

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

**Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Физика и техника низких температур**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Системы охлаждения электронного оборудования**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|                                                                                   |                                                    |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|                                                                                   | Владелец                                           | Алексеев Т.А.                |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | Rb6b311cc-AlexeevTA-7434fce7 |

Т.А. Алексеев

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|                                                                                   |                                                    |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|                                                                                   | Владелец                                           | Крюков А.П.                  |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R9b81f956-KryukovAP-8dacf4ed |

А.П.  
Крюков

Заведующий  
выпускающей кафедрой

|                                                                                   |                                                    |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                           |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                           |
|                                                                                   | Владелец                                           | Пузина Ю.Ю.               |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | Re86e9a56-Puzina-4d2acad1 |

Ю.Ю.  
Пузина

## 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 проводить расчетно-теоретические и экспериментальные исследования теплогидравлических процессов в конструкциях низкотемпературных установках

ИД-4 Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при выборе схемных решений и оборудования для низкотемпературных установок.

2. ПК-3 Готов самостоятельно определять направление и характер проводимых исследований, учитывать современные тенденции развития низкотемпературной техники

ИД-1 Владеет способами решения физико-технических и инженерных проблем в современных низкотемпературных установках

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования (Контрольная работа)

2. Характеристики элементов системы охлаждения радиоэлектронного оборудования (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

2 семестр

| Раздел дисциплины                                                            | Веса контрольных мероприятий,<br>% |      |      |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------|------|
|                                                                              | Индекс<br>КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 |
|                                                                              | Срок КМ:                           | 8    | 16   |
| Основные виды электронного оборудования                                      |                                    |      |      |
| Основные виды электронного оборудования                                      |                                    |      | +    |
| Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования                            |                                    |      |      |
| Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования                            |                                    |      | +    |
| Математические методы расчеты температурных полей плат электронных устройств |                                    |      |      |
| Математические методы расчеты температурных полей плат электронных устройств |                                    |      | +    |
| Программное обеспечение для расчета температурных полей электронных плат     |                                    |      |      |

|                                                                                  |    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| Программное обеспечение для расчета температурных полей электронных плат         | +  |    |
| Основы расчета элементов систем охлаждения электронного оборудования             |    |    |
| Основы расчета элементов систем охлаждения электронного оборудования             | +  |    |
| Применение термосифонов и тепловых труб для охлаждения электронного оборудования |    |    |
| Применение термосифонов и тепловых труб для охлаждения электронного оборудования | +  |    |
| Вес КМ:                                                                          | 50 | 50 |

\$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-4 <sub>ПК-2</sub> Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при выборе схемных решений и оборудования для низкотемпературных установок. | Знать:<br>возможности использования полученных специализированных знаний для проектирования, создания и эксплуатации систем охлаждения электронного оборудования. | Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования (Контрольная работа)                          |
| ПК-3               | ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Владеет способами решения физико-технических и инженерных проблем в современных низкотемпературных установках                                | Уметь:<br>использовать современные информационные технологии на уровне пользователя для решения задач создания систем охлаждения электронного оборудования        | Характеристики элементов системы охлаждения радиоэлектронного оборудования (Контрольная работа) |

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

### **КМ-1. Системы охлаждения радиоэлектронного оборудования**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 50

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Слепой выбор задания, время на подготовку ответа, ответ

#### **Краткое содержание задания:**

Классификация систем охлаждения радиоэлектронного оборудования. Основные виды систем охлаждения электронного оборудования. Последовательность расчета характеристик систем охлаждения радиоэлектронного оборудования.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Знать: возможности использования полученных специализированных знаний для проектирования, создания и эксплуатации систем охлаждения электронного оборудования.</p> | <p>1.Классификация основных видов электронного оборудования. Создание баз данных элементов электронного оборудования. Характеристики элементов электроники. Основные требования к системам охлаждения электронного оборудования.</p> <p>2.Классификация систем охлаждения радиоэлектронного оборудования. Основные виды систем охлаждения электронного оборудования. Последовательность расчета характеристик систем охлаждения радиоэлектронного оборудования.</p> <p>3.Постановка задачи расчета температурного поля платы с электронным оборудованием. Создание математического описания задачи. Возможные методы решения задачи. Пример решения задачи расчета.</p> <p>4.Основы создания программного обеспечения для расчета температурных полей электронных плат. Подготовка исходных данных для расчета. Пример программы для расчета температурных полей электронных плат. Инструкция по работе с программным обеспечением. Вопросы связанные с представлением результатов расчета. Анализ результатов расчета.</p> <p>5.Основные принципы расчета элементов систем охлаждения электронного оборудования. Насосы, вентиляторы, теплообменники их характеристики. Последовательность расчета характеристик элементов систем.</p> <p>6.Принципы построения термосифонов и тепловых труб. Последовательность расчета параметров работы термосифонов и тепловых труб. Анализ результатов расчета и возможные варианты модификации конструкции.</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**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. Характеристики элементов системы охлаждения радиоэлектронного оборудования**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 50

