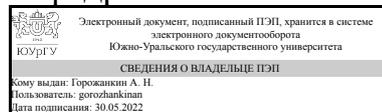


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



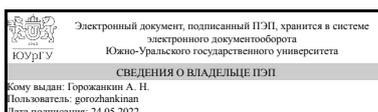
А. Н. Горожанкин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.М4.08 Современные модели анализа и прогнозирования для направления 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**  
**уровень** Магистратура  
**магистерская программа** Интеллектуальные электроэнергетические системы и сети  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Электрические станции, сети и системы электроснабжения

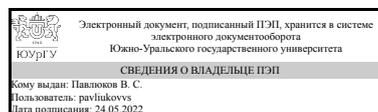
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 147

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



А. Н. Горожанкин

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



В. С. Павлюков

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся комплексного представления о современных моделях анализ и прогнозирования режимных параметров и нагрузок в электроэнергетических системах. Задачи дисциплины: 1. Получить знания о классификации приемников электрической энергии и их общих характеристик, методах и способах прогнозирования нагрузок потребителей. 2. Приобрести умения и навыки в расчете режимных параметров сетей разных уровней напряжений разными методами и способами. 3. Получить практический опыт составления математических моделей прогнозирования режимных параметров

## Краткое содержание дисциплины

Типы и режимы работы электрических приемников, модели промышленных нагрузок, способы анализа потерь электрических нагрузок. Применение метода Ньютона в форме баланса узловых токов для анализа режимов электрических сетей высоких напряжений. Начальные основы применения элементов искусственного интеллекта для прогнозирования узловых нагрузок. Анализ потерь электроэнергии при использовании физических моделей на примере высоковольтной сети. Анализ потерь электроэнергии при использовании эмпирических моделей узловых нагрузок. Прогнозирование потерь в электрических сетях на базе элементов искусственного интеллекта.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)  | Планируемые результаты обучения по дисциплине   |
|--|---|
| ПК-2 Способен участвовать в научно-исследовательской работе по видам профессиональной деятельности | Знает: Виды и классификацию приемников электрической энергии, их общие характеристики. Базовые и перспективные модели для исследования технологических процессов в области анализа и прогнозирования узловых нагрузок электрических сетей. Математические модели и программные среды для численного анализа физических процессов, связанных с потерями электроэнергии в элементах электрических сетей.<br>Умеет: Оперировать данными, различающимися по физическому характеру, и формулировать задачи, используя соответствующие физико-математические модели. Рассчитывать и анализировать технологические процессы, связанные с разными моделями узловых нагрузок электрической сети. Прогнозировать технологические процессы, выполняя показатели качества процесса.<br>Имеет практический опыт: Исследования свойств моделей средних узловых нагрузок, исследования свойств среднеквадратичных нагрузок, применения элементарных нейронных сетей, обучения однослойной нейронной сети |

|  |   |
|--|---|
|  | прогнозу графика нагрузки, исследования потерь электрической энергии с помощью эмпирических моделей для нагрузок узлов, прогнозирования потерь электрической энергии с использованием результатов решения матричной системы уравнений с помощью нейронной сети. |
|--|---|

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана  | Перечень последующих дисциплин, видов работ                   |
|--|---|
| Интеллектуальные электроэнергетические системы,<br>Производственная практика, научно-исследовательская работа (2 семестр),<br>Производственная практика, научно-исследовательская работа (1 семестр) | Производственная практика, преддипломная практика (4 семестр) |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина                                     | Требования   |
|--|--|
| Интеллектуальные электроэнергетические системы | <p>Знает: Основное оборудование сложных электрических сетей и систем, выполненных с применением устройств интеллектуального управления. Схемы замещения и математические модели высоковольтных линий электропередачи, трансформаторов, синхронных генераторов, нагрузок, применяемые в расчетах установившихся режимов. Методы расчета и моделирования установившихся режимов сложнозамкнутых электрических сетей. Способы и методы регулирования и оптимизации параметров режимов электрических сетей и основы компенсации реактивной мощности в электрических сетях., Методы исследования и анализа режимов интеллектуальных электроэнергетических сетей и систем</p> <p>Умеет: Разрабатывать программы инновационного развития электроэнергетических сетей и систем. Выполнять расчеты и оптимизировать режимы работы электрических сетей и систем, выполненных с применением устройств интеллектуального управления., Анализировать режимы и условия работы электрооборудования путем обобщения результатов исследования</p> <p>Имеет практический опыт: Техно-экономического расчета и анализа режимов сложнозамкнутых электрических сетей с применением ЭВМ и специализированных программных средств., Исследования режимов и условий работы электрооборудования</p> |

