

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Эффективные теплоэнергетические системы предприятий и ЖКХ**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Надежность теплоэнергетических систем**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

|                                                                                   |                                                    |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|                                                                                   | Владелец                                           | Мотулевич А.В.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | Rd64ed634-MotulevichAV-c3cd7a1 |

(подпись)

А.В.

Мотулевич

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

|                                                                                   |                                                    |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|                                                                                   | Владелец                                           | Яворовский Ю.В.                |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149 |

(подпись)

Ю.В.

Яворовский

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

|                                                                                   |                                                    |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|                                                                                   | Владелец                                           | Яворовский Ю.В.                |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149 |

(подпись)

Ю.В.

Яворовский

(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-3 Способен участвовать в эксплуатации теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ

ИД-4 Способен применять на практике различные методики и современные программные пакеты для повышения надежности теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Надежность структурных схем (Контрольная работа)
2. Надежность технических систем (Контрольная работа)
3. Основные понятия теории надежности (Тестирование)
4. Повышение надежности энергетических систем (Решение задач)

### БРС дисциплины

3 семестр

| Раздел дисциплины                                                                                        | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                                                                                                          | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                                                                                                          | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 12   | 15   |
| Основные понятия теории надежности                                                                       |                                 |      |      |      |      |
| Основные понятия теории надежности                                                                       |                                 | +    |      |      |      |
| Применение методов теории вероятности при оценке надежности технических систем и их элементов            |                                 | +    |      |      |      |
| Надежность технических систем                                                                            |                                 |      |      |      |      |
| Надежность невосстанавливаемых и восстанавливаемых технических систем и элементов                        |                                 |      | +    |      |      |
| Надежность структурных схем                                                                              |                                 |      |      |      |      |
| Структурные схемы, применяемые в теории надежности. Их использование при расчете надежности энергосистем |                                 |      |      | +    |      |
| Расчет сложных схем                                                                                      |                                 |      |      | +    |      |
| Повышение надежности энергетических систем                                                               |                                 |      |      |      |      |

|                             |    |    |    |    |
|-----------------------------|----|----|----|----|
| Методы повышения надежности |    |    |    | +  |
| Резервирование              |    |    |    | +  |
| Вес КМ:                     | 15 | 35 | 15 | 35 |

\$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-3               | ИД-4ПК-3 Способен применять на практике различные методики и современные программные пакеты для повышения надежности теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ | <p>Знать:</p> <p>основные понятия, термины и определения, используемые в теории надежности</p> <p>методы определения показателей надежности энергетических систем</p> <p>теоретические основы обеспечения надежности</p> <p>Уметь:</p> <p>рассчитывать основные показатели надежности систем</p> <p>определять вероятность отказа при работе энергетических систем</p> <p>рассчитывать показатели работоспособности для различных схем резервирования</p> | <p>Основные понятия теории надежности (Тестирование)</p> <p>Надежность технических систем (Контрольная работа)</p> <p>Надежность структурных схем (Контрольная работа)</p> <p>Повышение надежности энергетических систем (Решение задач)</p> |

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

### **КМ-1. Основные понятия теории надежности**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Индивидуально, в письменной форме по заданиям, во время проведения аудиторных практических занятий, продолжительность - 30 минут

**Краткое содержание задания:**

Определения основных понятий надежности, теории вероятности

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные понятия, термины и определения, используемые в теории надежности | 1.Что такое надежность как свойство объекта<br>2.Виды отказов<br>3.Какие события образуют полную группу событий<br>4.В чем различие суммы и произведения событий<br>5.Дайте определение понятию “безотказность” |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

### **КМ-2. Надежность технических систем**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Индивидуально, в письменной форме по заданиям, во время проведения аудиторных практических занятий, продолжительность - 45 минут

**Краткое содержание задания:**

Расчет надежности восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                        |                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методы определения показателей надежности энергетических систем | 1.Назовите основные показатели надежности невосстанавливаемых систем<br>2.Дайте определение коэффициента готовности<br>3.Что такое интенсивность отказов и интенсивность восстановления |
| Уметь: определять вероятность отказа при работе                        | 1.В процессе испытаний 80 двигателей в течение времени $t_1$ отклонение характеристик от допустимых                                                                                     |

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| энергетических систем | <p>пределов наблюдается у 3 из них. В течение интервала времени <math>[t_1, t_2]</math> отказал еще 1 двигатель. Определить вероятность безотказной работы и вероятность отказа</p> <p>2. Прибор состоит из 5 блоков. Вероятности безотказной работы каждого блока в течение 100 ч составляют: <math>P_1(100) = 0,98</math>, <math>P_2(100) = 0,99</math>, <math>P_3(100) = 0,998</math>, <math>P_4(100) = 0,975</math>, <math>P_5(100) = 0,985</math>. Справедлив экспоненциальный закон распределения вероятности безотказной работы. Определить частоту отказов, среднее время наработки на отказ</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. Надежность структурных схем