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Слепой выбор задания, время на подготовку ответа, ответ

**Краткое содержание задания:**

Провести расчет характеристик элементов системы охлаждения радиоэлектронного оборудования

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: использовать современные информационные технологии на уровне пользователя для решения задач создания систем охлаждения электронного оборудования | <p>1. Основы создания программного обеспечения для расчета температурных полей электронных плат. Подготовка исходных данных для расчета. Пример программы для расчета температурных полей электронных плат. Инструкция по работе с программным обеспечением. Вопросы связанные с представлением результатов расчета. Анализ результатов расчета.</p> <p>2. Основные принципы расчета элементов систем охлаждения электронного оборудования. Насосы, вентиляторы, теплообменники их характеристики. Последовательность расчета характеристик элементов систем.</p> <p>3. Принципы построения термосифонов и тепловых труб. Последовательность расчета параметров работы термосифонов и тепловых труб. Анализ результатов расчета и возможные варианты модификации конструкции.</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 2 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

Слепой выбор билета, время на подготовку ответа, ответ

### Процедура проведения

1. Классификация основных видов электронного оборудования. Создание баз данных элементов электронного оборудования. Характеристики элементов электроники. Основные требования к системам охлаждения электронного оборудования. 2. Принципы построения термосифонов и тепловых труб. Последовательность расчета параметров работы термосифонов и тепловых труб. Анализ результатов расчета и возможные варианты модификации конструкции.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-2 Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при выборе схемных решений и оборудования для низкотемпературных установок.

### Вопросы, задания

- 1.1. Классификация систем охлаждения радиоэлектронного оборудования. Основные виды систем охлаждения электронного оборудования. Последовательность расчета характеристик систем охлаждения радиоэлектронного оборудования.
2. Основные принципы расчета элементов систем охлаждения электронного оборудования. Насосы, вентиляторы, теплообменники их характеристики. Последовательность расчета характеристик элементов систем.
- 2.1. Постановка задачи расчета температурного поля платы с электронным оборудованием. Создание математического описания задачи. Возможные методы решения задачи. Пример решения задачи расчета.
2. Основы создания программного обеспечения для расчета температурных полей электронных плат. Подготовка исходных данных для расчета. Пример программы для расчета температурных полей электронных плат. Инструкция по работе с программным обеспечением. Вопросы связанные с представлением результатов расчета. Анализ результатов расчета.
- 3.1. Классификация основных видов электронного оборудования. Создание баз данных элементов электронного оборудования. Характеристики элементов электроники. Основные требования к системам охлаждения электронного оборудования.
2. Классификация систем охлаждения радиоэлектронного оборудования. Основные виды систем охлаждения электронного оборудования. Последовательность расчета характеристик систем охлаждения радиоэлектронного оборудования.
- 4.1. Постановка задачи расчета температурного поля платы с электронным оборудованием. Создание математического описания задачи. Возможные методы решения задачи. Пример решения задачи расчета.
2. Основы создания программного обеспечения для расчета температурных полей электронных плат. Подготовка исходных данных для расчета. Пример программы для расчета температурных полей электронных плат. Инструкция по работе с программным

обеспечением. Вопросы связанные с представлением результатов расчета. Анализ результатов расчета.

5.1. Основы создания программного обеспечения для расчета температурных полей электронных плат. Подготовка исходных данных для расчета. Пример программы для расчета температурных полей электронных плат. Инструкция по работе с программным обеспечением. Вопросы связанные с представлением результатов расчета. Анализ результатов расчета.

2. Основные принципы расчета элементов систем охлаждения электронного оборудования. Насосы, вентиляторы, теплообменники их характеристики.

Последовательность расчета характеристик элементов систем.

## **Материалы для проверки остаточных знаний**

### **1. Водяное охлаждение**

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Система водяного охлаждения основана на циркуляции жидкости. Процессор нагревает резервуар с водой (водоблок), а вода, в свою очередь, охлаждается радиатором. Перекачка жидкости от водоблока к радиатору и обратно осуществляется при помощи специальной помпы. Считается, что СВО является очень эффективной. Однако на практике такой тип охлаждения нередко уступает топовым моделям воздушных кулеров, при этом цена последних заметно ниже цены СВО.

