

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение**

**Наименование образовательной программы: Энергетические установки на органическом и ядерном топливе**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Технология сжигания органического топлива**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Супранов В.М.
Идентификатор	R939e27b6-SupranovVM-1a1f19ad	

В.М.  
Супранов

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810	

К.А.  
Плешанов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810	

К.А.  
Плешанов

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен к проектно-конструкторской деятельности в энергетическом машиностроении

ИД-1 Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности

ИД-4 Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом обеспечения надежности и экологической безопасности

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест «Пылеугольные топки и горелки» (Контрольная работа)
2. Тест «Расчет и проектирование горелок» (Контрольная работа)
3. Тест «Сведения о процессе размола, свойствах угольной пыли, ее взрывоопасности» (Контрольная работа)
4. Тест «Сжигание газа и мазута» (Контрольная работа)
5. Тест «Слоевое сжигание» (Контрольная работа)
6. Тест «Сушильная и размольная производительность. Основы теплового расчета пылесистем» (Контрольная работа)
7. Тест «Тепловые характеристики топок и надежность работы ЗАГ» (Контрольная работа)
8. Тест «Углеразмольные мельницы и системы пылеприготовления» (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Сведения о процессе размола, свойствах угольной пыли, ее взрывоопасности					
Сведения о процессе размола, свойствах угольной пыли, ее взрывоопасности		+	+		
Углеразмольные мельницы и системы пылеприготовления					
Углеразмольные мельницы и системы пылеприготовления		+	+		

Тепловой расчет систем пылеприготовления и воздушный баланс топки				
Тепловой расчет систем пылеприготовления и воздушный баланс топки			+	
Выбор типа и числа горелок, аэродинамическая схема организации сжигания топлива				
Выбор типа и числа горелок, аэродинамическая схема организации сжигания топлива				+
Вес КМ:	15	25	25	35

## 2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	4	8	12	15
Расчёт горелок, компоновочных размеров горелок и габаритов топки в плане					
Расчёт горелок, компоновочных размеров горелок и габаритов топки в плане	+				+
Тепловые характеристики топок, расчёты зоны активного горения топок					
Тепловые характеристики топок, расчёты зоны активного горения топок			+	+	+
Особенности технологической схемы сжигания газа и мазута, газомазутные горелки					
Особенности технологической схемы сжигания газа и мазута, газомазутные горелки			+	+	+
Слоевое сжигание твердых топлив					
Слоевое сжигание твердых топлив			+	+	+
Вес КМ:	25	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## БРС курсовой работы/проекта

### 1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Выбор основных решений по котлу. Расчет КПД котла и расхода топлива.	+				
Выбор типа мельниц и пылесистем, подбор типоразмера мельницы.			+		
Тепловой расчет пылесистемы и расчет воздушного баланса топки.				+	
Выполнение графической части (развернутой схемы пылеприготовления), А1. Доработка РПЗ					+
Вес КМ:	25	25	25	25	25

### 2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс	КМ-	КМ-	КМ-	КМ-

	КМ:	1	2	3	4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Конструктивный расчет горелок и их узлов.		+			
Компоновка горелок в топке и конструктивная проработка нижней части топки, в том числе с делением на отдельные панели.			+		
Проверка надежности работы зоны активного горения на номинальной и минимальной нагрузке.				+	
Графическая часть: общие виды горелки с узлами на листах А1. Доработка РПЗ					+
	Вес КМ:	25	25	25	25

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности	Знать: – сведения о процессе размола, основные типы мельниц и пылесистем, их особенности, преимущества и недостатки; – основные положения методики расчета и проектирования мельниц и пылесистем; – основные типы топок и горелок, их особенности, преимущества и недостатки; Уметь: – выполнять расчеты и проектирование горелок, нижней части топки.	Тест «Сведения о процессе размола, свойствах угольной пыли, ее взрывоопасности» (Контрольная работа) Тест «Углеразмольные мельницы и системы пылеприготовления» (Контрольная работа) Тест «Сушильная и размольная производительность. Основы теплового расчета пылесистем» (Контрольная работа) Тест «Пылеугольные топки и горелки» (Контрольная работа) Тест «Слоевое сжигание» (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом	Знать: – тепловые характеристики топок и способы обеспечения надежной работы зоны активного горения (ЗАГ);	Тест «Расчет и проектирование горелок» (Контрольная работа) Тест «Тепловые характеристики топок и надежность работы ЗАГ» (Контрольная работа) Тест «Сжигание газа и мазута» (Контрольная работа) Тест «Слоевое сжигание» (Контрольная работа)

