

**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  
Технология и техника генерации теплоты**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|  |                                                    |                                |
|--|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец                                           | Степанова Т.А.                 |
|  | Идентификатор                                      | R23096501-StepanovaTA-d031e2f1 |

Т.А.  
Степанова

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

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

Д.С.  
Писарев

Заведующий  
выпускающей кафедрой

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

А.Н.  
Рогалев

## 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 к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-1 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

2. ПК-4 Способен к обеспечению экологической безопасности систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-1 Демонстрирует знание нормативов по обеспечению экологической безопасности систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-2 Разрабатывает экозащитные мероприятия систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Выполнение задания

1. КМ-2 Расчет газогорелочного устройства (Домашнее задание)
2. КМ-4 Расчет форсуночного устройства (Домашнее задание)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 Контрольный опрос “Выбор горелочных устройств для технологий и установок” (Решение задач)
2. КМ-3 Контрольный опрос “Выбор форсуночных устройств для технологий и установок” (Контрольная работа)
3. КМ-5 Контрольный опрос “Определение горючести парогазовых выбросов” (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. КМ-6 Выполнение и защита трех лабораторных работ (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

| Раздел дисциплины                     | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                                       | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
|                                       | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 9    | 11   | 12   | 13   |
| Технические средства сжигания топлива |                                 |      |      |      |      |      |      |

|                                                                                                                   |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Общие сведения о технических средствах сжигания топлива в ВТУ                                                     | +  |    |    | +  | +  |    |
| Технические средства сжигания газообразного топлива. Классификация. Области применения горелок различных классов. | +  | +  |    |    |    | +  |
| Расчет горелочных устройств. Технические средства сжигания жидкого топлива.                                       |    |    |    |    |    |    |
| Основы расчета горелочных устройств (прямоточных дутьевых, инжекционных, вихревых)                                | +  | +  |    | +  | +  | +  |
| Технические средства сжигания жидкого топлива. Классификация. Области применения форсунок различных классов.      | +  | +  |    |    |    | +  |
| Камеры сгорания. Обезвреживание промышленных выбросов.                                                            |    |    |    |    |    |    |
| Определение габаритов камер сгорания                                                                              |    |    | +  |    |    |    |
| Термическое обезвреживание промышленных газовых выбросов                                                          |    |    | +  |    |    |    |
| Организация сжигания топлива в ВТУ. Использование защитных атмосфер в промышленных печах.                         |    |    |    |    |    |    |
| Особенности сжигания топлива в промышленных печах ВТУ                                                             |    |    | +  | +  | +  | +  |
| Производство восстановительных и защитных атмосфер                                                                |    |    | +  | +  | +  | +  |
| Вес КМ:                                                                                                           | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 20 |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

### БРС курсовой работы/проекта

3 семестр

| Раздел дисциплины                                                                | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                                                                                  | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                                                                                  | Срок КМ:                        | 4    | 6    | 13   | 16   |
| Раздел 1. Обзор технических решений по заданной тематике                         |                                 | +    |      |      |      |
| Раздел 2. Выбор направления разработки.                                          |                                 |      | +    |      |      |
| Раздел 3. Расчеты и расчетные исследования по выбранному направлению разработки. |                                 |      |      | +    |      |
| Раздел 4. Графическая часть курсового проекта                                    |                                 |      |      |      | +    |
| Вес КМ:                                                                          |                                 | 30   | 5    | 50   | 15   |

## 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-1 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий            | Знать:<br>принципы процесса производства, передачи, распределения и потребления тепловой энергии<br>Уметь:<br>определять и обосновывать потребность производства в конкретном виде топочно-горелочного устройства для сжигания топлива | КМ-1 Контрольный опрос “Выбор горелочных устройств для технологий и установок” (Решение задач)<br>КМ-2 Расчет газогорелочного устройства (Домашнее задание)<br>КМ-6 Выполнение и защита трех лабораторных работ (Лабораторная работа) |
| ПК-4               | ИД-1 <sub>ПК-4</sub> Демонстрирует знание нормативов по обеспечению экологической безопасности систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий | Знать:<br>технологии сжигания различных видов топлив, технические средства для сжигания газовых и жидких топлив в теплотехнологических реакторах<br>Уметь:<br>анализировать информацию о новых технологиях сжигания и                  | КМ-1 Контрольный опрос “Выбор горелочных устройств для технологий и установок” (Решение задач)<br>КМ-6 Выполнение и защита трех лабораторных работ (Лабораторная работа)                                                              |

