

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт приборостроения и электротехнических систем
Кафедра электроэнергетики

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института



Тарасенко О.В.

2025 года

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине

«Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок»

По направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Магистерская программа: «Оптимизация развивающихся систем
электроснабжения»

Разработчик:

доцент кафедры электроэнергетики

Половинка Д.В.

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры электроэнергетики
от «11» мая 2025 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой

Половинка Д.В.

Луганск – 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

Выберите один правильный ответ

1. Моделирование — это процесс...

- А) замены реального объекта (процесса, явления) моделью, отражающей его существенные признаки с точки зрения достижения конкретной цели;
- Б) демонстрации моделей одежды в салоне мод;
- В) неформальной постановки конкретной задачи;
- Г) замены реального объекта (процесса, явления) другим материальным или идеальным объектом;
- Д) выявления существенных признаков рассматриваемого объекта.

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1), ПК-2 (ПК-2.1)

2. При изучении объекта реальной действительности можно создать...

- А) одну единственную модель;
- Б) несколько различных видов моделей, каждая из которых отражает те или иные существенные признаки объекта;
- В) одну модель, отражающую совокупность признаков объекта;
- Г) точную копию объекта во всех проявлениях его свойств и поведения;
- Д) правильный вариант отсутствует.

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1), ПК-2 (ПК-2.1)

3. Что требуется для нахождения объективных и устойчивых характеристик процесса при статистическом моделировании?

- А) однократное воспроизведение процесса;
- Б) многократное воспроизведение процесса, с последующей статической обработкой полученных данных;
- В) многократное воспроизведение процесса, с последующей статистической обработкой полученных данных
- Г) многократное воспроизведение процесса, с динамической обработкой полученных данных
- Д) правильный вариант отсутствует

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1), ПК-2 (ПК-2.1)

4. Непрерывно-детерминированные схемы моделирования определяют...

- А) математическое описание системы с помощью непрерывных функций с учётом случайных факторов;
 Б) математическое описание системы с помощью непрерывных функций без учёта случайных факторов;
 В) математическое описание системы с помощью функций прерывающихся во времени;
 Г) математическое описание системы с помощью дискретно-непрерывных функций.
 Д) правильный вариант отсутствует.

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1), ПК-2 (ПК-2.1)

Задания закрытого типа на установление соответствия

Установите правильное соответствие.

Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

1. Установите соответствие между видом математических моделей при имитационном моделировании и его описанием.

- | | |
|---|---|
| 1) Непрерывные модели | А) В них независимые переменные могут изменяться как дискретно, так и непрерывно |
| 2) Дискретные модели | Б) Они представляются в виде разностно-дифференциальных уравнений, которые описывают взаимодействие между различными элементами системы |
| 3) Комбинированные дискретно-непрерывные модели | В) В них значения рассчитываемых переменных при одних и тех же начальных условиях и входящих параметрах определяются однозначно (с точностью до ошибок вычисления). |
| 4) детерминированные модели | Г) В них описываются системы, поведение которых изменяется лишь в заданные моменты времени |

Правильный ответ:

1	2	3	4
Б	Г	А	В

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1), ПК-2 (ПК-2.1)

2. Установите соответствие для состава прогнозируемых энергетических балансов между моделью системы и целью расчетов.

- | | |
|-------------------------------|---|
| Модель системы | Цель расчетов |
| 1) Регион в целом | А) Оценить состав потребителей, их роль и влияние на энергетические балансы и тарифы |
| 2) По отдельным зонам региона | Б) Рассмотреть режимы электрических станций и сетей и оценить возможности их работы по прогнозируемым графикам нагрузки |

3) По составу потребителей всего региона

4) Графики нагрузок

Правильный ответ:

1	2	3	4
Г	В	А	Б

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1), ПК-2 (ПК-2.1)

3. Установите соответствие между основными разновидностями потерь и его описанием.

1) Технические потери электроэнергии и мощности для известной электрической схемы сети.

2) Коммерческие потери.

3) Нормативные потери

А) Эти потери характеризуют эффективность технологического процесса и влияют на эксплуатационные издержки; для них задаются нормативы.

Б) Эти потери выделяются для создания контрольного и ограничительных механизмов учета потерь в тарифах на электроэнергетическом рынке.

В) Эти потери достаточно велики и являются характеристикой организационно-экономических взаимоотношений.

Правильный ответ:

1	2	3
А	В	Б

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1), ПК-2 (ПК-2.1)

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

Установите правильную последовательность.

Запишите правильную последовательность букв слева направо.

1. Установите правильную последовательность составление прогноза для системы, имеющей структурные части в виде зон электроснабжения.