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

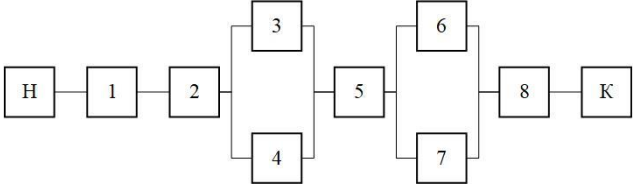
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Индивидуально, в письменной форме по заданиям, во время проведения аудиторных практических занятий, продолжительность - 30 минут

#### Краткое содержание задания:

Расчет показателей надежности различных структурных схем

#### Контрольные вопросы/задания:

|                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: рассчитывать основные показатели надежности систем | <p>1. Система работоспособна, если работоспособны все ее элементы. Записать выражение для определения вероятности работоспособности системы</p>  <p>2. Система работоспособна, если работоспособны все ее элементы. Записать выражение для определения вероятности работоспособности системы</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. Повышение надежности энергетических систем**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

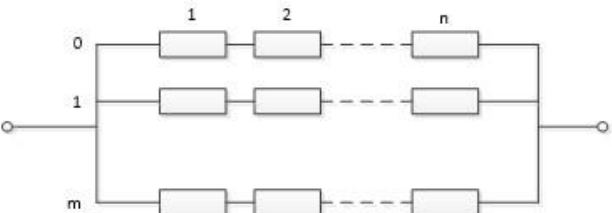
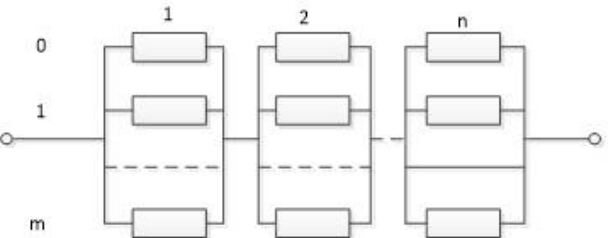
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Индивидуально, в письменной форме по заданиям, во время проведения аудиторных практических занятий, продолжительность - 45 минут

**Краткое содержание задания:**

Решение задач по определению показателей надежности при различных схемах резервирования

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: теоретические основы обеспечения надежности | 1. Способы резервирования<br>2. Алгоритм расчет показателей надежности при раздельном резервировании с постоянно-включенным резервом и целой кратностью<br>3. Алгоритм расчет показателей надежности при раздельном резервировании замещением с целой кратностью<br>4. Алгоритм расчет показателей надежности при раздельном резервировании с постоянно- |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Уметь: рассчитывать показатели работоспособности для различных схем резервирования</p> | <p>включенным резервом и целой кратностью</p> <p>1.Резервирование объекта системы теплоснабжения осуществляется как общее с постоянно включенным резервом и с целой кратностью (<math>m=2</math>). В каждой цепи по 3 элемента (<math>n=3</math>). Интенсивность отказа каждого элемента независима и равна <math>5 \cdot 10^{-6}</math> 1/ч. Определить вероятность безотказной работы системы и среднее время безотказной работы</p>  <p>2.Резервирование объекта системы теплоснабжения осуществляется как раздельное с постоянно включенным резервом и с целой кратностью (<math>m=2</math>). В каждой цепи по 3 элемента (<math>n=3</math>). Интенсивность отказа каждого элемента независима и равна <math>3 \cdot 10^{-6}</math> 1/ч. Определить вероятность безотказной работы системы и среднее время безотказной работы.</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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

### Пример билета

1. Основные показатели надежности
2. Потребитель получает теплоту по теплопроводу, состоящему из 100 невосстанавливаемых участков. Интенсивности отказов каждого участка равны  $5 \cdot 10^{-6}$  1/час. Определить вероятность безотказной работы теплопровода

### Процедура проведения

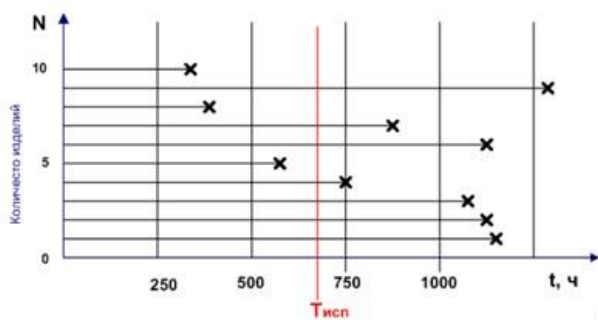
Индивидуально, в письменной форме по заданиям в билетах (1-теоретический вопрос, 2 - задача), в аудитории, продолжительность - 50 минут