	обеспечения надежности и экологической безопасности	– основные положения методики расчета и проектирования горелок, нижней части топки. Уметь: – обоснованно выбирать оборудование для технологической схемы сжигания топлива и оценивать надежность работы ЗАГ.	
--	---	--	--

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

### 1 семестр

#### КМ-1. Тест «Сведения о процессе размола, свойствах угольной пыли, ее взрывоопасности»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение теста, ответ в течение заданного времени, передача ответов преподавателю для проверки. Время подготовки ответа - 20 минут.

#### Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы теста

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: – сведения о процессе размола, основные типы мельниц и пылесистем, их особенности, преимущества и недостатки;	1.
	Закон Реттингера устанавливает связь между:
	затратами энергии на размол и видом твердого топлива;
	затратами энергии на размол и коэффициентом размолоспособности;
	затратами энергии на размол и величиной образовавшейся поверхности; +
	затратами энергии на размол и типом мельницы.
	2.
	Коэффициент размолоспособности топлива зависит от отношения:
	затрат электроэнергии на размол эталонного и исследуемого топлива; +
	затрат электроэнергии на размол исследуемого и эталонного топлива;
	от отношения зольности исследуемого и эталонного топлива;
	от отношения зольности эталонного и исследуемого топлива.
	3.
	Взрывоопасность возрастает:
	для углей с низким выходом летучих;
	при повышении концентрации кислорода; +
	для углей с высокой теплотой сгорания;
	при повышении температуры. +
	4.
	К взрывобезопасным относятся угли:
с $K_T < 1$ ; +	
с $1 < K_T < 1,5$ ;	
с $1,5 < K_T < 3,5$ ;	

	с Кт>3,5;
	5.
	Наиболее распространенные способы повышения взрывобезопасности:
	применение газовой или газовоздушной сушки; +
	увеличение толщины стенки элементов пылесистем;
	установка взрывных клапанов; +
	заполнение пылесистем инертными газами.

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 80 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Отлично", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 80 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 60 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Хорошо", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 60 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 40 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Удовлетворительно", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 40 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или допустил значительные неточности и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнены условия, соответствующие оценке 3 (удовлетворительно).

### **КМ-2. Тест «Углеразмольные мельницы и системы пылеприготовления»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение теста, ответ в течение заданного времени, передача ответов преподавателю для проверки. Время подготовки ответа - 20 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – сведения о процессе размола, основные типы мельниц и пылесистем, их особенности, преимущества и недостатки;	1.
	Выбор типа мельницы зависит от:
	реакционной способности топлива, определяемой $V_{daf}$ ;
	+
	теплоты сгорания топлива;
	коэффициента размолосопособности $K_{ло}$ ; +
	содержания водорода на рабочую массу.
	2.
	Преимуществами среднеходных мельниц являются:
	простота конструкции;
	высокая экономичность размола; +
	универсальность по топливу;
	возможность тонкого помола топлива. +
	3.
	Циклон в пылесистеме с промбункером нужен для:
	регулирования тонкости помола;
	снижения аэродинамического сопротивления пылесистемы;
	улавливания как можно большего количества пыли из газового потока; +
	повышения герметичности пылесистемы.
	4.
Преимуществами пылесистем с прямым вдуванием являются:	
компактность; +	
возможность работы всех горелок при отключении мельниц;	
простота устройства и эксплуатации; +	
они всегда взрывобезопасны.	
5.	
Недостатками пылесистем с промбункером являются:	
конструктивная сложность и повышенная металлоемкость; +	
невозможность использования предварительной подсушки топлива;	
повышенная взрывоопасность; +	
невозможность использования газовой сушки топлива.	

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Получен правильный ответ не менее чем на 80 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Отлично", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 80 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 60 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Хорошо", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 60 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 40 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Удовлетворительно", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 40 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или допустил значительные неточности и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнены условия, соответствующие оценке 3 (удовлетворительно).