|      |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                                                                                                                                                         | переработки топлив                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ПК-4 | ИД-2 <sub>ПК-4</sub> Разрабатывает экозащитные мероприятия систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий | <p>Знать:</p> <p>основные направления повышения эффективности энергоиспользования путем рациональной организации процессов генерации теплоты в ВТУ классификацию и области применения топливно-энергетических ресурсов, правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения)</p> <p>Уметь:</p> <p>осуществлять поиск и анализировать информацию о новых мероприятиях по энерго- и ресурсосбережению и экологической безопасности, о новых технологических процессах и видах теплотехнологического оборудования использовать программы расчетов характеристик теплотехнологического оборудования и теплотехнических систем</p> | <p>КМ-2 Расчет газогорелочного устройства (Домашнее задание)</p> <p>КМ-3 Контрольный опрос “Выбор форсуночных устройств для технологий и установок” (Контрольная работа)</p> <p>КМ-4 Расчет форсуночного устройства (Домашнее задание)</p> <p>КМ-5 Контрольный опрос “Определение горючести парогазовых выбросов” (Контрольная работа)</p> |

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

### **КМ-1. КМ-1 Контрольный опрос “Выбор горелочных устройств для технологий и установок”**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Отводится 1 академический час во время практических занятий. Студент решает задачу подбора горелочного устройства для конкретной инженерной задачи.

#### **Краткое содержание задания:**

Примеры вопросов контрольной работы

1 Небольшая камерная печь образуется большим числом мелких горелок. Воздух не подогревается. Давление газа около 0,1 МПа, разрежение в печи не регулируется. Какой тип горелок целесообразно применять в этом случае и почему?

2 Промышленное здание отапливается с помощью приточной вентиляции смесью продуктов сгорания природного газа с воздухом. Какой тип горелок целесообразно применять в этом случае и почему?

3 Для нагрева алюминиевых слитков требуется конвективный режим нагрева. Какие газогорелочные устройства наиболее пригодны в этом случае?

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                               |                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Знать: технологии сжигания различных видов топлив, технические средства для сжигания газовых и жидких топлив в теплотехнологических реакторах | 1.Приведите классификацию горелочных устройств по разным признакам. |
| Уметь: определять и обосновывать потребность производства в конкретном виде топочно-горелочного устройства для сжигания топлива               | 1.Рассчитайте расход топлива при заданной мощности горелки.         |

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнено не менее 90 % задания. Даны правильные ответы даны на все вопросы, содержание ответов исчерпывающе полное, имеются мелкие недочеты.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Ответы на вопросы в основном правильные, но имеются неточности.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

**Описание характеристики выполнения знания:** Выполнено не менее 70 % задания. Ответы на вопросы содержат ошибки. Вместе с тем выполненное задание позволяет обнаружить у студента минимально необходимый объем знаний.

**Оценка: 2**

**Описание характеристики выполнения знания:** Не выполнены требования, необходимые для получения оценки «3».

## КМ-2. КМ-2 Расчет газогорелочного устройства

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 10**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты по выданной методике расчета выполняют индивидуальное задание

### Краткое содержание задания:

Для своего индивидуального задания по индивидуальным данным в соответствии с алгоритмом расчета:

1. Рассчитать проточную часть дутьевой горелки по заданию
2. Определить количество и диаметр газовых отверстий для заданного типа горелок
3. Определить полное избыточное давление газа перед горелкой
4. Рассчитать длину смесителя (при наличии)