А) Прогноз выработки электроэнергии по всем станциям

Б) Прогнозирование электропотребления с использованием временных моделей для каждой структурной единицы системы (всего 5 зон электроснабжения)

В) Сбалансированный прогноз для всей системы и суммы частных прогнозов по зонам

Г) Экспертные поправки к статистическим прогнозам

Д) Окончательный вариант частных прогнозов

Правильный ответ: Б, В, Г, Д, А

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2), ПК-2 (ПК-2.2)

2. Установите правильную последовательность формирования периода ретроспекции для прогнозирования суточного электропотребления (Э).

А) По статистическому материалу суточных данных $\mathcal{E}_{\text{сут}}$ или по средненедельным данным $\mathcal{E}_{\text{нед}}$ определяются точки перегиба, которые являются границей сезона или задаются календарные даты границ.

Б) Проводится накопление основных показателей сезонов с вариациями границ в отдельные массивы данных «сезоны с накоплением», которые используются для разработки моделей прогнозирования, и проводятся аналитические расчеты по определению основных статистик.

В) Задаются определенные периоды от границы, например, первая и последняя неделя, и они относятся к переходной зоне.

Г) Внутри каждого сезона проводятся аналитические расчеты по определению основных статистик.

Д) Сравниваются статистики отдельных сезонов и «сезонов с накоплением», определяются границы периода ретроспекции. Проводится оценка точности прогноза.

Правильный ответ: А, В, Г, Б, Д

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2), ПК-2 (ПК-2.2)

3. Установите правильную последовательность разработки статистической модели графика нагрузки (ГН).

А) Выбор оптимальной модели и оценка погрешностей (предельной, среднеквадратичной, вероятностной, среднеквадратической по модулю)

Б) Определение типовых суток для моделирования ГН и его параметров за период ретроспекции

В) Построение регрессионных моделей динамики характерных параметров ГН

Г) Исследование моделей различного типа и их оценка

Правильный ответ: Б, В, Г, А

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2), ПК-2 (ПК-2.2)

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

Напишите пропущенное слово (словосочетание).

1. _____ отображает в формальном виде объективные законы управления объектами и технологическими процессами, информационная модель содержит структурное отображение этих законов.

Правильный ответ: Математическая модель

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1), ПК-2 (ПК-2.1)

2. _____ задается в однозначной форме: состав агрегатов станций, параметры оборудования, схема электрических соединений, возможности устройств управления режимами и др.

Правильный ответ: Детерминированная информация

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1), ПК-2 (ПК-2.1)

3. _____ – законы распределения вероятностей и их параметры, которые получаются главным образом при обработке статистических данных.

Правильный ответ: Вероятностная информация

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1), ПК-2 (ПК-2.1)

4. _____ – это процесс приспособляемости системы к изменяющимся условиям среды. В энергетике _____ является постоянным процессом, поскольку на состояние системы влияют многие случайные и неопределенные события и факторы.

Правильный ответ: Адаптация

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1), ПК-2 (ПК-2.1)

5. Научно обоснованное, вероятное суждение о возможном состоянии объекта в будущем, об альтернативных путях и сроках его реализации, называется _____.

Правильный ответ: Прогнозом

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1), ПК-2 (ПК-2.1)

6. _____ служит для расчёта всех электрических величин, присущих реальному элементу электроэнергетической системы.

Правильный ответ: Схема замещения

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.1), ПК-2 (ПК-2.1)

7. Алгоритм имитации процессов функционирования объекта, то есть вычисления зависимостей фазовых переменных от времени при задании различных воздействий на входах объекта, называется _____.

Правильный ответ: Имитационной моделью

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2), ПК-2 (ПК-2.1)

8. Процедура разложения целого на части с целью описания объекта, называется _____.

Правильный ответ: Декомпозицией

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2), ПК-2 (ПК-2.1)

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

1. Нарботка до отказа щита управления электрооборудованием подчинена экспоненциальному закону с интенсивностью отказов $\lambda(t)=1,3 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$. Определить вероятность безотказной работы устройства $P(t)$ в течение года. Принять количество часов работы оборудования за год равным 8760 .

Правильный ответ: $P(8760) = e^{-\lambda t} = e^{-1,3 \cdot 10^{-5} \cdot 8760} = 0,892$ / 0,892 / 0,89 / $P(8760) = 0,892 / P(8760) = 0,89$

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2), ПК-2 (ПК-2.2)

2. Предприятие по капитальному ремонту электрических машин гарантирует вероятность безотказной работы электродвигателей после ремонта $P(t) = 0,8$ в течение наработки $t=9000$ ч. Нарботка до отказа электродвигателя подчинена экспоненциальному закону. Определить интенсивность отказов и среднюю наработку до отказа асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором после ремонта на участке длительной эксплуатации.