### **КМ-3. Тест «Сушильная и размольная производительность. Основы теплового расчета пылесистем»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение теста, ответ в течение заданного времени, передача ответов преподавателю для проверки. Время подготовки ответа - 25 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – основные положения методики расчета и проектирования мельниц и пылесистем;	1.
	Размольная производительность, т/ч, показывает:
	сколько сырого топлива можно измельчить в СМС до требуемого значения R90; +
	сколько пыли с требуемым значением R90 может выработать пылесистема;
	сколько пыли попадает в сепаратор;
	сколько пыли содержится в потоке СА за циклоном.
	2.
	Сушильная производительность, т/ч, показывает:
	сколько пыли с требуемым значением Wпл может выработать пылесистема;
	сколько влаги испаряется в пылесистеме;
	сколько сырого топлива можно высушить в СМС до требуемого значения Wпл; +
	сколько влаги содержится в потоке СА за циклоном.
	3.
	От массового количества СА g1 зависят следующие

	тепловые потери:
	$q_{прс}; +$
	$q_{мех};$
	$q_2; +$
	$q_5.$
	4.
	От температуры за пылесистемой $t_2$ зависят следующие тепловые потери:
	$q_{мех};$
	$q_{исп}; +$
	$q_2; +$
	$q_{прс}.$
	5.
	Уравнение теплового баланса пылесистемы можно записать в виде:
	$q_{с.а} + q_{мех} + q_{прс} + q_5 = q_{исп} + q_2 + q_{тл};$
	$q_{с.а} + q_{мех} + q_{прс} = q_{исп} + q_2 + q_{тл} + q_5; +$
	$q_{с.а} + q_{мех} + q_{прс} - q_{исп} - q_2 - q_{тл} - q_5 = 0; +$
$q_{с.а} + q_{мех} = q_{исп} + q_2 + q_{тл} + q_5 + q_{прс}.$	

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 80 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Отлично", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 80 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 60 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Хорошо", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 60 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 40 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Удовлетворительно", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 40 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или допустил значительные неточности и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнены условия, соответствующие оценке 3 (удовлетворительно).

## КМ-4. Тест «Пылеугольные топки и горелки»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение теста, ответ в течение заданного времени, передача ответов преподавателю для проверки. Время подготовки ответа - 25 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – основные типы топок и горелок, их особенности, преимущества и недостатки;

1.

Недостатками топок с фронтальной компоновкой горелок являются:

слишком сложная конструкция;

динамическое воздействие факела на заднюю стену; +

малое время пребывания частиц в топке; +

невозможно применять их для котлов

паропроизводительностью ниже 100 т/ч.

2.

Преимуществами топок со встречной компоновкой горелок являются:

область применения по паропроизводительности котла не ограничена; +

можно применять горелки любых типов;

время пребывания топлива в топке больше, чем для фронтальной компоновки; +

нет наброса факелов крайних горелок на боковые стены.

3.

Топки с тангенциальной компоновкой горелок рационально применять:

для сжигания шлакующих бурых углей; +

для сжигания газа и мазута;

для котлов паропроизводительностью меньше 100 т/ч;

для котлов мощных пылеугольных энергоблоков. +

4.

Недостатками прямоточных горелок являются:

высокое аэродинамическое сопротивление;

они менее универсальны по топливу, чем вихревые; +

как правило, повышенная дальнбойность; +

сложная конструкция.

5.

Горелки ГПО применяются:

для топок с фронтальной компоновкой горелок;

для топок с тангенциальной компоновкой горелок; +

для топок со встречной компоновкой горелок;

для газомазутных топок.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 80 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Отлично", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 80 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 60 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Хорошо", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 60 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 40 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Удовлетворительно", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 40 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или допустил значительные неточности и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнены условия, соответствующие оценке 3 (удовлетворительно).