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>ПК-3</sub> Способен применять на практике различные методики и современные программные пакеты для повышения надежности теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ

### Вопросы, задания

- 1.Общее резервирование замещением и целой кратностью.  
Определить интенсивность отказов невосстанавливаемых участков тепловой сети на диапазоне от 250 до 500 часов если наблюдение ведётся за 10 участками ведется в течении 1500 часов



- 2.Надежность восстанавливаемых элементов систем теплоснабжения.  
Потребитель получает теплоту по двум независимым теплопроводам Т1 и Т2, отказы которых независимы. Каждый теплопровод может пропустить всю необходимую потребителю тепловую мощность. Теплопроводы выводятся в ремонт (преднамеренный отключения). Параметры потока отказов линий и среднее время восстановления теплопроводов приведено в таблице

| Теплопровод                                    | T1  | T2   |
|------------------------------------------------|-----|------|
| Интенсивность отказов 1/год                    | 0,1 | 0,07 |
| Среднее время восстановления                   | 25  | 30   |
| Интенсивность преднамеренных отключений, 1/год | 0,3 | 0,4  |
| Среднее время преднамеренных отключений, час   | 50  | 60   |

Определить среднюю вероятность отказа; среднее время восстановления

- 3.Общее резервирование замещением и целой кратностью

Потребитель получает теплоту по теплопроводу, состоящему из 100 восстанавливаемых участков тепловой сети. Интенсивности отказов каждого участка составляют  $3 \cdot 10^{-4}$  1/час. Время восстановления каждого участка одинаковое и равно 3 часам. Определить вероятность безотказной работы теплопровода

#### 4. Понятие отказа в системах теплоснабжения

Резервирование объекта системы теплоснабжения осуществляется как отдельное с постоянно включенным резервом и с целой кратностью ( $m=2$ ). Количество элементов в цепях равно  $n=3$ . Интенсивность отказа каждого элемента независима и равна  $3 \cdot 10^{-4}$  1/ч. Определить вероятность безотказной работы системы и среднее время безотказной работы.

### Материалы для проверки остаточных знаний

#### 1. Надежность как свойство системы

Ответы:

1. характеризует способность выполнять требуемые функции в заданных условиях функционирования
2. характеризует способность работать без отказа
3. характеризует способность выполнять некоторые функции в заданных условиях функционирования
4. характеризует способность выполнять требуемые функции только в определенных условиях

Верный ответ: 1. характеризует способность выполнять требуемые функции в заданных условиях функционирования

#### 2. Является ли отказ случайным событием

Ответы:

1. да
2. нет

Верный ответ: 1. да

#### 3. Отказ любого из N однотипных устройств, изготовленных и работающих в одинаковых условиях, - это....отказ

Ответы:

1. равновозможные отказы
2. неравновозможные

Верный ответ: 1. равновозможные

#### 4. Коэффициенты готовности и восстановления используются при определении надежности для восстанавливаемых или невосстанавливаемых систем

Ответы:

1. восстанавливаемых
2. невосстанавливаемых

Верный ответ: 1. восстанавливаемых

#### 5. Какие виды структурных схем вы знаете?

Ответы:

1. параллельное соединение элементов
2. последовательное соединение элементов
3. параллельно-последовательное соединение элементов

#### 4. мостиковая схема

Верный ответ: Перечислить варианты 1-4

#### 6. Коэффициент готовности

Ответы:

1. это отношение математического ожидания суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период
2. это вероятность того, что изделие находится в работоспособном состоянии, определенная в соответствии с проектом при заданных условиях функционирования и технического обслуживания
3. это вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени. Представляет собой отношение времени исправной работы к сумме времен исправной работы и вынужденных простоев объекта, взятых за один и тот же календарный срок

Верный ответ: 3

#### 7. Что такое «ремонтпригодность» технологического объекта

Ответы:

1. возможность и целесообразность восстановления работы какого-либо элемента системы или объекта путем технического обслуживания и ремонта
2. свойство объекта, заключающееся в приспособленности его к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта
3. это способность изделия выполнить требуемую функцию при данных условиях в предположении, что обеспечены технического обслуживания и ремонта

Верный ответ: 2

### **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**

Оценка определяется на основании баллов промежуточной и текущей аттестации