| Рассчитать проточную дутьевую горелку с многоструйной подачей газа для заданных условий ее работы |              |          |                               |       |             |                |          |                |                |                    |              |                         |               |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------|-------------------------------|-------|-------------|----------------|----------|----------------|----------------|--------------------|--------------|-------------------------|---------------|-------------|
| № п                                                                                               | Фамилия И.О. | Вид газа | Номинальная тепловая мощность |       | Температура | Параметры газа |          |                |                | Параметры воздуха  |              | Параметры газовой смеси |               | Тип горелки |
|                                                                                                   |              |          | МВт                           | МДж/ч |             | $\rho$ , кг/м³ | $t$ , °C | $P_{г,н}$ , Па | $t_{г,н}$ , °C | $\rho_{в}$ , кг/м³ | $t_{в}$ , °C | $\rho_{см}$ , кг/м³     | $t_{см}$ , °C |             |
| 1                                                                                                 |              | ПГ       | 0,58                          | 9,4   | 35,6        | 0,72           | 5        | 5600           | 30             | 0,31               | 21,5         | -30                     | 10            | кин. п.     |
| 2                                                                                                 |              | ПГ       | 0,058                         | 0,9   | 36,4        | 0,72           | 8        | 2800           | 30             | 0,31               | 21,5         | -30                     | 10            | диф. ц.     |
| 3                                                                                                 |              | ПГ       | 0,117                         | 1,7   | 36,0        | 0,72           | 10       | 3500           | 25             | 0,31               | 21,5         | -50                     | 10            | нпс. ц.     |
| 4                                                                                                 |              | ППГ      | 3,5                           | 50,1  | 37,7        | 0,8            | 35       | 2200           | 25             | 0,32               | 21,5         | 30                      | 4             | нпс. п.     |
| 5                                                                                                 |              | ППГ      | 0,89                          | 10,4  | 38,5        | 0,8            | 30       | 2900           | 420            | 0,9                | 93           | 100                     | 5             | диф. ц.     |
| 6                                                                                                 |              | ППГ      | 0,58                          | 11    | 39,8        | 0,8            | 25       | 3100           | 30             | 0,33               | 22           | -50                     | 5             | диф. п.     |
| 7                                                                                                 |              | КГ       | 1,16                          | 4,8   | 17,7        | 0,6            | 25       | 2900           | 30             | 1                  | 29           | -40                     | 5             | диф. п.     |
| 8                                                                                                 |              | КГ       | 0,045                         | 4,7   | 17,2        | 0,6            | 25       | 2100           | 30             | 1                  | 29           | 20                      | 3             | кин. ц.     |
| 9                                                                                                 |              | КГ       | 0,095                         | 4,5   | 16,7        | 0,6            | 30       | 3100           | 30             | 1,1                | 29           | 10                      | 3             | кин. ц.     |
| 10                                                                                                |              | СГ       | 0,12                          | 14    | 50,2        | 1              | 10       | 9800           | 380            | 1,2                | 63           | 30                      | 3             | кин. п.     |
| 11                                                                                                |              | СГ       | 0,23                          | 12,8  | 46          | 1              | 20       | 4800           | 30             | 0,52               | 22           | -30                     | 8             | диф. ц.     |
| 12                                                                                                |              | ПГ       | 5,8                           | 9,3   | 34,8        | 0,8            | 8        | 10000          | 30             | 0,35               | 21,5         | -30                     | 4             | нпс. п.     |
| 13                                                                                                |              | ПГ       | 3,5                           | 9,4   | 35,2        | 0,8            | 10       | 10000          | 30             | 0,35               | 21,5         | -50                     | 4             | нпс. ц.     |
| 14                                                                                                |              | ПГ       | 0,06                          | 9,3   | 35          | 0,8            | 10       | 29000          | 30             | 0,33               | 21,5         | 40                      | 4,5           | нпс. ц.     |
| 15                                                                                                |              | ППГ      | 0,1                           | 11,2  | 41,9        | 1              | 15       | 9800           | 30             | 0,51               | 20,5         | 30                      | 10            | кин. п.     |
| 16                                                                                                |              | ППГ      | 0,18                          | 10,8  | 39,8        | 1              | 15       | 7900           | 20             | 0,52               | 51           | 100                     | 3             | кин. п.     |
| 17                                                                                                |              | ППГ      | 0,6                           | 12,3  | 46,9        | 1              | 10       | 2000           | 30             | 32                 | 22,5         | 30                      | 3             | кин. ц.     |
| 18                                                                                                |              | ППГ      | 1,2                           | 15,6  | 59,5        | 1,2            | 8        | 9800           | 380            | 0,95               | 93           | 20                      | 3             | кин. ц.     |
| 19                                                                                                |              | ППГ      | 5,8                           | 14,6  | 55,4        | 1,2            | 5        | 9800           | 220            | 0,6                | 52           | 100                     | 3             | кин. п.     |
| 20                                                                                                |              | ППГ      | 0,9                           | 11    | 39          | 0,8            | 30       | 3000           | 420            | 0,9                | 93           | 100                     | 5             | диф. п.     |
| 21                                                                                                |              | ППГ      | 6                             | 12,8  | 49,8        | 1,1            | 10       | 20000          | 40             | 0,52               | 50           | 20                      | 4             | нпс. ц.     |
| 22                                                                                                |              | ППГ      | 7                             | 13,3  | 50,2        | 1,2            | 8        | 29000          | 200            | 0,55               | 52           | -30                     | 3,5           | кин. п.     |
| 23                                                                                                |              | КГ       | 0,95                          | 4,6   | 17,3        | 0,6            | 25       | 2500           | 30             | 1                  | 29           | 15                      | 4             | кин. п.     |
| 24                                                                                                |              | КГ       | 1,3                           | 4,8   | 17,7        | 0,6            | 25       | 3000           | 40             | 1                  | 29           | -60                     | 5             | диф. ц.     |
| 25                                                                                                |              | КГ       | 0,055                         | 4,8   | 17          | 0,6            | 30       | 2500           | 30             | 1                  | 29           | -20                     | 5             | кин. п.     |
| 26                                                                                                |              | СГ       | 0,15                          | 13    | 48,2        | 1              | 15       | 6000           | 30             | 0,32               | 22           | -20                     | 8             | диф. п.     |
| 27                                                                                                |              | СГ       | 0,3                           | 12,8  | 46          | 1              | 20       | 8000           | 60             | 0,32               | 22           | -30                     | 8             | диф. ц.     |
| 28                                                                                                |              | ПГ       | 0,32                          | 9,4   | 35,6        | 0,72           | 5        | 4300           | 50             | 0,31               | 21,5         | -30                     | 10            | кин. п.     |
| 29                                                                                                |              | ПГ       | 6                             | 9,4   | 35,2        | 0,8            | 10       | 7800           | 20             | 0,35               | 21,5         | -50                     | 4             | нпс. ц.     |
| 30                                                                                                |              | ППГ      | 0,45                          | 10,8  | 39,8        | 1              | 15       | 10000          | 35             | 0,52               | 51           | 100                     | 3             | кин. п.     |

