

**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: Автоматизированные системы управления объектами тепловых и атомных электрических станций**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Оптимальное управление режимами работы электрических станций**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

|  |  |                            |
|--|--|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                            |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                            |
|  | Владелец   | Косой А.А.                 |
|  | Идентификатор                                      | Rf765ead2-KosoyAA-01b8e7ed |

(подпись)

А.А. Косой

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|  |  |                            |
|--|--|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                            |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                            |
|  | Владелец   | Мезин С.В.                 |
|  | Идентификатор                                      | R420ae592-MezinSV-dc40cfee |

(подпись)

С.В. Мезин

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|  |  |                               |
|--|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец   | Черняев А.Н.                  |
|  | Идентификатор                                      | R7a97f450-ChernyaevAN-b37575e |

(подпись)

А.Н. Черняев

(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 участвовать в организации разработки, внедрения и сопровождения АСУТП, разработке мероприятий по повышению качества АСУ ТП и её элементов

ИД-1 Демонстрирует знание основ современной теории оптимизации, адаптивного и оптимального управления технологическими процессами, применяет методы описания в пространстве состояний и синтеза оптимальных алгоритмов во временной области

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Контрольная работа №1. Тема — Расчет мощности ЦВД при работе блока на частичных нагрузках (Контрольная работа)

2. Тестирование Тема — Выбор оптимальных параметров и режимов оборудования при их работе на частичных нагрузках Оптимизация режимов работы оборудования, выбор состава и распределение нагрузки (Тестирование)

3. Тестирование Тема — Структура управления энергетикой России. Рынок электроэнергии и мощности Режимы работы электростанций, структура управления внутри станции (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Реферат Режимы работы оборудования теплофикационных электростанций и их оптимизация Режимы работы парогазовых установок и их оптимизация (Реферат)

## БРС дисциплины

3 семестр

| Раздел дисциплины   | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|---|---------------------------------|------|------|------|------|
|   | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|   | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 12   | 16   |
| Введение. Основные понятия оптимального управления, термины и определения Управление режимами при участии энергоблоков ТЭС в регулировании частоты и мощности |                                 |      |      |      |      |
| Введение. Основные понятия оптимального управления, термины и определения Управление режимами при участии энергоблоков ТЭС в регулировании частоты и мощности |                                 | +    | +    | +    |      |
| Структура управления энергетикой России. Рынок электроэнергии и мощности Режимы работы электростанций, структура управления внутри станции                    |                                 |      |      |      |      |
| Структура управления энергетикой России. Рынок электроэнергии и мощности Режимы работы электростанций,  |                                 |      | +    | +    | +    |

|  |    |    |    |    |
|--|----|----|----|----|
| структура управления внутри станции  |    |    |    |    |
| Выбор оптимальных параметров и режимов оборудования при их работе на частичных нагрузках Оптимизация режимов работы оборудования, выбор состава и распределение нагрузки |    |    |    |    |
| Выбор оптимальных параметров и режимов оборудования при их работе на частичных нагрузках Оптимизация режимов работы оборудования, выбор состава и распределение нагрузки | +  | +  | +  |    |
| Режимы работы оборудования теплофикационных электростанций и их оптимизация Режимы работы парогазовых установок и их оптимизация   |    |    |    |    |
| Режимы работы оборудования теплофикационных электростанций и их оптимизация Режимы работы парогазовых установок и их оптимизация   |    | +  | +  | +  |
| Вес КМ:  | 25 | 25 | 25 | 25 |

\$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-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знание основ современной теории оптимизации, адаптивного и оптимального управления технологическими процессами, применяет методы описания в пространстве состояний и синтеза оптимальных алгоритмов во временной области | Знать:<br>базовые принципы оптимального управления технологическими процессами и режимами оборудования и электростанций<br>основные математические методы решения однокритериальных и многокритериальных оптимизационных задач | Контрольная работа №1. Тема — Расчет мощности ЦВД при работе блока на частичных нагрузках (Контрольная работа)<br>Тестирование Тема — Структура управления энергетикой России. Рынок электроэнергии и мощности Режимы работы электростанций, структура управления внутри станции (Тестирование)<br>Тестирование Тема — Выбор оптимальных параметров и режимов оборудования при их работе на частичных нагрузках Оптимизация режимов работы оборудования, выбор состава и распределение нагрузки (Тестирование)<br>Реферат Режимы работы оборудования теплофикационных электростанций и их оптимизация Режимы работы парогазовых установок и их оптимизация (Реферат) |