|  |  |
|--|--|
|  | интеллектуальных электроэнергетических сетей и систем  |
| Производственная практика, научно-исследовательская работа (2 семестр) | Знает: Основы и принципы имитационного и компьютерного моделирования электроэнергетических систем<br>Умеет: Работать со средой научно-технического компьютерного моделирования MATLAB/Simulink<br>Имеет практический опыт: Работы с программными моделями, реализованными в среде научно-технического компьютерного моделирования MATLAB/Simulink  |
| Производственная практика, научно-исследовательская работа (1 семестр) | Знает: Способы и методы поиска научно-технической информации, требования к оформлению научно-технических публикаций. Принципы и организацию экспериментально-исследовательской работы. Умеет: Находить и анализировать научно-техническую информацию и публикации по заданной тематике. Проводить направленный поиск научно-технической информации, патентный поиск, разрабатывать и ставить научные эксперименты, обрабатывать результаты и оформлять научные отчеты. Имеет практический опыт: Постановки научного эксперимента и обработки полученных результатов. Составления научно-технических отчетов. |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам |
|--|-------------|----------------------------|
|  |             | в часах                    |
|  |             | Номер семестра             |
|  |             | 3                          |
| Общая трудоёмкость дисциплины  | 72          | 72                         |
| <i>Аудиторные занятия:</i>   | 32          | 32                         |
| Лекции (Л)   | 16          | 16                         |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 16          | 16                         |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 0           | 0                          |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>  | 35,75       | 35,75                      |
| Подготовка к зачету  | 12          | 12                         |
| Подготовка к практическим занятиям   | 23,75       | 15.75                      |
| Консультации и промежуточная аттестация                                    | 4,25        | 4,25                       |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                                   | -           | зачет                      |

#### 5. Содержание дисциплины

| № | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий |
|---|----------------------------------|--------------------------|
|---|----------------------------------|--------------------------|

| раздела |   | по видам в часах |   |    |    |
|---------|---|------------------|---|----|----|
|         |   | Всего            | Л | ПЗ | ЛР |
| 1       | Введение. Цели и задачи дисциплины  | 2                | 2 | 0  | 0  |
| 2       | Типы электроприемников и режимы их работы   | 4                | 2 | 2  | 0  |
| 3       | Классификация и модели графиков нагрузок  | 12               | 8 | 4  | 0  |
| 4       | Прогнозирование нагрузок узлов электрических сетей с использованием элементов искусственного интеллекта | 6                | 4 | 2  | 0  |
| 5       | Анализ потерь электроэнергии при использовании физических моделей на примере высоковольтной сети        | 2                | 0 | 2  | 0  |
| 6       | Анализ потерь электроэнергии при использовании эмпирических моделей узловых нагрузок                    | 2                | 0 | 2  | 0  |
| 7       | Прогнозирование потерь в электрических сетях на базе элементов искусственного интеллекта                | 4                | 0 | 4  | 0  |