Условные обозначения: ПГ - природный газ, ППГ - полученный газ, СГ - сжиженный газ, НПС - неполное предварительное смешение, Кин - кинетический, Диф - диффузионный, ц. - центральная подача газа, п. - периферийная подача газа.

### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                               |                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Знать: принципы процесса производства, передачи, распределения и потребления тепловой энергии | 1. Знать типы горелочных устройств по принципу смешения газа с воздухом |
| Уметь: использовать программы расчетов характеристик оборудования и теплотехнических систем   | 1. Рассчитывать скорости движения сред в каналах                        |

### Описание шкалы оценивания:

**Оценка: 5**

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнено не менее 90 % задания. Все расчеты выполнены, содержание выводов исчерпывающе полное, имеются мелкие недочеты.

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 80

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнено не менее 80 % задания. Все расчеты выполнены, содержание выводов неполное, имеются недочеты и ошибки.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнено не менее 70 % задания. Расчеты выполнены с ошибками, содержание выводов неверное, имеются недочеты.

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнены требования, необходимые для получения оценки «3».

### **КМ-3. КМ-3 Контрольный опрос “Выбор форсуночных устройств для технологий и установок”**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает два вопроса и отвечает на них письменно согласно номеру (варианту) индивидуального задания. Отводится 1 академический час.

#### **Краткое содержание задания:**

Примеры вопросов контрольной работы

1. Необходимо организовать сжигание сильно загрязненного механическими примесями мазута с широкими пределами регулирования тепловой мощности (10-100%). Как можно решить эту задачу, если предприятие не имеет компрессорного воздуха и пара, а располагает только электроэнергией?
2. Какими форсунками целесообразно орошать насадку скруббера, предназначенного для охлаждения газов водой и почему?
3. Какой тип форсунок для сжигания мазута следует применять в длинной вращающейся цементной печи?

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                                        |                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Знать: основные направления повышения эффективности энергоиспользования путем рациональной организации процессов генерации теплоты в ВТУ                                                               | 1. Знать типы воздушных регистров                             |
| Уметь: осуществлять поиск и анализировать информацию о новых мероприятиях по энерго- и ресурсосбережению и экологической безопасности, о новых технологических процессах и видах теплотехнологического | 1. Рассчитайте тонину распыливания для заданного типа топлива |

## Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено не менее 90 % задания. Даны правильные ответы даны на все вопросы, содержание ответов исчерпывающе полное, имеются мелкие недочеты.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Ответы на вопросы в основном правильные, но имеются неточности.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено не менее 70 % задания. Ответы на вопросы содержат ошибки. Вместе с тем выполненное задание позволяет обнаружить у студента минимально необходимый объем знаний.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Не выполнены требования, необходимые для получения оценки «3».

