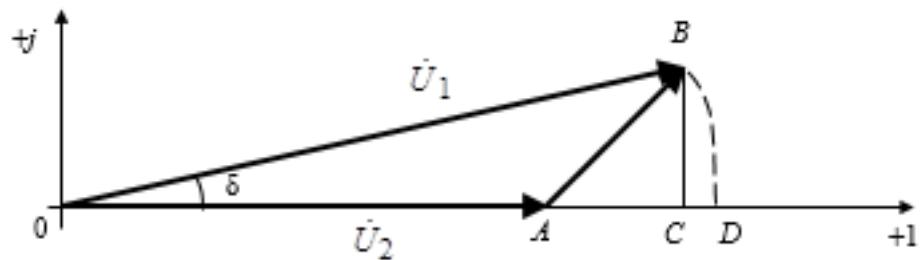
БИЛЕТ № 1

Дисциплина Электрические сети ФЭА

1. Типы проводов ВЛ, их конструктивные особенности

2. Составные элементы капиталовложений на сооружение электрических сетей

3. По векторной диаграмме линейных напряжений в конце и начале линии определить падение напряжения, продольные и поперечные составляющие падения напряжения, потерю напряжения. Выразить падение напряжения через потоки мощности в линии.



УТВЕРЖДАЮ

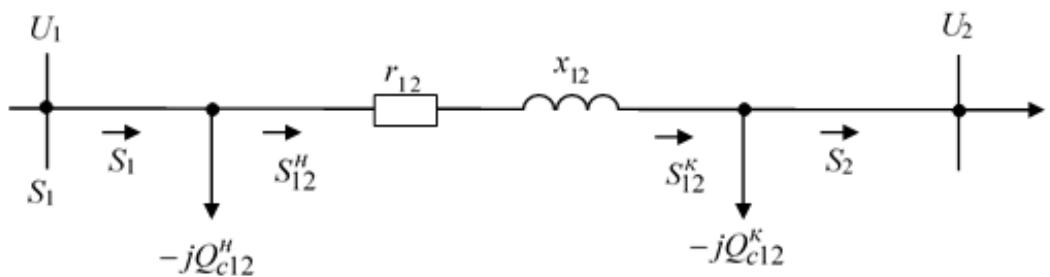
Заведующий кафедрой

Е.Б. Соловьева

Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

Контрольная работа на тему: «Расчёт режимов электрических сетей»

1. Классификация электрических сетей
2. Векторные диаграммы активно-индуктивного и активно-емкостного элементов
3. Схемы замещения воздушных и кабельных линий
4. Задача. Определить мощность \tilde{S}_1 , вырабатываемую электростанцией, и напряжение \dot{U}_2 в конце линии, если нагрузка $\tilde{S}_2 = 15 + j10$ МВА питается от шин электростанции по одноцепной линии 110 кВ длиной 80 км. Схема замещения показана на рисунке. Параметры линии $r_{12} = 24,48$ Ом, $x_{12} = 34,72$ Ом, $b_{12} = 208,8 \cdot 10^{-6}$ См. Напряжение на шинах электростанции $U_1 = 116$ кВ.



Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

| Неделя | Темы занятий | Вид контроля |
|---------------|--|---------------------|
| 1 | Общая характеристика и классификация электрических сетей. | |
| 2 | | |
| 3 | Конструктивное исполнение, параметры и характеристики элементов электрических сетей. | |
| 4 | | |
| 5 | Качество электроэнергии и режимы работы линий электропередач | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |
| 9 | | ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ |
| 10 | Качество электроэнергии и режимы работы линий электропередач | Контрольная работа |
| 11 | Активно-адаптивные электрические сети | |
| 12 | Технико-экономические расчеты для систем электропередачи | |
| 13 | | |
| 14 | | |
| 15 | | |
| 16 | | |
| 17 | | ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ |

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифференцированный зачет.

на практических занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифференцированный зачет.

В ходе проведения практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических

занятиях.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше, а также включает выполнение двух ИДЗ и одной контрольной работы.

Оценивание ИДЗ:

зачтено, если задание выполнено правильно;

не зачтено, если задание не выполнено, или ход решения неправильный.

Оценивание контрольной работы.

”отлично” ставится, если задача решена правильно;

”хорошо” ставится, если задача решена частично;

”удовлетворительно” ставится, если задача решена не полностью, ход решения правильный;

”неудовлетворительно” ставится, если задача не решена, ход решения неправильный.

По результатам контроля самостоятельной работы студент получает допуск на дифференцированный зачет.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

| Тип занятий | Тип помещения | Требования к помещению | Требования к программному обеспечению |
|------------------------|--------------------------------------|---|--|
| Лекция | Лекционная аудитория | Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная или меловая доска | |
| Практические занятия | Аудитория | Аудитория оснащена компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета. Количество посадочных мест, оснащенных ПК – в соответствии с контингентом. Рабочее место преподавателя. | 1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) MatLab 2015 и выше |
| Самостоятельная работа | Помещение для самостоятельной работы | Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета. | 1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше |

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| № п/п | Дата | Изменение | Дата и номер протокола заседания УМК | Автор | Начальник ОМОЛА |
|------------------|-------------|------------------|---|--------------|----------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |