

**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: Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Использование методов системного анализа при проектировании  
энергетических объектов**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

|  |  |                               |
|--|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец   | Гаряев А.Б.                   |
|  | Идентификатор                                      | R75984319-GariayevAB-a6831ea7 |

(подпись)

А.Б. Гаряев

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец   | Писарев Д.С.                 |
|  | Идентификатор                                      | Radb74374-PisarevDS-0915d1cb |

(подпись)

Д.С. Писарев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец   | Рогалев А.Н.                 |
|  | Идентификатор                                      | Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b |

(подпись)

А.Н. Рогалев

(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-1 Способен выполнять разработку и модернизацию объектов теплоэнергетики и теплотехники с учетом современных проблем теплоэнергетики, экологической безопасности и с технико-экономическим обоснованием принимаемых решений

ИД-1 Выполняет анализ современных проблем теплоэнергетики и теплотехники

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Выбор вариантов и оптимизация параметров и структуры энергетических объектов. (Контрольная работа)

2. Выявление приоритетов при проектировании и энергетических объектов формирование критериев их оценки (Контрольная работа)

3. Прогноз результатов внедрения и реконструкции энергетических объектов. (Проверочная работа)

### БРС дисциплины

2 семестр

| Раздел дисциплины  | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |
|--|---------------------------------|------|------|------|
|  | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 |
|  | Срок КМ:                        | 7    | 11   | 15   |
| Методы анализа эффективности систем энергоснабжения и прогноз результатов их проектирования и реконструкции  |                                 |      |      |      |
| Методы анализа эффективности систем энергоснабжения и прогноз результатов их проектирования и реконструкции  | +                               |      |      | +    |
| Выявление приоритетов при проектировании и энергетических объектов и систем энергообеспечения и формирование критериев их оценки                   |                                 |      |      |      |
| Выявление приоритетов при проектировании энергетических объектов и систем энергообеспечения и формирование критериев их оценки                     |                                 |      | +    |      |
| Выбор вариантов и оптимизация параметров и структуры энергетических объектов при наличии разнородных критериев и неопределенностей различных видов |                                 |      |      |      |
| Выбор вариантов и оптимизация параметров и структуры энергетических объектов при наличии разнородных критериев и неопределенностей различных видов | +                               |      |      | +    |
|  | Вес КМ:                         | 40   | 30   | 30   |

\$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-1               | ИД-1ПК-1<br>Выполняет анализ современных проблем теплоэнергетики и теплотехники | <p>Знать:</p> <p>Методы анализа эффективности энергетических объектов и систем энергообеспечения и причины проблемных ситуаций, возникающих при функционировании таких объектов</p> <p>Уметь:</p> <p>Обосновывать и принимать конкретные решения при проектировании систем энергоснабжения промышленных и социальных объектов на основе поиска оптимальных параметров проектируемых систем при наличии качественных критериев и с учетом неопределенностей различных видов</p> <p>Выявлять приоритеты при</p> | <p>Прогноз результатов внедрения и реконструкции энергетических объектов. (Проверочная работа)</p> <p>Выявление приоритетов при проектировании и энергетических объектов формирование критериев их оценки (Контрольная работа)</p> <p>Выбор вариантов и оптимизация параметров и структуры энергетических объектов. (Контрольная работа)</p> |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  | проектировании<br>энергетических объектов и<br>систем<br>энергособеспечения и<br>выбирать критерии оценки<br>их качества |  |
|--|--|--|--|

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

### КМ-1. Прогноз результатов внедрения и реконструкции энергетических объектов.

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** На работу отводится 80 минут. На практическом занятии студентам раздаются варианты заданий. Студент должен выполнить поставленные задачи и представить решение в надлежащей форме.

#### Краткое содержание задания:

Проверочная работа содержит один теоретический вопрос и одно практическое задание.