## КМ-4. КМ-4 Расчет форсуночного устройства

Формы реализации: Выполнение задания

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты по выданной методике расчета выполняют индивидуальное задание

## Краткое содержание задания:

Для своего индивидуального задания по индивидуальным данным в соответствии с алгоритмом расчета:

- 1 По заданным данным рассчитать эквивалентную характеристику форсунки, диаметр сопла, вычислить геометрическую характеристику форсунки
- 2 По итерационным расчетам проверяем правильность принятого значения  $Re_{vx'}$  (с точностью до 5%)
- 3 Определяются длина входных каналов, длина сопла и камеры закручивания
- 4 Рассчитывается тонина распыливания для заданного вида топлива

| № п | Фамилия И.О. | Вид жидкости | Расход топлива |     |       |      | Давление перед форсункой (расстояние от форсунки до распылителя) |                        |                         |                          | Параметры жидкости |          |         |         | Параметры окружающей среды |          |
|-----|--------------|--------------|----------------|-----|-------|------|------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------|----------|---------|---------|----------------------------|----------|
|     |              |              | кг/час         | МПа | МПа   | град | ρ, кг/м³                                                         | ν, м²/с                | σ, мН/м                 | μ, нсек/м²               | ρ, кг/м³           | ρ, кг/м³ | ν, м²/с | σ, мН/м | μ, нсек/м²                 | ρ, кг/м³ |
| 1   |              | керосин      | 50             | 1.0 | 0.01  | 90   | 820                                                              | 0.4 · 10 <sup>-6</sup> | 2.48 · 10 <sup>-2</sup> | 18.25 · 10 <sup>-3</sup> | 1.20               |          |         |         |                            |          |
| 2   |              | мазут        | 120            | 1.2 | 0.01  | 95   | 950                                                              | 20 · 10 <sup>-6</sup>  | 2.9 · 10 <sup>-2</sup>  | 18.5 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.24               |          |         |         |                            |          |
| 3   |              | солер. масло | 70             | 2.0 | 0.01  | 90   | 890                                                              | 10 · 10 <sup>-6</sup>  | 2.7 · 10 <sup>-2</sup>  | 18.5 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.22               |          |         |         |                            |          |
| 4   |              | керосин      | 35             | 1.0 | 0.005 | 90   | 810                                                              | 0.5 · 10 <sup>-6</sup> | 2.55 · 10 <sup>-2</sup> | 18.5 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.24               |          |         |         |                            |          |
| 5   |              | вода         | 500            | 0.9 | 0.001 | 90   | 1000                                                             | 0.5 · 10 <sup>-6</sup> | 7.4 · 10 <sup>-3</sup>  | 18.5 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.24               |          |         |         |                            |          |
| 6   |              | солер. масло | 50             | 2.0 | 0.005 | 85   | 890                                                              | 20 · 10 <sup>-6</sup>  | 2.6 · 10 <sup>-2</sup>  | 19.0 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.25               |          |         |         |                            |          |
| 7   |              | диз. топливо | 50             | 1.5 | 0.3   | 85   | 920                                                              | 24 · 10 <sup>-6</sup>  | 2.8 · 10 <sup>-2</sup>  | 19.0 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.24               |          |         |         |                            |          |
| 8   |              | мазут        | 200            | 1.5 | 0.005 | 90   | 960                                                              | 25 · 10 <sup>-6</sup>  | 2.8 · 10 <sup>-2</sup>  | 17.0 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.22               |          |         |         |                            |          |
| 9   |              | вода         | 1000           | 1.5 | 0.001 | 85   | 1050                                                             | 2 · 10 <sup>-6</sup>   | 8.0 · 10 <sup>-3</sup>  | 50.0 · 10 <sup>-3</sup>  | 0.35               |          |         |         |                            |          |
| 10  |              | мазут        | 100            | 1.0 | 0.01  | 100  | 950                                                              | 20 · 10 <sup>-6</sup>  | 2.9 · 10 <sup>-2</sup>  | 18.5 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.24               |          |         |         |                            |          |
| 11  |              | мазут        | 120            | 1.5 | 0.01  | 100  | 950                                                              | 20 · 10 <sup>-6</sup>  | 2.9 · 10 <sup>-2</sup>  | 18.5 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.24               |          |         |         |                            |          |
| 12  |              | вода         | 500            | 1.0 | 0.001 | 85   | 1000                                                             | 0.5 · 10 <sup>-6</sup> | 7.4 · 10 <sup>-3</sup>  | 18.5 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.24               |          |         |         |                            |          |
| 13  |              | диз. топливо | 35             | 2.0 | 0.01  | 85   | 880                                                              | 15 · 10 <sup>-6</sup>  | 2.6 · 10 <sup>-2</sup>  | 18.6 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.24               |          |         |         |                            |          |
| 14  |              | мазут        | 60             | 1.8 | 0.2   | 90   | 920                                                              | 24 · 10 <sup>-6</sup>  | 2.8 · 10 <sup>-2</sup>  | 19.0 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.25               |          |         |         |                            |          |
| 15  |              | вода         | 350            | 1.0 | 0.01  | 90   | 995                                                              | 0.9 · 10 <sup>-6</sup> | 7.0 · 10 <sup>-3</sup>  | 19.0 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.23               |          |         |         |                            |          |
| 16  |              | диз. топливо | 30             | 0.4 | 0     | 85   | 880                                                              | 15 · 10 <sup>-6</sup>  | 2.8 · 10 <sup>-2</sup>  | 18.6 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.24               |          |         |         |                            |          |
| 17  |              | керосин      | 70             | 1.0 | 0.008 | 85   | 820                                                              | 0.5 · 10 <sup>-6</sup> | 2.5 · 10 <sup>-2</sup>  | 18.5 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.23               |          |         |         |                            |          |
| 18  |              | мазут        | 2000           | 3.5 | 0     | 90   | 950                                                              | 20 · 10 <sup>-6</sup>  | 2.9 · 10 <sup>-2</sup>  | 18.5 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.24               |          |         |         |                            |          |
| 19  |              | мазут        | 1000           | 2.0 | 0     | 95   | 970                                                              | 22 · 10 <sup>-6</sup>  | 2.7 · 10 <sup>-2</sup>  | 19.0 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.22               |          |         |         |                            |          |
| 20  |              | солер. масло | 90             | 3.0 | 0     | 95   | 890                                                              | 20 · 10 <sup>-6</sup>  | 2.6 · 10 <sup>-2</sup>  | 50.0 · 10 <sup>-3</sup>  | 0.35               |          |         |         |                            |          |
| 21  |              | мазут        | 140            | 1.6 | 0.01  | 95   | 950                                                              | 20 · 10 <sup>-6</sup>  | 2.9 · 10 <sup>-2</sup>  | 18.5 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.24               |          |         |         |                            |          |
| 22  |              | вода         | 600            | 1.1 | 0.02  | 95   | 1000                                                             | 0.5 · 10 <sup>-6</sup> | 7.4 · 10 <sup>-3</sup>  | 18.5 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.23               |          |         |         |                            |          |
| 23  |              | керосин      | 600            | 1.1 | 0.1   | 95   | 820                                                              | 0.5 · 10 <sup>-6</sup> | 2.5 · 10 <sup>-2</sup>  | 19.0 · 10 <sup>-3</sup>  | 1.23               |          |         |         |                            |          |
| 24  |              |              |                |     |       |      |                                                                  |                        |                         |                          |                    |          |         |         |                            |          |
| 25  |              |              |                |     |       |      |                                                                  |                        |                         |                          |                    |          |         |         |                            |          |