## 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия  | Кол-во часов |
|----------|-----------|--|--------------|
| 1        | 1         | Введение. Цели и задачи дисциплины. Содержание, структура курса, его связь с другими дисциплинами  | 2            |
| 2        | 2         | Типы электроприемников. Основные режимы их работы. Способы определения приведенного числа электроприемников                                      | 2            |
| 3        | 3         | Классификация методов расчета электрических нагрузок. Понятия о математических графиков электрических нагрузок и показателях характеризующих их  | 4            |
| 4        | 3         | Понятие о модели определения средних нагрузок. Способ определения среднеквадратичных нагрузок. О математических моделях расчетных нагрузок узлов | 4            |
| 5        | 4         | Прогнозирование нагрузок узлов электрических сетей с использованием инновационных технологий   | 4            |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара   | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---|--------------|
| 1         | 2         | Типы электроприемников, режимы работы, паспортные данные  | 2            |
| 2         | 3         | Математические модели графиков нагрузок. Определение их характеристик   | 1            |
| 3         | 3         | Исследование свойств моделей средних узловых нагрузок   | 1            |
| 4         | 3         | Исследование свойств среднеквадратичных нагрузок  | 1            |
| 5         | 3         | Исследования математических моделей расчетных нагрузок  | 1            |
| 6         | 4         | Элементарная нейронная сеть   | 1            |
| 8         | 4         | Обучение однослойной нейронной сети прогнозу графика нагрузки.  | 1            |
| 9         | 5         | Анализ потерь электроэнергии при использовании различных физических моделей нагрузок на примере высоковольтной сети | 2            |
| 10        | 6         | Исследования потерь электрической энергии с помощью эмпирических моделей для нагрузок узлов                         | 2            |
| 11        | 7         | Использование нейронных сетей для решения матричных систем уравнений  | 2            |
| 12        | 7         | Прогнозирование потерь электрической энергии, используя результаты решения матричной системы уравнений              | 2            |

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС                     |  |         |              |
|------------------------------------|--|---------|--------------|
| Подвид СРС                         | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс   | Семестр | Кол-во часов |
| Подготовка к зачету                | Лыкин А.В. Электрические системы и сети: Учебное пособие по направлению 140200 "Электроэнергетика".-М.: Университетская книга: Логос, 2006, с. 253; с. 59-162.   | 3       | 12           |
| Подготовка к практическим занятиям | Волков Е.А. Численные методы: учебное пособие.- Спб: Лань, 2007.- 248 с.; с. 39-183.   | 3       | 15,75        |
| Подготовка к практическим занятиям | Вычислительные модели потокораспределения в электрических системах: монография/Б.И. Аюев, В.В. Давыдов, П.М. Мирохин, В.Г. Неуймин; под ред. П.И. Бартоломея.- М.-Флинта: Наука, 2008,-256 с. ; с. 44-143. | 3       | 8            |

### 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

#### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля             | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов   | Учитывается в ПА |
|------|----------|--------------------------|-----------------------------------|-----|------------|---|------------------|
| 1    | 3        | Текущий контроль         | Контрольная работа №1             | 1   | 20         | Контрольная работа состоит из двух заданий. Первое задние стоит 10 баллов, второе задание 20 баллов. Если задания выполнены правильно, то начисляется установленное число баллов, иначе 0 баллов.   | зачет            |
| 2    | 3        | Текущий контроль         | Контрольная работа №2             | 1   | 30         | Контрольная работа состоит из заданий. Баллы начисляются в зависимости от числа правильно выполненных заданий. Первое задание стоит 10 баллов, второе задание 20 баллов. Если задания выполнены правильно, то начисляется установленное число баллов, иначе 0 баллов. | зачет            |
| 3    | 3        | Промежуточная аттестация | зачет                             | -   | 40         | Баллы начисляются за выполненные задания в билете. Билет содержит два задания. За каждое задание может быть 20 баллов.  | зачет            |