**2 семестр****КМ-5. Тест «Расчет и проектирование горелок»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение теста, ответ в течение заданного времени, передача ответов преподавателю для проверки. Время подготовки ответа – 25 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – основные положения методики расчета и проектирования горелок, нижней части топки.	1.
	Рекомендуемые значения скорости первичного воздуха [w1] и [w2/ w1] зависят от:
	вида топлива; +
	расходов вторичного воздуха и пылевоздушной смеси;
	температур вторичного воздуха и пылевоздушной смеси;
способа шлакоудаления. +	

	<p>2.</p> <table border="1"> <tr> <td>Если пылесистемы с прямым вдуванием, для определения площади каналов первичного воздуха используют расход:</td> </tr> <tr> <td>первичного воздуха при температуре <math>t_2</math> ; +</td> </tr> <tr> <td>первичного воздуха при температуре <math>t_{гв}</math>;</td> </tr> <tr> <td>отработанного сушильного агента при температуре <math>t_2</math>;</td> </tr> <tr> <td>отработанного сушильного агента при температуре <math>t^2м</math>.</td> </tr> </table> <p>3.</p> <table border="1"> <tr> <td>Конструктивный параметр крутки <math>n</math> принимается выше:</td> </tr> <tr> <td>для горелок большой тепловой мощности; +</td> </tr> <tr> <td>при сжигании низкорекреационных видов топлива; +</td> </tr> <tr> <td>при сжигании углей с большим выходом летучих;</td> </tr> <tr> <td>для горелок тепловой мощностью 16-20 МВт.</td> </tr> </table> <p>4.</p> <table border="1"> <tr> <td>Если горелки жестко сопряжены с топкой на газомазутном котле:</td> </tr> <tr> <td>газопроводам придают особую форму; +</td> </tr> <tr> <td>на мазутопроводах устанавливают линзовые компенсаторы;</td> </tr> <tr> <td>на газопроводах устанавливают линзовые компенсаторы;</td> </tr> <tr> <td>на мазутопроводах вблизи горелок используют шланги.</td> </tr> <tr> <td>+</td> </tr> </table> <p>5.</p> <table border="1"> <tr> <td>Сопряжение неподвижных горелок с топкой через систему уплотнений обычно используется:</td> </tr> <tr> <td>на небольших газомазутных котлах;</td> </tr> <tr> <td>на котлах 210-420 т/ч, укомплектованных СМС с промбункером;</td> </tr> <tr> <td>на крупных пылеугольных котлах энергоблоков; +</td> </tr> <tr> <td>на котлах 210-420 т/ч, сжигающих природный газ.</td> </tr> </table>	Если пылесистемы с прямым вдуванием, для определения площади каналов первичного воздуха используют расход:	первичного воздуха при температуре $t_2$ ; +	первичного воздуха при температуре $t_{гв}$ ;	отработанного сушильного агента при температуре $t_2$ ;	отработанного сушильного агента при температуре $t^2м$ .	Конструктивный параметр крутки $n$ принимается выше:	для горелок большой тепловой мощности; +	при сжигании низкорекреационных видов топлива; +	при сжигании углей с большим выходом летучих;	для горелок тепловой мощностью 16-20 МВт.	Если горелки жестко сопряжены с топкой на газомазутном котле:	газопроводам придают особую форму; +	на мазутопроводах устанавливают линзовые компенсаторы;	на газопроводах устанавливают линзовые компенсаторы;	на мазутопроводах вблизи горелок используют шланги.	+	Сопряжение неподвижных горелок с топкой через систему уплотнений обычно используется:	на небольших газомазутных котлах;	на котлах 210-420 т/ч, укомплектованных СМС с промбункером;	на крупных пылеугольных котлах энергоблоков; +	на котлах 210-420 т/ч, сжигающих природный газ.
Если пылесистемы с прямым вдуванием, для определения площади каналов первичного воздуха используют расход:																						
первичного воздуха при температуре $t_2$ ; +																						
первичного воздуха при температуре $t_{гв}$ ;																						
отработанного сушильного агента при температуре $t_2$ ;																						
отработанного сушильного агента при температуре $t^2м$ .																						
Конструктивный параметр крутки $n$ принимается выше:																						
для горелок большой тепловой мощности; +																						
при сжигании низкорекреационных видов топлива; +																						
при сжигании углей с большим выходом летучих;																						
для горелок тепловой мощностью 16-20 МВт.																						
Если горелки жестко сопряжены с топкой на газомазутном котле:																						
газопроводам придают особую форму; +																						
на мазутопроводах устанавливают линзовые компенсаторы;																						
на газопроводах устанавливают линзовые компенсаторы;																						
на мазутопроводах вблизи горелок используют шланги.																						
+																						
Сопряжение неподвижных горелок с топкой через систему уплотнений обычно используется:																						
на небольших газомазутных котлах;																						
на котлах 210-420 т/ч, укомплектованных СМС с промбункером;																						
на крупных пылеугольных котлах энергоблоков; +																						
на котлах 210-420 т/ч, сжигающих природный газ.																						