#### Контрольные вопросы/задания:

|   |  |
|---|--|
| <p>Знать: Методы анализа эффективности энергетических объектов и систем энергообеспечения и причины проблемных ситуаций, возникающих при функционировании таких объектов</p>  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Модели систем и их применение для анализа состояния энергетического объекта</li><li>2. Модели входного и выходного взаимодействия системы и среды</li><li>3. Когнитивные карты и примеры их построения</li><li>4. Прогноз последствий внедрения или реконструкции энергетического объекта</li></ol>   |
| <p>Уметь: Обосновывать и принимать конкретные решения при проектировании систем энергоснабжения промышленных и социальных объектов на основе поиска оптимальных параметров проектируемых систем при наличии качественных критериев и с учетом неопределенностей различных видов</p> | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Разработать технологическую схему и составить когнитивную карту для оценки результатов замены электрического отопления на теплонасосную установку для индивидуального жилого здания площадью 250 м<sup>2</sup>, расположенного в Ростовской области. Сделать выводы об основных преимуществах и недостатках проекта. Дать экспертную оценку целесообразности его осуществления. При необходимости дополнительные данные задать самостоятельно.</li><li>2. Разработать технологическую схему и составить когнитивную карту для оценки результатов включения солнечных коллекторов потребность в теплоснабжении цеха в летний период составляет 0,2 Гкал/час. Из них 60% - отопление, 40% – горячее водоснабжение. Площадь крыши - 1000 м<sup>2</sup>, Цех расположено в г. Казани. Сделать выводы об основных преимуществах и недостатках проекта. Дать экспертную оценку целесообразности его осуществления. При необходимости дополнительные данные задать самостоятельно.</li></ol> |

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно. Составлена адекватная технологическая схема. Когнитивная карта обладает достаточной полнотой. Выводы о положительных и отрицательных последствиях проекта и целесообразности его осуществления обоснованы.

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 65

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если задание выполнено правильно. Составлена адекватная технологическая схема. Когнитивная карта не обладает достаточной полнотой. Выводы о положительных и отрицательных последствиях проекта и целесообразности его осуществления недостаточно обоснованы.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено. Технологическая схема составлена с ошибками. Когнитивная карта не обладает достаточной полнотой. Выводы о положительных и отрицательных последствиях проекта и целесообразности его осуществления недостаточно обоснованы.

## **КМ-2. Выявление приоритетов при проектировании и энергетических объектов формирование критериев их оценки**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** На работу отводится 60 минут. На практическом занятии студентам раздаются варианты заданий. Студент должен решить задачи и представить решение в надлежащей форме.

### **Краткое содержание задания:**

Контрольная работа содержит две практические задачи.

### **Контрольные вопросы/задания:**

|  |   |
|--|---|
| Уметь: Выявлять приоритеты при проектировании энергетических объектов и систем энергособеспечения и выбирать критерии оценки их качества | 1. Определить вектор приоритетов для 4-х вариантов распределения ресурсов на предприятии: А, В, С, D, если результаты попарного сравнения имеют вид: $A/B \sim 1/3$ ; $A/C \sim 1/4$ ; $A/D \sim 1/7$ ; $B/C \sim 1/2$ ; $B/D \sim 1/3$ ; $C/D \sim 1/2$ .<br>2. Определить математическую корректность экспертного задания вектора приоритетов для 4-х вариантов распределения ресурсов на предприятии: А, В, С, D, если результаты попарного сравнения имеют вид: $A/B \sim 1/4$ ; $A/C \sim 1/2$ ; $A/D \sim 1/8$ ; $B/C \sim 1/3$ ; $B/D \sim 1/4$ ; $C/D \sim 1/4$ . |
|--|---|

### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 80

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



правильно, указан ход решения, размерности, формулы и ответы в числах (допускается небольшое отклонение чисел от правильных);

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если задачи решены (доведены до ответа), указан логичный ход решения, размерности, формулы и ответы в числах. Одна задача решена правильно, но при решении второй задачи допущены некоторые ошибки;

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задачи решены (доведены до ответа), указан логичный ход решения, размерности, формулы и ответы в числах, но в их решениях допущены некоторые ошибки;

### **КМ-3. Выбор вариантов и оптимизация параметров и структуры энергетических объектов.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** На работу отводится 60 минут. На практическом занятии студентам раздаются варианты заданий. Студент должен решить задачи и представить решение в надлежащей форме.