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

### КМ-1. Контрольная работа №1. Тема — Расчет мощности ЦВД при работе блока на частичных нагрузках

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту для решения предоставляется задание на 45 минут

#### Краткое содержание задания:

**Вариант 1:**

1. При заданных начальных параметрах пара  $p_0 = (23 + 0,05 \cdot N)$  МПа и  $t_0 = (540 + 0,05 \cdot N)$  °С, где  $N$  — номер студента по списку журнала, построить процесс расширения пара в турбине при постоянном давлении и рассчитать мощность ЦВД. Коэффициент загрузки  $f$  и холостого хода  $x_{хх}$  принять равными  $f = 0,820 - 0,002 \cdot N$ ,  $x_{хх} = 0,06$ . Давление пара в номинальном режиме за регулирующей ступенью  $p_{рз} = (16,5 + 0,03 \cdot N)$  МПа, в первом отборе  $p_{отб} = (3,35 + 0,01 \cdot N)$  МПа, за ЦВД  $p_{цвд} = (2,35 + 0,01 \cdot N)$  МПа. Внутреннее КПД ЦВД  $\eta_{ci}^{вн} = 0,887$ , КПД механическое  $\eta_m = 0,985$  и генератора  $\eta_g = 0,99$ . Расход пара на турбину в номинальном режиме  $D_0 = (440 + 0,3 \cdot N)$  кг/с.

2. Записать уравнения теплового и материального баланса для ПВД-6.

Figure 1 Пример задания

#### Контрольные вопросы/задания:

|  |   |
|--|---|
| Знать: базовые принципы оптимального управления технологическими процессами и режимами оборудования и электростанций | 1. Знание тепловой схемы и режимов работы блока<br>2. Знание методики расчёта мощности ЦВД<br>3. Знание принципов отбора пара на номинальной нагрузке |
|--|---|

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной темы, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию преподавателя решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

**КМ-2. Тестирование Тема — Структура управления энергетикой России. Рынок электроэнергии и мощности Режимы работы электростанций, структура управления внутри станции**

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент решает тест на 40 минут

**Краткое содержание задания:**

Выберите правильный вариант ответа:

**Контрольные вопросы/задания:**

|  |  |
|--|--|
| Знать: базовые принципы оптимального управления технологическими процессами и режимами оборудования и электростанций | 1. На каком рынке происходит конкурентный отбор ценовых заявок поставщиков и покупателей?<br>а) Рынок на сутки вперед б) Рынок мощности в) Рынок системных услуг   |
| Знать: основные математические методы решения однокритериальных и многокритериальных оптимизационных задач           | 1. В каком году прекратило существование РАО ЕЭС?<br>а) 2006 б) 2007 в) 2008 г) 2009<br>2. Регулирующими органами ОРЭМ являются?<br>а) НП Совет рынка б) Росатом в) Системный оператор г) Федеральная служба тарифов |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной темы, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию преподавателя решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

**КМ-3. Тестирование Тема — Выбор оптимальных параметров и режимов оборудования при их работе на частичных нагрузках Оптимизация режимов работы оборудования, выбор состава и распределение нагрузки**

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент решает тест на 40 минут

**Краткое содержание задания:**

Выберите правильный вариант ответа:

**Контрольные вопросы/задания:**

|  |   |
|--|---|
| Знать: базовые принципы оптимального управления технологическими процессами и режимами оборудования и электростанций | 1. Какого режима регулирования нагрузки не существует?<br>а) Скользящего давления б) Обводное парораспределение в) Сопловое парораспределение г) Перекосное парораспределение   |
| Знать: основные математические методы решения однокритериальных и многокритериальных оптимизационных задач           | 1. Какой режим наиболее экономичный при пуске энергоблока?<br>а) Скользящего давления б) Сопловое парораспределение в) Дросселирование<br>2. За счет чего может поддерживаться давление в деаэраторе?<br>а) Давления на всасе питательного насоса б) Давления в коллекторе собственных нужд в) Давления в конденсаторе г) Давления в отборе |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной темы, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию преподавателя решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