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  | <p>Критерии оценивания выполненного задания: 20 баллов- если задание выполнено правильно; 8 баллов-если имеются недочеты, не влияющие на конечный результат; 6 баллов- если допущены ошибки в вычислениях, но ход решения при этом верный; 4 балла-если есть грубые ошибки; в остальных случаях "0" баллов.</p> <p>Мероприятие засчитывается, если студент набрал не менее 24 баллов(60%) . Если прохождение мероприятия является обязательным, то для студентов, набравших меньшее число баллов, расчет итога рейтинга не производится.</p> |  |
|--|--|--|--|--|--|--|

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения  | Критерии оценивания                            |
|------------------------------|---|--|
| зачет                        | <p>Зачет проводится в письменной форме по билетам. В аудитории, где проводится зачет, одновременно присутствует не более 10-15 человек. Каждому студенту выдается билет, в котором содержится два задания. Для выполнения задания дается не более 1,5 астр. часа. Дисциплина считается освоенной, если итоговый рейтинг составил не менее 60%. При этом в ведомость выставляется оценка "ЗАЧТЕНО", в противном случае проставляется - "НЕ ЗАЧТЕНО".</p> | <p>В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения</p> |

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения  | № КМ |   |   |
|-------------|--|------|---|---|
|             |  | 1    | 2 | 3 |
| ПК-2        | Знает: Виды и классификацию приемников электрической энергии, их общие характеристики. Базовые и перспективные модели для исследования технологических процессов в области анализа и прогнозирования узловых нагрузок электрических сетей. Математические модели и программные среды для численного анализа физических процессов, связанных с потерями электроэнергии в элементах электрических сетей.   |      | + |   |
| ПК-2        | Умеет: Оперировать данными, различающимися по физическому характеру, и формулировать задачи, используя соответствующие физико-математические модели. Рассчитывать и анализировать технологические процессы, связанные с разными моделями узловых нагрузок электрической сети. Прогнозировать технологические процессы, выполняя показатели качества процесса.  |      | + |   |
| ПК-2        | Имеет практический опыт: Исследования свойств моделей средних узловых нагрузок, исследования свойств среднеквадратичных нагрузок, применения элементарных нейронных сетей, обучения однослойной нейронной сети прогнозу графика нагрузки, исследования потерь электрической энергии с помощью эмпирических моделей для нагрузок узлов, прогнозирования потерь электрической энергии с использованием результатов решения матричной системы уравнений с помощью нейронной сети. |      |   | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Лыкин, А. В. Электрические системы и сети Учеб. пособие по направлению 140200 "Электроэнергетика" А. В. Лыкин. - М.: Университетская книга: Логос, 2006

#### б) дополнительная литература:

1. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети Учеб. для электроэнерг. специальностей вузов В. И. Идельчик. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 592 с. ил.
2. Лыкин, А. В. Электрические системы и сети [Текст] учеб. пособие по направлению "Электроэнергетика" А. В. Лыкин. - М.: Логос, 2006
3. Лыкин, А. В. Электрические системы и сети Учеб. пособие по направлению 140200 "Электроэнергетика" А. В. Лыкин. - М.: Университетская книга: Логос, 2006

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Электричество
2. Известия вузов. Проблемы Энергетики
3. Electrical Power and Energy Systems

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. В.С. Павлюков Модели и алгоритмы решения задач электроэнергетики

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. В.С. Павлюков Модели и алгоритмы решения задач электроэнергетики

### Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы            | Наименование ресурса в электронной форме          | Библиографическое описание  |
|---|---------------------------|---|---|
| 1 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Железко.docx<br><a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a> |

#### Перечень используемого программного обеспечения:

1. PTC-MathCAD(бессрочно)

#### Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий | № | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, |
|-------------|---|--|
|-------------|---|--|

|                                 |            |   |
|---------------------------------|------------|---|
|                                 | ауд.       | предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
| Лабораторные занятия            | 147<br>(1) | Компьютерная техника  |
| Лекции                          | 449<br>(1) | Компьютерная техника  |
| Практические занятия и семинары | 449<br>(1) | Компьютерная техника  |