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 80 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Отлично", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 80 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 60 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Хорошо", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 60 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 40

Описание характеристики выполнения знания: Получен правильный ответ не менее чем на 40 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Удовлетворительно", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 40 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или допустил значительные неточности и не показал необходимой полноты.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Не выполнены условия, соответствующие оценке 3 (удовлетворительно).

### КМ-6. Тест «Тепловые характеристики топок и надежность работы ЗАГ»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение теста, ответ в течение заданного времени, передача ответов преподавателю для проверки. Время подготовки ответа – 25 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – тепловые характеристики топок и способы обеспечения надежной работы зоны активного горения (ЗАГ);	1.
	Тепловое напряжение сечения топки $q_F$ это:
	отношение тепловой мощности топки к ее поперечному сечению; +
	отношение полного расхода топлива к поперечному сечению;
	отношение количества теплоты, внесенной в топку, к ее поперечному сечению;
	отношение адиабатной температуры к поперечному сечению топки.
	2.
	Тепловое напряжение объема топки $q_V$ ограничивается по условию:
	отсутствия шлакования экранов топки;
	отсутствия шлакования полурадационных ширм или фестона;
	обеспечения полноты выгорания топлива; +
	обеспечения надежной работы экранов топки.
	3.
	Температура на выходе из зоны активного горения $J^2AG$ ограничивается:
	на максимальной нагрузке по условию устойчивости горения;
на минимальной нагрузке по условию отсутствия шлакования;	
на максимальной нагрузке по условию отсутствия	

	шлакования; +
	на минимальной нагрузке по условию устойчивости горения. +
	4.
	Тепловое напряжение лучистой поверхности ЗАГ ограничивается по условию:
	отсутствия шлакования экранов топки; +
	отсутствия шлакования полурадиационных ширм или фестона;
	обеспечения приемлемых значений механического недожога $q_4$ ;
	обеспечения устойчивости горения.
	5.
	Условия выхода жидкого шлака улучшаются при:
	снижении нагрузки котла;
	увеличении нагрузки котла; +
	при снижении температуры питательной воды; +
	при снижении температуры горячего воздуха.

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 80 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Отлично", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 80 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 60 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Хорошо", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 60 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 40 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Удовлетворительно", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 40 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или допустил значительные неточности и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнены условия, соответствующие оценке 3 (удовлетворительно).

## КМ-7. Тест «Сжигание газа и мазута»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение теста, ответ в течение заданного времени, передача ответов преподавателю для проверки. Время подготовки ответа – 25 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – тепловые характеристики топок и способы обеспечения надежной работы зоны активного горения (ЗАГ);	1.
	В газорегуляторном пункте электростанции предусматривается:
	повышение давления природного газа, поступающего на станцию;
	очистка природного газа от механических примесей; +
	снижение давления природного газа, поступающего на станцию; +
	повышение температуры природного газа.
	2.
	В мазутном хозяйстве электростанции предусматривается:
	снижение влажности мазута;
	повышение температуры мазута; +
	двухступенчатое повышение давления; +
	очистка мазута от серы и ее соединений.
	3.
	В горелках ГМВИ и ГМУ конфузорное сужение выходной металлической части нужно чтобы:
	снизить аэродинамическое сопротивление горелки;
	повысить скорость в выходном сечении горелки; +
	увеличить размеры внутренней зоны обратных токов;
	увеличить тепловую мощность горелки.
	4.
	В конструкции горелок ГМУ предусматриваются:
два кольцевых газовых коллектора с газораздающими трубками;	
один газовый коллектор с отверстиями для истечения газа в центре горелки; +	
только аксиальные закручивающие аппараты;	
аксиальный и тангенциальный закручивающие аппараты. +	
5.	
Рециркуляция продуктов сгорания на газомазутных котлах нужна:	
для повышения КПД котла;	
для снижения выбросов оксидов азота; +	