Правильный ответ: $P(t) = e^{-\lambda t}$ или $0,8 = e^{-\lambda \cdot 9000}$. $\ln(0,8) = -\lambda \cdot 9000$ или $\lambda = -\frac{\ln(0,8)}{9000} = 2,47 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$ / $\lambda = 2,47 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1} / 2,47 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1} / 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1} / \lambda = 2,47 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2), ПК-2 (ПК-2.2)

3. Нарботка до отказа маломасляного выключателя подчинена экспоненциальному закону с интенсивностью отказов $\lambda(t)=1,1 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$. Определить плотность распределения наработки до отказа $f(t)$, если вероятность безотказной работы устройства $P(t)=0,83$.

Правильный ответ: $f(t) = \lambda(t) \cdot P(t) = 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 0,83 = 0,913 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$
 $0,913 \cdot 10^{-5} / 0,91 \cdot 10^{-5} / P f(t) = 0,913 \cdot 10^{-5} / f(t) = 0,91 \cdot 10^{-5}$

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.2), ПК-2 (ПК-2.2)

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Проведены ускоренные испытания $N=500$ разъединителей. Число отказов Δn_i разъединителей фиксировалось через каждые $\Delta t_i = 100$ ч. Данные об отказах сведены в таблицу:

$\Delta t_i, \text{ч}$	0...100	100...200	200...300	300...400	400...500
Δn_i	30	26	20	14	12

Определить показатели, необходимые для прогнозирования графика электрических нагрузок: вероятность безотказной работы $P^*(500)$, интенсивность отказов $\lambda^*(450)$ и наработку до отказа $T1^*$.

Время выполнения – 35 мин.

Ожидаемый результат:

Вероятность безотказной работы:

$$P^*(500) = \frac{N - \sum \Delta n_i}{N} = \frac{500 - (30 + 26 + 20 + 14 + 12)}{500} = 0,796$$

Количество работоспособных разъединителей N_i через каждые $\Delta t_i = 100$ ч. сведены в таблицу:

$\Delta t_i, \text{ч}$	0...100	100...200	200...300	300...400	400...500
N_i	470	444	424	410	398

Интенсивность отказов рассчитаем с использованием данных о количестве работоспособных разъединителей N_i :

$$\lambda^*(450) = \frac{\Delta n_5}{(N_i + N_{i+1})/2 \cdot \Delta t} = \frac{12}{(410 + 398)/2 \cdot 100} = 2,97 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$$

Общее число отказавших элементов:

$$n_{\Sigma} = \sum \Delta n_i = 30 + 26 + 20 + 14 + 12 = 102,$$

поэтому при расчете T_1^* предположим, что на испытаниях находились только элементы, которые отказали:

$$\begin{aligned} T_1^* &= \frac{1}{n_{\Sigma}} \cdot \sum_{j=1}^N \Delta n_j \cdot \Delta t_j = \\ &= \frac{1}{102} \cdot (30 \cdot 50 + 26 \cdot 150 + 20 \cdot 250 + 14 \cdot 350 + 12 \cdot 450) = \\ &= 203 \text{ ч} \end{aligned}$$

Правильный ответ: $P^*(500) = 0,796$ / $P^*(500) = 0,8$

$$\lambda^*(450) = 2,97 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1} \quad / \quad \lambda^*(450) = 3 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1} \quad / \quad T_1^* = 203 \text{ ч}$$

Критерии оценивания: Задание считается выполненным, если определены 2 из 3 показателей.

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.3), ПК-2 (ПК-2.3)

2. На испытаниях находилось $N = 1000$ осветительных приборов. За время $t = 3000$ ч отказало $n = 200$ изделий. За последующие $\Delta t_i = 200$ ч отказало еще $\Delta n_i = 100$ изделий. Определить показатели, необходимые для прогнозирования графика электрических нагрузок: вероятность безотказной работы $P^*(3000)$, $P^*(3200)$, плотность распределения наработки до отказа $f^*(3100)$, интенсивность отказов $\lambda^*(3100)$.

Время выполнения – 35 мин.