#### **Краткое содержание задания:**

Контрольная работа содержит две практические задачи.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|   |  |
|---|--|
| <p>Уметь: Обосновывать и принимать конкретные решения при проектировании систем энергоснабжения промышленных и социальных объектов на основе поиска оптимальных параметров проектируемых систем при наличии качественных критериев и с учетом неопределенностей различных видов</p> | <p>1. Найти оптимальное значение расхода отходящих нагретых газов <math>G</math> через теплоутилизационную установку. Целевая функция, характеризующая работу установки имеет вид:<br/><math>Z = 1/S(2,4Q - 7,2N)</math><br/>Где <math>S</math> - капитальные затраты на установку<br/><math>Q</math> - возвращаемый тепловой поток<br/><math>N</math> - электрическая мощность на прокачивание теплоносителей.<br/>Эти параметры зависят от расхода следующим образом:<br/><math>S = 2G0,7+3</math>; <math>Q=0,6G0,8</math>; <math>N=0,05G2+0,2</math>.<br/>Максимальное значение расхода – 10 кг/с.</p> <p>2. Осуществить выбор наилучшего варианта проекта энергетического объекта методом наибольшего приближения к желаемому результату, если рассматриваются следующие критерии выбора.<br/>Капитальные затраты на проект и его эксплуатацию <math>S</math>.<br/>Расход топлива на выработку электроэнергии <math>B</math>.<br/>Срок службы <math>T</math>.<br/>Весовые коэффициенты для каждого из критериев составляют соответственно 0,4; 0,35; 0,25.</p> |
|---|--|

|  |   |
|--|---|
|  | <p>Значения показателей для вариантов проекта составляют соответственно:</p> <p>Вариант 1: <math>S=240</math> млн. руб. <math>V=0,380</math> кг у.т./кВтч; <math>T=28</math> лет.</p> <p>Вариант 2: <math>S=320</math> млн. руб. <math>V=0,330</math> кг у.т./кВтч; <math>T=32</math> года.</p> <p>Вариант 3: <math>S=280</math> млн. руб. <math>V=0,350</math> кг у.т./кВтч; <math>T=30</math> лет.</p> <p>Желаемое реально достигнутое значение показателей для аналогичных проектов составляет:<br/> <math>S=200</math> млн. руб.; <math>V=0,280</math> кг у.т./кВтч; <math>T=35</math> лет.</p> |
|--|---|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если задачи решены правильно, указан ход решения, размерности, формулы и ответы в числах (допускается небольшое отклонение чисел от правильных);

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если задачи решены (доведены до ответа), указан логичный ход решения, размерности, формулы и ответы в числах. Одна задача решена правильно, но при решении второй задачи допущены некоторые ошибки;

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задачи решены (доведены до ответа), указан логичный ход решения, размерности, формулы и ответы в числах, но в их решениях допущены некоторые ошибки;

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 2 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Процедура проведения

Зачет выставляется студентам, которые не имеют задолженностей по мероприятиям текущего контроля в балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Выполняет анализ современных проблем теплоэнергетики и теплотехники

### Вопросы, задания

- 1.Метод попарного сравнения вариантов
- 2.Когнитивные карты
- 3.Модель черного ящика
- 4.Модели входного взаимодействия системы и среды
- 5.Метод выбора целевой функции
- 6.Понятие оптимизации
- 7.Метод покоординатного поиска
- 8.Метод наискорейшего поиска
- 9.Метод пассивного поиска
- 10.Методы формирования целевой функции

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Чем отличаются модели входного взаимодействия системы и среды и модель черного ящика?

Ответы:

- А) В модели присутствуют элементы состава среды, через которые в систему поступают ресурсы
- Б) Модель является частным случаем модели черного ящика
- В) Различия в моделях нет.
- Г) В модели присутствуют элементы состава рассматриваемой системы, в которые поступают ресурсы из среды.

Верный ответ: А) Г)

2. Для чего используется метод попарного сравнения вариантов?

Ответы:

- А) Для количественной оценки предпочтительности вариантов проектных решений
- Б) Для количественной оценки показателей качества проектируемых объектов
- В) Для перехода от качественных экспертных оценок к количественным.
- Г) Здесь нет правильного ответа

Верный ответ: А) Б) В)

3. Требуется ли осуществлять математическую проверку корректности метода попарного сравнения вариантов проектных решений?

Ответы:

- А) Да, требуется
- Б) Нет не требуется
- В) Не требуется в определенных случаях

Верный ответ: А)

4. Что такое когнитивные карты?