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                                                    |                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Знать: классификацию и области применения топливно-энергетических ресурсов, правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения)                                        | 1.Знать теорию центробежной форсунки по Г.М. Абрамовичу                  |
| Уметь: осуществлять поиск и анализировать информацию о новых мероприятиях по энерго-и ресурсосбережению и экологической безопасности, о новых технологических процессах и видах теплотехнологического оборудования | 1.уметь определять средний медианный диаметр капель при распыле жидкости |

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 90**Описание характеристики выполнения знания:* Выполнено не менее 90 % задания. Все расчеты выполнены, содержание выводов исчерпывающе полное, имеются мелкие недочеты.*Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 80**Описание характеристики выполнения знания:* Выполнено не менее 80 % задания. Все расчеты выполнены, содержание выводов неполное, имеются недочеты и ошибки.*Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 70**Описание характеристики выполнения знания:* Выполнено не менее 70 % задания. Расчеты выполнены с ошибками, содержание выводов неверное, имеются недочеты.*Оценка: 2**Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнены требования, необходимые для получения оценки «3».**КМ-5. КМ-5 Контрольный опрос “Определение горючести парогазовых выбросов”****Формы реализации:** Письменная работа**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Отводится 1 академический час во время практических занятий. Студент получает два вопроса и отвечает на них письменно согласно номеру (варианту) индивидуального задания.**Краткое содержание задания:**

1. Определить концентрацию, при которой парогазовый выброс (ПГВ) становится горючим. Состав ПГВ: загрязнитель – гликолевый альдегид  $C_2H_4O_2$  и газ-носитель водяной пар. Температура выброса 100°C. Теплота сгорания альдегида – 3582 ккал/кг.