Ожидаемый результат:

Определяем вероятность безотказной работы осветительных приборов для $t = 3000$ ч:

$$P^*(3000) = \frac{N - n(3000)}{N} = \frac{1000 - 200}{1000} = 0,8$$

Определяем вероятность безотказной работы осветительных приборов для $t = 3200$ ч:

$$P^*(3200) = \frac{N - n(3200)}{N} = \frac{1000 - 300}{1000} = 0,7$$

$$\text{где } n(3200) = n(3000) + \Delta n_i = 200 + 100 = 300$$

Плотность распределения наработки до отказа:

$$f^*(3100) = -\frac{dP}{dt} = \frac{\Delta n_i / N}{\Delta t_i} = \frac{100/1000}{200} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$$

где $dP = \Delta n_i / N = \frac{100}{1000} = 0,1$ – изменение вероятности безотказной работы и действительно $dP = P^*(3200) - P^*(3000) = 0,7 - 0,8 = -0,1$

Интенсивность отказа осветительных приборов:

$$\lambda^*(3100) = \frac{\Delta n_i}{(N_i + N_{i+1})/2 \cdot \Delta t_i} = \frac{100}{(800 + 700)/2 \cdot 200} = 6,67 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$$

где $N_i = N - n = 1000 - 200 = 800$ – количество работоспособных осветительных приборов после 200 отказов за $t = 3000$ ч.

$N_{i+1} = N_i - \Delta n_i = 800 - 100 = 700$ – количество работоспособных осветительных приборов после 100 отказов за последующие $\Delta t_i = 200$ ч

Правильный ответ: $P^*(3000) = 0,8$; $P^*(3200) = 0,7$; $f^*(3100) = 5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$; $\lambda^*(3100) = 6,67 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$ / $\lambda^*(3100) = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$

Критерии оценивания: Задание считается выполненным, если определены 2 из 3 показателей.

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.3), ПК-2 (ПК-2.3)

3. При эксплуатации $N_1=100$ распределительных устройств на 10 кВ, $N_2=120$ силовых трансформаторов 10/0,4 кВ, $N_3=90$ распределительных устройств 0,4 кВ в течение года было зафиксировано соответственно $n_1=2$, $n_2=3$ и $n_3=2$ отказов каждого вида оборудования. Определить эксплуатационную надежность ТП 10/0,4 кВ, включающую в себя указанные элементы.

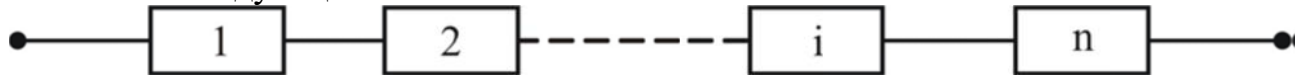
Время выполнения – 35 мин.

Ожидаемый результат:

Надёжность – величина, связанная с прогнозированием. Количественной характеристикой надежности является вероятность безотказной работы (прогноз).

Имеет место последовательное соединение элементов.

Структурная схема надежности при последовательном соединении элементов следующая:



Определяем вероятность безотказной работы распределительных устройств на 10 кВ в течение года:

$$P_1^* = \frac{N_1 - n_1}{N_1} = \frac{100 - 2}{100} = 0,98$$

Определяем вероятность безотказной работы силовых трансформаторов 10/0,4 кВ в течение года:

$$P_2^* = \frac{N_2 - n_2}{N_2} = \frac{120 - 3}{120} = 0,975$$

Определяем вероятность безотказной работы распределительных устройств на 0,4 кВ в течение года:

$$P_3^* = \frac{N_3 - n_3}{N_3} = \frac{90 - 2}{90} = 0,978$$

Вероятность безотказной работы системы с последовательным соединением элементов равна:

$$P(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t)$$

где N – число элементов в системе;

$P_i(t)$ – вероятность безотказной работы i -го элемента.

Отсюда получим:

$$P(t) = P_2^* \cdot P_2^* \cdot P_2^* = 0,98 \cdot 0,975 \cdot 0,978 = 0,934$$

Правильный ответ: $P(t) = 0,934$ / $P(t) = 0,93$ / $0,934$ / $0,93$

Критерии оценивания: Задание считается выполненным, если показатель эксплуатационной надежности ТП 10/0,4 кВ рассчитан через вероятность безотказной работы и результат соответствует правильному ответу.

Компетенции (индикаторы): ПК-1 (ПК-1.3), ПК-2 (ПК-2.3)

Экспертное заключение

Представленный комплект оценочных материалов по дисциплине (практике) **«Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок»** соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые оценочные материалы адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, магистерская программа: «Оптимизация развивающихся систем электроснабжения».

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанные и представленные для экспертизы оценочные материалы рекомендуются к использованию в процессе подготовки обучающихся по указанному направлению.

Председатель учебно-методической комиссии
института приборостроения и
электротехнических систем

Яременко С.П.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)