Ответы:

- А) Графические модели, позволяющие прогнозировать возможные последствия принятия решений
- Б) Графические модели, позволяющие установить количественные значения вероятности тех или иных последствий принимаемых решений
- В) модели, позволяющие уточнить структуру рассматриваемой системы
- Г) Здесь нет правильного ответа

Верный ответ: А)

5. Какие из методов решения задач оптимизации позволяют найти оптимум в случае «овражных» целевых функций?

Ответы:

- А) Метод покоординатного поиска
- Б) Метод наискорейшего спуска
- В) Метод пассивного поиска
- Г) Все вышеперечисленные методы

Верный ответ: Б) В)

6. Какой из методов решения задач оптимизации наиболее предпочтителен при наличии большого числа независимых переменных?

Ответы:

- А) Метод покоординатного поиска
- Б) Метод наискорейшего спуска
- В) Метод пассивного поиска
- Г) Все вышеперечисленные методы

Верный ответ: Б)

7. Как решить задачу оптимизации при сложной зависимости аргументов и целевой функции на границах рассматриваемой области?

Ответы:

- А) Использовать специальные математические методы
- Б) Использовать метод покоординатного поиска
- В) использовать метод наискорейшего поиска
- Г) заменить имеющуюся область определения целевой функции на область с более простым видом границ и использовать метод пассивного поиска

Верный ответ: Г)

8. Каким недостатком обладает метод выбора целевой функции путем наибольшего приближения к желаемому результату?

Ответы:

- А) У метода нет существенных недостатков
- Б) Трудность задания реально достижимых значений характеристик желаемого результата
- В) Сложность вычислительной процедуры

Верный ответ: Б)

9. Укажите последствия перехода от системы теплоснабжения с электрообогревом для индивидуального жилого здания на систему с тепловым насосом.

Ответы:

- А) Большая надежность
- Б) Большая экономичность
- В) Меньшие капитальные затраты
- Г) Меньший срок ввода в эксплуатацию

Верный ответ: Б)

10. Укажите последствия частичного перехода к теплоснабжению цеха предприятия от солнечных коллекторов, расположенных на его крыше

Ответы:

- А) Усложнение системы автоматики
- Б) Потребность в дополнительном обслуживании
- В) Уменьшение надежности системы теплоснабжения
- Г) дополнительные затраты электроэнергии

Верный ответ: А) Б) Г)

11. Укажите последствия перехода от системы охлаждения оборудования из естественного водоема к системе оборотного водоснабжения

Ответы:

- А) Улучшение экологических показателей
- Б) Потребность в дополнительной территории
- В) Необходимость постоянной подпитки
- Г) дополнительные затраты электроэнергии

Верный ответ: А) Б) В) Г)

12. Для чего можно использовать модель выходного взаимодействия системы и среды?

Ответы:

- А) Для определения надежности передачи вырабатываемых системой продуктов в среду.
- Б) Для определения надежности использования вырабатываемых системой продуктов на нужды самой системы.
- В) Здесь нет правильного ответа
- Г) Для определения надежности сбыта продуктов в будущем

Верный ответ: А) Б) Г)

13. Что такое оптимизация?

Ответы:

- А) Метод выбора наилучшего решения на основе экспертных оценок
- Б) Математическая процедура, позволяющая выбирать наилучшее решение с учетом неопределенностей различного вида
- В) Метод критериального выбора решения, осуществляемый путем минимизации или максимизации целевой функции.

Верный ответ: В)

14. Назовите виды оптимизации энергетических объектов и оборудования

Ответы:

- А) Структурная оптимизация.
- Б) Оптимизация режимных параметров.
- В) Оптимизация конструктивных параметров
- Г) Общая оптимизация

Верный ответ: А) Б) В)

15. Назовите возможные методы формирования целевой функции

Ответы:

- А) Выбор главного критерия при ограничении остальных
- Б) Метод корректирующего множителя
- В) Метод максимальной близости к желаемому результату
- Г) Метод наименьших квадратов

Верный ответ: А) В)

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" проставляется студентам, имеющим положительные оценки (5,4,3) по всем результатам текущего контроля в семестре

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" проставляется студентам, имеющим неудовлетворительные оценки (2,0) по результатам текущего контроля в семестре

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

Определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»