

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Контрольно-надзорная деятельность в энергетике**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Управление надежностью электрических систем**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ванин А.С.
	Идентификатор	Rd4f34a31-VaninAS-037682a9

(подпись)

А.С. Ванин

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кондратьева О.Е.
	Идентификатор	R4c792df8-KondratyevaOYe-7169b3

(подпись)

О.Е.

Кондратьева

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кондратьева О.Е.
	Идентификатор	R4c792df8-KondratyevaOYe-7169b3

(подпись)

О.Е.

Кондратьева

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен обеспечивать требования промышленной безопасности, оценивать техническое состояние и прогнозировать поведение объектов профессиональной деятельности в чрезвычайных ситуациях

ИД-9 Демонстрирует знания о принципах действия, особенностях конструкций и режимах работы электрических сетей и энергетического оборудования

ИД-10 Способен оценивать надёжность энергетической системы в целом и результаты технической диагностики состояния энергетического оборудования

2. ПК-3 Способен проводить оценку степени негативного воздействия на окружающую среду, разрабатывать и реализовывать мероприятия по обеспечению экологической безопасности объектов профессиональной деятельности

ИД-3 Демонстрирует знания основных типов тепловых схем ТЭС, ГЭС и АЭС

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Обеспечение надёжности энергетических систем (Контрольная работа)
2. Определение показателей надёжности простейших систем (Контрольная работа)
3. Показатели надёжности электрических систем (Контрольная работа)
4. Расчет балансовой надёжности (Расчетно-графическая работа)
5. Расчет структурной надёжности (Расчетно-графическая работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	6	10	14	15
Введение в надёжность электроэнергетических систем. Показатели надёжности элементов и электроэнергетических систем						
Введение в надёжность электроэнергетических систем. Показатели надёжности элементов и электроэнергетических систем	+					
Моделирование элементов системы в анализе надёжности						
Моделирование элементов системы в анализе надёжности		+				

Методы расчёта показателей структурной надёжности электрических сетей					
Методы расчёта показателей структурной надёжности электрических сетей			+		
Методы расчёта показателей балансовой надёжности ЭЭС					
Методы расчёта показателей балансовой надёжности ЭЭС				+	
Нормативно-правовые основы анализа системной надёжности					
Нормативно-правовые основы анализа системной надёжности					+
Вес КМ:	10	20	30	30	10

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-9 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знания о принципах действия, особенностях конструкций и режимах работы электрических сетей и энергетического оборудования	Знать: основные принципы обеспечения надежности электроэнергетических систем показатели и методы анализа надежности электроэнергетических систем	Показатели надежности электрических систем (Контрольная работа) Обеспечение надежности энергетических систем (Контрольная работа)
ПК-2	ИД-10 <sub>ПК-2</sub> Способен оценивать надёжность энергетической системы в целом и результаты технической диагностики состояния энергетического оборудования	Уметь: выполнять идентификацию элементов, определяющих вероятность нарушения работы электроэнергетических систем проводить расчеты параметров, характеризующих надежность электроэнергетической системы	Расчет структурной надежности (Расчетно-графическая работа) Расчет балансовой надежности (Расчетно-графическая работа)
ПК-3	ИД-3 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует знания основных типов тепловых схем ТЭС, ГЭС	Знать: модели элементов электроэнергетической	Определение показателей надёжности простейших систем (Контрольная работа)

	и АЭС	системы в расчетах надежности	
--	-------	----------------------------------	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Показатели надежности электрических систем

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

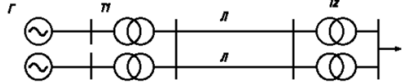
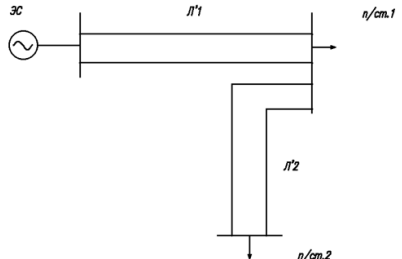
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа может проводиться очно или дистанционно. При очной форме проведения студенты выполняют работу в аудитории. Допускается использование только письменных принадлежностей и калькулятора. Чистые листы выдаются преподавателем. При дистанционной форме проведения студенты выполняют работу перед компьютером с включенной камерой в режиме реального времени. Оформление работы выполняется письменно на бумаге. По окончании времени проведения контрольной работы студенты фотографируют свои решения и загружают в хранилище.