### **2. Материал радиатора**

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Материал, из которого выполнен радиатор охлаждающей системы. Радиаторы производятся из следующих металлов: алюминий, медь, сплав меди и алюминия. В магазинах можно встретить и такие алюминиевые модели радиаторов, основание и/или стержень которых сделаны из меди. Радиаторы, изготовленные из меди, характеризуются более высокой теплопроводностью, для охлаждения они более эффективны, однако, стоят дороже. Медно-алюминиевые радиаторы - отличный вариант в поиске лучшего соотношения эффективности охлаждения и цены. Следует помнить: не только материал радиатора оказывает влияние на качество охлаждения, но конструкция радиатора, и также значение величины воздушного потока

### **3. Максимальная рассеиваемая мощность**

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: от 35 до 550 Вт. Параметр максимальной мощности, которую может рассеивать система охлаждения в нормальном рабочем режиме, обозначается аббревиатурой TDP. Следует учесть, что данный параметр должен превышать мощность процессора.

### **4. Техника кондиционирования воздуха**

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Техника кондиционирования воздуха — совокупность методов направленных на создание и автоматическое поддержание в помещении параметров воздушной среды (чистоты, температуры, влажности, состава, подвижности и давления воздуха), наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, независимо от изменения параметров наружного воздуха.

### **5. Эффект Зеебека**

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Эффект Зеебека — состоит в том, что в электрической цепи, составленной из разных проводников, возникает термоЭДС, если места контактов поддерживаются при разных температурах. Если цепь замкнута, то в ней течет электрический ток, причем изменение знака у разности температур спаев сопровождается изменением направления термотока.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-3 Владеет способами решения физико-технических и инженерных проблем в современных низкотемпературных установках

### Вопросы, задания

- 1.1. Классификация основных видов электронного оборудования. Создание баз данных элементов электронного оборудования. Характеристики элементов электроники. Основные требования к системам охлаждения электронного оборудования.
2. Принципы построения термосифонов и тепловых труб. Последовательность расчета параметров работы термосифонов и тепловых труб. Анализ результатов расчета и возможные варианты модификации конструкции.
- 2.1. Основные принципы расчета элементов систем охлаждения электронного оборудования. Насосы, вентиляторы, теплообменники их характеристики. Последовательность расчета характеристик элементов систем.
2. Принципы построения термосифонов и тепловых труб. Последовательность расчета параметров работы термосифонов и тепловых труб. Анализ результатов расчета и возможные варианты модификации конструкции.
- 3.1. Классификация основных видов электронного оборудования. Создание баз данных элементов электронного оборудования. Характеристики элементов электроники. Основные требования к системам охлаждения электронного оборудования. Классификация систем охлаждения радиоэлектронного оборудования. Основные виды систем охлаждения электронного оборудования. Последовательность расчета характеристик систем охлаждения радиоэлектронного оборудования
- 4.1. Постановка задачи расчета температурного поля платы с электронным оборудованием. Создание математического описания задачи. Возможные методы решения задачи. Пример решения задачи расчета.
2. Основы создания программного обеспечения для расчета температурных полей электронных плат. Подготовка исходных данных для расчета. Пример программы для расчета температурных полей электронных плат. Инструкция по работе с программным обеспечением. Вопросы связанные с представлением результатов расчета. Анализ результатов расчета.
- 5.1. Классификация основных видов электронного оборудования. Создание баз данных элементов электронного оборудования. Характеристики элементов электроники. Основные требования к системам охлаждения электронного оборудования.
2. Принципы построения термосифонов и тепловых труб. Последовательность расчета параметров работы термосифонов и тепловых труб. Анализ результатов расчета и возможные варианты модификации конструкции.

### Материалы для проверки остаточных знаний

#### 1. Воздушный поток

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: от 1.94 до 270 CFM. Максимальный создаваемый лопастями вентилятора воздушный поток. Чем данная величина больше, тем больше эффективность производимого охлаждения, к сожалению, уровень шума также имеет прямую зависимость от максимального воздушного потока. На качество

охлаждения, кроме значения воздушного потока, влияют еще и материал, из которого изготовлен радиатор, и его конструкция.

## 2. Кондиционирование воздуха

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Кондиционирование воздуха — изменение параметров воздуха, с возможностью регулировки разные характеристик окружающей среды: температуры, относительной влажности, чистоты и разделения.

## 3. Охлаждение

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Охлаждение — это такое снижение температуры предмета, при котором не наблюдается изменение его агрегатного состояния.

## 4. Тепловая трубка

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Тепловая трубка — замкнутая трубка, заполненная частично жидкостью и ее парами и используемая для переноса тепла между ее двумя крайними участками путем испарения жидкости на горячем участке и конденсации пара на холодном.

## 5. Тепловой насос

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Тепловой насос — устройство, которое предназначено для переноса тепла от тела с низкой температурой к телу с более высокой.

## **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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

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