	для снижения аэродинамического сопротивления газового тракта;
	для обеспечения температуры перегрева при переходе на сжигание мазута. +

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 80 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Отлично", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 80 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 60 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Хорошо", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 60 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 40 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Удовлетворительно", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 40 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или допустил значительные неточности и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнены условия, соответствующие оценке 3 (удовлетворительно).

**КМ-8. Тест «Слоевое сжигание»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение теста, ответ в течение заданного времени, передача ответов преподавателю для проверки. Время подготовки ответа – 25 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – тепловые характеристики топок и способы обеспечения надежной работы зоны активного горения (ЗАГ);	1.
	В конструкции топок с наклонно-переталкивающими колосниками имеются: подвижная беспровальная цепная колосниковая решетка;

	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="735 147 1481 185">раздельный подвод воздуха под секции решетки; +</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 185 1481 253">подвод небольшого количества вторичного воздуха через сопла выше решетки; +</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 253 1481 291">дверцы для заброса топлива кочегаром на решетку.</td> </tr> </table> <p data-bbox="735 331 762 360">2.</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="735 360 1481 427">Для котла БКЗ-420 со стационарным кипящим слоем (КС) характерно:</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 427 1481 465">отсутствие поверхностей нагрева в КС;</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 465 1481 533">двухъярусная компоновка воздухораспределительных решеток; +</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 533 1481 571">естественная циркуляция;</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 571 1481 638">наличие пароперегревательных и испарительных поверхностей нагрева в КС. +</td> </tr> </table> <p data-bbox="735 678 762 707">3.</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="735 707 1481 775">Для котлов с циркулирующим кипящим слоем характерно:</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 775 1481 813">тепловая мощность котла и топки ограничена;</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 813 1481 880">тепловая мощность не ограничена из-за объемного характера процесса горения; +</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 880 1481 918">предусматриваются мощные растопочные устройства; +</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 918 1481 985">часто используется двухъярусная компоновка воздухораспределительных решеток в топке</td> </tr> </table> <p data-bbox="735 1025 762 1055">4.</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="735 1055 1481 1122">Для котлов с циркулирующим кипящим слоем характерно:</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 1122 1481 1160">температура на выходе из топки не менее 1000°С;</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 1160 1481 1198">подача в топку известняка в соотношении Ca/S»2; +</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 1198 1481 1265">подача всего воздуха под воздухораспределительную решетку;</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 1265 1481 1332">использование циклонов или других сепараторов для возврата уноса в топку. +</td> </tr> </table> <p data-bbox="735 1373 762 1402">5.</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="735 1402 1481 1469">Переход от сжигания топлива в плотном слое к факельному сжиганию произошел в связи:</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 1469 1481 1536">с невозможностью полной механизации топок с плотным слоем;</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 1536 1481 1603">с большим механическим недожогом в топках с плотным слоем; +</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 1603 1481 1671">с невозможностью оптимизации воздушного режима топок с плотным слоем;</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 1671 1481 1738">с ограниченной тепловой мощностью топок с плотным слоем. +</td> </tr> </table>	раздельный подвод воздуха под секции решетки; +	подвод небольшого количества вторичного воздуха через сопла выше решетки; +	дверцы для заброса топлива кочегаром на решетку.	Для котла БКЗ-420 со стационарным кипящим слоем (КС) характерно:	отсутствие поверхностей нагрева в КС;	двухъярусная компоновка воздухораспределительных решеток; +	естественная циркуляция;	наличие пароперегревательных и испарительных поверхностей нагрева в КС. +	Для котлов с циркулирующим кипящим слоем характерно:	тепловая мощность котла и топки ограничена;	тепловая мощность не ограничена из-за объемного характера процесса горения; +	предусматриваются мощные растопочные устройства; +	часто используется двухъярусная компоновка воздухораспределительных решеток в топке	Для котлов с циркулирующим кипящим слоем характерно:	температура на выходе из топки не менее 1000°С;	подача в топку известняка в соотношении Ca/S»2; +	подача всего воздуха под воздухораспределительную решетку;	использование циклонов или других сепараторов для возврата уноса в топку. +	Переход от сжигания топлива в плотном слое к факельному сжиганию произошел в связи:	с невозможностью полной механизации топок с плотным слоем;	с большим механическим недожогом в топках с плотным слоем; +	с невозможностью оптимизации воздушного режима топок с плотным слоем;	с ограниченной тепловой мощностью топок с плотным слоем. +
раздельный подвод воздуха под секции решетки; +																								
подвод небольшого количества вторичного воздуха через сопла выше решетки; +																								
дверцы для заброса топлива кочегаром на решетку.																								
Для котла БКЗ-420 со стационарным кипящим слоем (КС) характерно:																								
отсутствие поверхностей нагрева в КС;																								
двухъярусная компоновка воздухораспределительных решеток; +																								
естественная циркуляция;																								
наличие пароперегревательных и испарительных поверхностей нагрева в КС. +																								
Для котлов с циркулирующим кипящим слоем характерно:																								
тепловая мощность котла и топки ограничена;																								
тепловая мощность не ограничена из-за объемного характера процесса горения; +																								
предусматриваются мощные растопочные устройства; +																								
часто используется двухъярусная компоновка воздухораспределительных решеток в топке																								
Для котлов с циркулирующим кипящим слоем характерно:																								
температура на выходе из топки не менее 1000°С;																								
подача в топку известняка в соотношении Ca/S»2; +																								
подача всего воздуха под воздухораспределительную решетку;																								
использование циклонов или других сепараторов для возврата уноса в топку. +																								
Переход от сжигания топлива в плотном слое к факельному сжиганию произошел в связи:																								
с невозможностью полной механизации топок с плотным слоем;																								
с большим механическим недожогом в топках с плотным слоем; +																								
с невозможностью оптимизации воздушного режима топок с плотным слоем;																								
с ограниченной тепловой мощностью топок с плотным слоем. +																								