**Краткое содержание задания:**

Определить вероятность нарушения электроснабжения нагрузки

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: показатели и методы анализа надежности электроэнергетических систем</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Вероятность повреждения генератора <math>G</math> <math>q_G = 0,02</math>, трансформатора <math>T1</math> <math>q_{T1} = 0,05</math>, одной цепи <math>L</math> <math>q_L = 0,03</math>, одного понижающего трансформатора <math>q_{T2} = 0,006</math>. Повреждения всех элементов следует считать независимыми случайными событиями. Пропускная способность каждого элемента достаточна для электроснабжения нагрузки. Определить вероятность нарушения электроснабжения нагрузки.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Вероятность повреждения одной цепи <math>L1</math> и <math>L2</math> соответственно равна <math>q_{L1}^i = 0,1 \cdot 10^{-3}</math>, <math>q_{L2}^i = 0,15 \cdot 10^{-3}</math>. Определить вероятность нарушения электроснабжения нагрузки 1 и нагрузки 2 (две отдельные задачи).</p> <p>На электростанции работает 6 одинаковых генераторов. Вероятность повреждения каждого из них <math>p = 0,01</math>. Найти вероятность отказа двух генераторов.</p> <p>1.</p>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-2. Определение показателей надёжности простейших систем

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

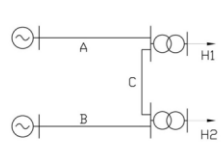
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа может проводиться очно или дистанционно. При очной форме проведения студенты выполняют работу в аудитории. Допускается использование только письменных принадлежностей и калькулятора. Чистые листы выдаются преподавателем. При дистанционной форме проведения студенты выполняют работу перед компьютером с включенной камерой в режиме реального времени. Оформление работы выполняется письменно на бумаге. По окончании времени проведения контрольной работы студенты фотографируют свои решения и загружают в хранилище.

**Краткое содержание задания:**

Определить вероятность и интенсивность нарушения электроснабжения нагрузки

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: модели элементов электроэнергетической системы в расчетах надежности</p>	 <p>1.</p> <p>Система передачи электроэнергии состоит из источников энергии, трансформаторов и линий электропередачи А, В, С. Источники электроэнергии и шины считаем абсолютно надежными элементами. Показатели надежности линий и трансформаторов следующие:</p> $\lambda_A = 1,2 \frac{1}{100 \text{ км} \cdot \text{год}}; \quad \bar{t}_{A,1} = 10 \text{ ч};$ $\lambda_C = 0,01 \frac{1}{\text{год}}; \quad \bar{t}_{C,1} = 50 \text{ ч}.$ <p>Длины линий А, В, С составляют соответственно 30, 40, 50 км. Определить: вероятность и интенсивность нарушения электроснабжения нагрузки 1; вероятность бесперебойного электроснабжения потребителей в течение 0,5 года; вероятность возникновения не более 2 отказов за 5 лет. Построить диаграмму состояний для линий электропередачи. Записать дифференциальное уравнение для состояния из п. 1.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-3. Расчет структурной надежности

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты выполняют расчетное задание в электронном виде и загружают в хранилище.

**Краткое содержание задания:**



Определить показатели надежности схемы относительно шин 10 кВ заданных подстанций