2. Определить при каком содержании кислорода в обогащенном воздухе объем продуктов сгорания метана в нем составит 70% от объема продуктов сгорания метана в воздухе.
3. Определить концентрацию, при которой парогазовый выброс (ПГВ) становится горючим. Состав ПГВ: загрязнитель – валериановый альдегид  $C_5H_{10}O$  и газ-носитель водяной пар. Температура выброса 1000С. Теплота сгорания альдегида – 7992 ккал/кг.
4. Определить при каком содержании кислорода в обогащенном воздухе объем продуктов сгорания пропана в нем уменьшится в 3 раза по сравнению с объемом продуктов сгорания пропана в воздухе.

#### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                                                                                                             |                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: классификацию и области применения топливно-энергетических ресурсов, правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения) | 1. Особенности процессов, идущих с органическими загрязнителями в высокотемпературных установках обезвреживания |
| Уметь: использовать программы расчетов характеристик теплотехнологического оборудования и теплотехнических систем                                                           | 1. Рассчитать объемы окислителей при разных степенях обогащения окислителя кислородом                           |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнено не менее 90 % задания. Даны правильные ответы даны на все вопросы, содержание ответов исчерпывающе полное, имеются мелкие недочеты.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Ответы на вопросы в основном правильные, но имеются неточности.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнено не менее 70 % задания. Ответы на вопросы содержат ошибки. Вместе с тем выполненное задание позволяет обнаружить у студента минимально необходимый объем знаний.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнены требования, необходимые для получения оценки «3».

#### КМ-6. КМ-6 Выполнение и защита трех лабораторных работ

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты сдают отчёты по выполненным лабораторным работам, отвечают на поставленные вопросы в устной форме.

**Краткое содержание задания:**

- 1 Конструкция газовой горелки лабораторного стенда
- 2 Какие бывают длины у факелов?
- 3 Тип форсуночного устройства лабораторного стенда
- 4 Достоинства и недостатки воздушных форсунок
- 5 Высота пламени в инфракрасных горелках
- 6 Как определяется коэффициент полезного действия в инфракрасных горелках?

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                               |                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: принципы процесса производства, передачи, распределения и потребления тепловой энергии | 1.Какие приборы используются при выполнении лабораторной работы?                           |
| Уметь: анализировать информацию о новых технологиях сжигания и переработки топлив             | 1.Уметь пользоваться приборами для определения состава отходящих газов (газоанализаторами) |

**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

## 3 семестр

### Форма промежуточной аттестации: Экзамен

#### Пример билета

##### Билет №1

1. Перечислите общие требования, которым должна удовлетворять современная ВТУ. Проанализируйте их и выделите среди них главное.
2. Назовите факторы, определяющие режим разогрева ВТУ.
3. Задача.

Регенеративная ванная стекловаренная печь с площадью пода  $F_{D, \text{ж}} = 424 \text{ м}^2$ , производительностью  $360 \text{ т/сут}$  расплава оконного стекла, работающая на природном газе с  $Q_{\text{г}} = 35040 \text{ кДж/м}^3$ .  
Расход топлива:  $B = 6134,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ .  
Статьи теплового баланса, кВт:  $Q_{\text{т.п.}} = 17336$ ;  
 $Q_{\text{вв}} - Q_{\text{хв}} = 18594$ ;  $Q_{\text{с}} = 3800$ ;  $Q_{\text{дс}} = 3442$ .  
Определить показатели энергетической эффективности ограждения рабочей камеры.

#### Процедура проведения

##### Устный экзамен

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-3</sub> Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

#### Вопросы, задания

1. Общие технические требования, предъявляемые к топочно-горелочным устройствам. Технические характеристики горелочных устройств.
2. Порядок расчета однопроводных инжекционных горелок.
3. Получение защитных атмосфер газификацией торфа, каменного угля, древесных чурок.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Как задается тонина распыливания для форсунок?

Ответы:

- а) как средний диаметр распыленных капель
- б) как минимальный диаметр спектра распыливания
- в) как максимальный диаметр спектра распыливания

Верный ответ: а) как средний диаметр распыленных капель

2. Зачем применяются защитные атмосферы?