**КМ-4. Реферат Режимы работы оборудования теплофикационных электростанций и их оптимизация Режимы работы парогазовых установок и их оптимизация**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Реферат

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент самостоятельно готовит и представляет реферат

**Краткое содержание задания:**

Обзор литературы, выделить основную информацию, подчеркнуть для себя дополнительные сведения, оформить реферат согласно предъявляемым требованиям кафедры, выступить с докладом перед одногруппниками с преподавателем.

**Контрольные вопросы/задания:**

|  |   |
|--|---|
| Знать: основные математические методы решения однокритериальных и многокритериальных оптимизационных задач | 1. Особенности режимов электростанций в условиях рынка<br>2. Методы оптимального управления режимами работы теплового оборудования электростанций |
|--|---|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной темы, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию преподавателя решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Скользящее регулирование — преимущества и недостатки.
2. Особенности ПГУ как объекта управления. Регулировочный диапазон ПГУ, способы его расширения.

### Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 45 минут.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-2 Демонстрирует знание основ современной теории оптимизации, адаптивного и оптимального управления технологическими процессами, применяет методы описания в пространстве состояний и синтеза оптимальных алгоритмов во временной области

### Вопросы, задания

1. Перечень экзаменационных вопросов:

1. Принципы управления энергетической отраслью России на современном этапе.
2. Этапы реструктуризации энергетики и современное ее состояние.
3. Рынок электроэнергии и мощности – основные принципы его работы.
4. Этапы выхода электростанции на рынок электроэнергии и мощности.
5. Основные проблемы работы станций на рынке электроэнергии и мощности.
6. Основные характеристики суточных графиков электропотребления.
7. Работа энергоблоков на частичных нагрузках — регулировочный диапазон, ограничения.
8. Регулировочный диапазон барабанных и прямоточных котлов и способы их расширения.
9. Выбор оптимального способа регулирования давления свежего пара перед турбиной.
10. Скользящее регулирование — преимущества и недостатки.
11. Работа паровой турбины на пониженных нагрузках.
12. Работа конденсационной установки на частичных нагрузках.
13. Работа питательной установки энергоблоков сверхкритических параметров на частичных нагрузках.
14. Работа регенеративной системы на частичных нагрузках.
15. Способы резервирования мощности, их сравнительная оценка.
16. Разгрузочные режимы, их показатели по экономичности, надежности и маневренности.
17. Остановочно-пусковые режимы, их показатели по экономичности, надежности и маневренности.
18. Моторный и малопаровые режимы, их показатели по экономичности, надежности и маневренности.

19. Оптимальное распределение электрической нагрузки на станции.
20. Оптимальное распределение электрической нагрузки на станции по многокритериальному принципу.
21. Способы получения дополнительной мощности на различных типов энергоблоков.
22. Особенности ПГУ как объекта управления. Регулировочный диапазон ПГУ, способы его расширения.

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

1. Какого режима регулирования нагрузки не существует?

Ответы:

- а) Скользящего давления    б) Обводное парораспределение    в) Сопловое парораспределение

Верный ответ: г) Перекосное парораспределение

2. Какой режим наиболее экономичный при пуске энергоблока?

Ответы:

- а) Скользящего давления    б) Сопловое парораспределение    в) Дросселирование

Верный ответ: а) Скользящего давления

3. В каком году прекратило существование РАО ЕЭС?

Ответы:

- а) 2006    б) 2007    в) 2008    г) 2009

Верный ответ: в) 2008

### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* правильно выполнил практическое задание, показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания:* правильно выполнил практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустил при этом непринципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

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

Оценка за освоение дисциплины определяется как: совокупность оценки за ответ на вопрос при проведении зачета (зачетная составляющая в терминах системы БАРС) и оценки, полученной в системе БАРС (семестровая составляющая в терминах системы БАРС) в соответствии с таблицей.