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: выполнять идентификацию элементов, определяющих вероятность нарушения работы электроэнергетических систем</p>	<p>1. Схема электрической сети с источником питания изображена на рисунке. Для систем шин 10 кВ подстанций 1, 2, 3, 4 требуется определить следующие показатели надёжности:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Вероятность нарушения электроснабжения потребителей, присоединенных к подстанции.</li><li>2. Параметр потока отказов для потребителей, присоединенных к подстанции.</li><li>3. Среднее время восстановления электроснабжения для потребителей, присоединенных к подстанции.</li><li>4. Матожидание недоотпуска энергии в течение года.</li></ol> <p>При выполнении расчётов используются условия и допущения.</p> <p>Нагрузки подстанций приведены к стороне 110 кВ. Значения нагрузок подстанций распределены по нормальному закону, который задается математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением мощностей нагрузок. Активные мощности различных подстанций изменяются по одинаковому графику (являются функционально зависимыми случайными величинами). Расчёт структурной надёжности выполняется относительно двух узлов нагрузки: одного из [1,2,3] и 4.</p> <p>Поток отказов и восстановлений как элементов, так и схемы относительно узлов нагрузки пуассоновский с экспоненциальным распределением времени безотказной работы и восстановления.</p> <p>Все присоединения в схеме выполнены через разъединители, показатели надежности которых в расчете не учитываются. Вероятность отказа в срабатывании выключателей или воздействующей на них релейной защиты в расчёте не учитываются.</p> <p>Плановые отключения элементов сети осуществляются в таких режимах, когда перегрузка других элементов не может возникнуть, если не учитывать наложение отказов на преднамеренные отключения. В любой момент времени в преднамеренном отключении может находиться не более одной цепи.</p> <p>Вероятностью отказа нормально разомкнутого выключателя и отказа замкнутого выключателя типа «КЗ в две стороны» можно пренебречь.</p>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

#### КМ-4. Расчет балансовой надежности

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты выполняют расчетное задание в электронном виде и загружают в хранилище.

#### Краткое содержание задания:

Определить показатели балансовой надежности для энергосистемы в целом

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: проводить расчеты параметров, характеризующих надежность электроэнергетической системы</p>	<p>1.Схема электрической сети с источником питания изображена на рисунке. Для системы в целом определить:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Вероятность бездефицитной работы;</li><li>2. Среднее число дефицитных часов в год;</li><li>3. Матожидание недоотпущенной энергии в течение года</li></ol> <p>При выполнении расчётов используются условия и допущения. Нагрузки подстанций приведены к стороне 110 кВ. Значения нагрузок подстанций распределены по нормальному закону, который задается математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением мощностей нагрузок. Активные мощности различных подстанций изменяются по одинаковому графику (являются функционально зависимыми случайными величинами). Поток отказов и восстановлений как элементов, так и схемы относительно узлов нагрузки пуассоновский с экспоненциальным распределением времени безотказной работы и восстановления. Все присоединения в схеме выполнены через разъединители, показатели надежности которых в расчете не учитываются. Вероятность отказа в срабатывании выключателей или воздействующей на</p>
--	--

	<p>них релейной защиты в расчёте не учитываются. Плановые отключения элементов сети осуществляются в таких режимах, когда перегрузка других элементов не может возникнуть, если не учитывать наложение отказов на преднамеренные отключения. В любой момент времени в преднамеренном отключении может находиться не более одной цепи. При дефиците мощности в системе осуществляется отключение нагрузки на величину дефицита.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-5. Обеспечение надежности энергетических систем**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа может проводиться очно или дистанционно. При очной форме проведения студенты выполняют работу в аудитории. Допускается использование только письменных принадлежностей и калькулятора. Чистые листы выдаются преподавателем. При дистанционной форме проведения студенты выполняют работу перед компьютером с включенной камерой в режиме реального времени. Оформление работы выполняется письменно на бумаге. По окончании времени проведения контрольной работы студенты фотографируют свои решения и загружают в хранилище.

**Краткое содержание задания:**

Определить вероятность дефицита мощности и годовой недоотпуск электроэнергии в энергосистеме

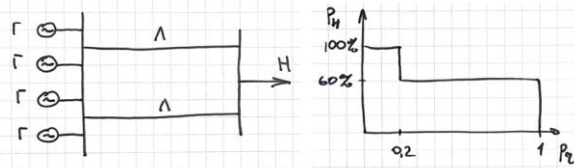
**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные принципы обеспечения надежности электроэнергетических систем

Определить вероятность дефицита мощности и годовой недоотпуск электроэнергии в энергосистеме. Схема энергосистемы показана на рисунке.

Все генераторы одинаковые. Мощность каждого генератора 25 МВт, коэффициент неготовности 0,05. Линии одинаковые. Пропускная способность каждой линии 75 МВт, коэффициент неготовности 0,01.

Распределение нагрузки показано на рисунке. Максимальная мощность нагрузки 80 МВт.



1.

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Зависимые и независимые отказы. Понятие перехода отказа. Вероятность перехода отказа.

2. Биномиальное распределение. Закон Пуассона. Их применение в задачах надежности.