<p>Уметь: – выполнять расчеты и проектирование горелок, нижней части топки.</p>	<p align="center"><b>Проверка умения по ИД-1пк.1 на защите КП 2-го семестра</b></p> <p>Проверка умения выполнять расчеты и проектирование оценивается на защите курсового проекта в ходе проверки расчетно-пояснительной записки и листов графической части. По сути, эта проверка начинается еще раньше – во время контрольных мероприятий в ходе выполнения проекта. Предусмотрены также следующие вопросы на защите проекта.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поясните, как Вы разрабатывали конструкцию экранов для котла.</li> <li>2. Поясните последовательность выполненного конструктивного расчета горелок. Какие руководящие материалы Вы использовали?</li> <li>3. Поясните последовательность выполненного расчета закручивающего аппарата. Какие руководящие материалы Вы использовали?</li> <li>4. Поясните последовательность выполненного расчета ширины и глубины топки. Какие руководящие материалы Вы использовали?</li> </ol> <p align="left">1.</p>
<p>Уметь: – обоснованно выбирать оборудование для технологической схемы сжигания топлива и оценивать надежность работы ЗАГ.</p>	<p align="center"><b>Проверка умения по ИД-4пк.1 на защите КП 2-го семестра</b></p> <p>Проверка умения принимать обоснованные технические решения при проектировании оценивается на защите курсового проекта. В ходе своего выступления магистрант должен обосновать все принятые в проекте технические решения. Если этого не произошло, ему задают вопросы примерно следующего содержания.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обоснуйте выбор типа горелки.</li> <li>2. Обоснуйте выбор закручивающих аппаратов по первичному и вторичному воздуху.</li> <li>3. Обоснуйте выбор компоновки и числа ярусов горелок.</li> <li>4. Какие расчеты Вы провели и какие руководящие материалы использовали для оценки надежной работы зоны активного горения?</li> </ol> <p align="left">1.</p>

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 80 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Отлично", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 80 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 60 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Хорошо", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 60 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Получен правильный ответ не менее чем на 60 % вопросов. Тест считается выполненным на оценку "Хорошо", если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 60 % ответов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнены условия, соответствующие оценке 3 (удовлетворительно).