Ответы:

- а) для защиты металла от окисления в высокотемпературных процессах
- б) для защиты металла от обезуглероживания в высокотемпературных процессах
- в) для длительного хранения металла на складах

Верный ответ: а) для защиты металла от окисления в высокотемпературных процессах б) для защиты металла от обезуглероживания в высокотемпературных процессах

3. Как определяется горючесть парогазовых выбросов?

Ответы:

- а) по наличию концентрационных границ зажигания
- б) по адиабатической температуре горения предельно бедных смесей
- в) экспериментально

Верный ответ: а) по наличию концентрационных границ зажигания б) по адиабатической температуре горения предельно бедных смесей в) экспериментально

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-4</sub> Демонстрирует знание нормативов по обеспечению экологической безопасности систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

#### Вопросы, задания

1. Специальные приемы сжигания низкокалорийных газов. Горелки и топочные устройства для их сжигания.
2. Пневматические, паровые и газовые форсунки высокого давления (преимущества, недостатки, область применения).
3. Классификация промышленных газовых горелок.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Через какое устройство подается воздух в механическую форсунку?

Ответы:

- а) специальное отверстие в топке
- б) воздушный регистр
- в) воздушный подогреватель

Верный ответ: б) воздушный регистр

2. Из чего складывается время выгорания газового топлива?

Ответы:

- а) время смешения
- б) время протекания химических реакций горения
- в) время смешения и время протекания химических реакций горения

Верный ответ: в) время смешения и время протекания химических реакций горения

3. Какая из перечисленных конструктивных частей является лишней для горелки с центральной подачей газа?

Ответы:

- а) воздушный канал
- б) газовый коллектор
- в) труба для подачи газа

Верный ответ: б) газовый коллектор

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-4</sub> Разрабатывает экозащитные мероприятия систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

#### Вопросы, задания

1. Влияние генерации теплоты на эффективность работы ВТУ.
2. Цели применения защитных атмосфер. Основные требования, предъявляемые к ним.
3. Горелки с полным предварительным смешением (преимущества, недостатки, область применения).

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Основная часть, отличающая горелки с полным предварительным смешением от горелок без предварительного смешения?

Ответы:

- а) воздухопровод
- б) автоматика горения
- в) смеситель

Верный ответ: в) смеситель

2.Продолжите фразу: регулирование горения - это...

Ответы:

- а) изменение подачи топлива и окислителя
- б) изменение характеристик факела
- в) изменение габаритов горелки

Верный ответ: а) изменение подачи топлива и окислителя б) изменение характеристик факела

3.Какие среды используются для распыливания жидкостей в форсунках?

Ответы:

- а) воздух
- б) пар
- в) этанол

Верный ответ: а) воздух б) пар

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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 дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*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: 70*

*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.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела программы зачета.

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

Итоговая оценка по курсу выставляется согласно Положению о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих.



**Для курсового проекта/работы:**

**3 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

Студент представляет расчетно-пояснительную записку и графический материал, допущенные научным руководителем к защите. Рекомендуется представление презентации. Защита принимается комиссией из преподавателей. В процессе защиты: 1) заслушивается сообщение студента о выполненной работе 2) задаются вопросы по содержанию выполненной работы 3) оценивается качество оформления материалов. По окончании защиты комиссия принимает решение об оценке за защиту. Оценка за защиту доводится до сведения студента. Итоговая оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

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

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание на курсовой проект выполнено полностью. Обзор литературных источников достаточно полный. Исследование выбранных энергосберегающих технических решений характеризуется полнотой, все вопросы детально проработаны. Графическая часть проекта выполнена качественно. В процессе защиты студент продемонстрировал уверенное владение материалом.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание на курсовой проект выполнено полностью. Обзор энергосберегающих мероприятий достаточно полный, но есть недочеты. Исследование выбранных энергосберегающих технических решений характеризуется достаточной полнотой, но имеются недоработки и недочеты. Графическая часть проекта выполнена качественно. В процессе защиты студент продемонстрировал достаточный уровень владения материалом, но допустил при ответах на вопросы некоторые ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание на курсовой проект выполнено полностью, но недостаточно качественно. Обзор энергосберегающих мероприятий явно неполный. Исследование выбранных энергосберегающих технических решений проведено с ошибками. Графическая часть проекта выполнена недостаточно качественно. Ответы на вопросы неполные, проявляется недостаточно уверенное владение материалом.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Невыполнение критериев, предъявляемых для получения оценки "3".

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

Оценка за семестр определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой

составляющей и оценки за защиту. В приложение к диплому выносятся оценка за семестр и за курсовой проект.