3. Задача

Определить частоту и вероятность нарушения электроснабжения, а также среднегодовой недоотпуск электроэнергии для нагрузки N1. Шины считать абсолютно надежными элементами. Среднегодовая мощность нагрузки  $\bar{P}_{N1} = 50$  МВт.

Название элемента на схеме	$L$ , км	$\lambda$ , 1/км·год	$\bar{t}_B$ , ч	$\lambda_{\text{оп}}$ , 1/год	$\bar{t}_{\text{оп}}$ , ч
Л1	30	0,015	10	1,5	20
Л2	15				
Л3	5				
Л4	10				
Л5	2				
В	-	0,005	20	0,8	10

## Процедура проведения

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в форме устного экзамена, при этом проводится оценка степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения по дисциплине.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-9ПК-2 Демонстрирует знания о принципах действия, особенностях конструкций и режимах работы электрических сетей и энергетического оборудования

### Вопросы, задания

1. В каких задачах применяются расчеты надежности? Для чего?

Взаимосвязь электроэнергетической системы с другими инфраструктурами. Реакция различны

События и состояния, характеризующие надёжность систем электроэнергетики.

Классификаци

Иерархические уровни анализа надежности электроэнергетических систем

Случайные события, влияющие на надежность электроэнергетической системы.

Совместимые и

Биномиальное распределение. Закон Пуассона. Их применение в задачах надежности.

Характеристика жизненного цикла для невосстанавливаемых и восстанавливаемых элементов.

## Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.1. Что такое полная группа событий?
2. Что такое совместимые и несовместимые события?
3. Приведите примеры зависимых событий в электроэнергетике
4. В скольких состояниях может находиться группа из 5 генераторов?

Верный ответ: 1. Это набор всех событий, возможных в рассматриваемом случайном эксперименте 2. Совместимые события - события которые могут произойти одновременно, несовместимые - взаимоисключающие события, которые не могут произойти одновременно 3. Отказ двух цепей линии, расположенных на одной опоре; перегрузка одной цепи линии при отключении другой 4. в 6

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-10<sub>ПК-2</sub> Способен оценивать надёжность энергетической системы в целом и результаты технической диагностики состояния энергетического оборудования

## Вопросы, задания

1. Составление расчетного графа для анализа надежности сложной схемы. Структурная надёжность. Состояния полного отказа и безотказной работы схемы. Основные допущения при анализе структурной надёжности. Зависимые и независимые отказы. Понятие перехода отказа. Вероятность перехода отказа. Определение показателей надежности сечений. Отказы в нормальной и ремонтной схеме. Балансовая надежность. Резерв установленной мощности в энергосистеме. Определение величины резерва. Балансовая надежность. Объединенные энергосистемы. Параметры межсистемных связей и их влияние на балансовую надежность.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое сечение схемы?  
В каких случаях применяется метод сечений? Кратко опишите его принцип  
Дайте определение балансовой надежности.  
Дайте определение структурной надежности.  
Какими показателями описывается балансовая надежность?  
Опишите кратко принцип расчета балансовой надежности  
Опишите кратко модели нагрузки в расчетах балансовой надежности

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ПК-3</sub> Демонстрирует знания основных типов тепловых схем ТЭС, ГЭС и АЭС

## Вопросы, задания

1. Показательное распределение длительности состояния. Модели отказов и восстановлений элементов энергосистемы. Модель отказов и восстановлений одноэлементной схемы. Поток отказов и восстановлений. Граф перехода состояний. Составление дифференциальных уравнений. Стационарные значения вероятности  
  
Модель отказов и восстановлений схемы, состоящей из последовательно соединенных элементов.  
Модель отказов и восстановлений схемы, состоящей из параллельно соединенных элементов.  
Модель плановых отключений в резервированной схеме. Модель плановых отключений для группы последовательно соединенных элементов.

Модель надежности сложных схем. Метод путей и сечений.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Изобразите диаграмму состояний для одного восстанавливаемого элемента

Изобразите кривую жизненного цикла невосстанавливаемого элемента. Отметьте характерные периоды

Изобразите кривую жизненного цикла восстанавливаемого элемента. Отметьте характерные периоды

Что такое стационарная вероятность состояния?

Что такое коэффициент готовности и коэффициент неготовности? Приведите формулы расчета

### ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня*

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***