## Для курсового проекта/работы

### 1 семестр

#### I. Описание КП/КР

Исходя из обозначения котла по ГОСТ и вида топлива, выбираются недостающие параметры и рассчитывается тепловая мощность котла. КПД котла определяется по обратному балансу с использованием рекомендаций Нормативного метода расчета котельных агрегатов. Из уравнения теплового баланса котла определяется расход топлива. Далее расчеты проводятся по "Технология сжигания органического топлива: методические рекомендации к курсовому проекту / В.М. Супранов, М.А. Изюмов. – М.: Издательство МЭИ, 2015.". Исходя из характеристик топлива и данных по котлу, выбирается тип мельницы и тип системы пылеприготовления. Подбирается типоразмер мельницы из стандартного ряда. Из условий вентиляции мельницы определяется массовое количество сушильного агента  $g_1$ . Рассчитывается удельный расход электроэнергии на размол. По существующим рекомендациям выбирается температура за мельницей, если это не было сделано раньше. При известном значении  $g_1$  из теплового баланса системы пылеприготовления определяется начальная энтальпия сушильного агента, а затем его состав и начальная температура. Исходя из существующих рекомендаций и с учетом полученных ранее результатов, рассчитывается воздушный баланс топки. Все полученные результаты анализируются и делаются выводы по курсовому проекту. Оформляется расчетно-пояснительная записка (минимальный объем 50 стр). На листе формата А1 выполняется развернутая схема пылеприготовления.

#### II. Примеры задания и темы работы

##### Пример задания

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой МЭПЭУ, доц. К.А. Плещанов  
«1» сентября 2021 г.

Задание на курсовой проект по дисциплине  
«Технология сжигания органического топлива»  
для студентов группы С-024-21

№ пп	Фамилия	Консультант	Котел	Топливо 0)	Тип горелок или топки
1	Алексеев Сергей Сергеевич	Ионкин И.Л.	Е-320-13,8-560	7	Выхлопы <sup>2)</sup>
2	Гладких Даниил Вадимович	Супранов В.М.	Е-220-9,8-540	23	Выхлопы <sup>2)</sup>
3	Дюмондьян Илья Германович	Стерхов К.В.	Е-190-9,8-510	24	ГПО
4	Макаров Владимир Анатольевич	Егорова Л.Е.	Е-320-13,8-560	22	Выхлопы <sup>2)</sup>
5	Монахов Дмитрий Юрьевич	Плещанов К.А.	Е-320-13,8-560	42	Выхлопы <sup>2)</sup>
6	Подразов Сергей Сергеевич	Супранов В.М.	Е-220-9,8-540	6	Выхлопы <sup>2)</sup>
7	Рыжий Иван Алексеевич	Хохлов Д.А.	Е-420-13,8-560	23	ГПО
8	Тоненьков Никита Алексеевич	Супранов В.М.	Е-220-9,8-540	73	Выхлопы <sup>2)</sup>
9	Шалов Вячеслав Андреевич	Ионкин И.Л.	Е-210-13,8-560	8	Выхлопы <sup>2)</sup>
10	Штегман Андрей Владимирович	Зыченко М.Н.	Е-320-13,8-560	51	ГПО

- 1) Номер топлива – по табл.1 книги «Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод)» Под ред. И.В.Кузнецова. – М.: Энергоатомиздат, 2007г.
- 2) Тип горелок выбрать самостоятельно.
- 3) К<sub>в</sub>, W<sup>0</sup>, R<sub>0в</sub> – по Приложению 1 учебного пособия: В.М. Супранов, «Пылеприготовительные установки электростанций и их расчет», М.: Издательство МЭИ, 2021.

Тема проекта:

«Схема пылеприготовления для котла Х-XXX-XX-XX, сжигающего топливо № УУ».

Лектор курса

В.М.Супранов

#### Тематика КП/КР:

Тема КП: «Схема пылеприготовления для котла Х-XXX-XX-XX, сжигающего топливо № УУ» Все студенты разрабатывают схему пылеприготовления, но для разных котлов, сжигающих разные виды топлива.

#### КМ-1. Соблюдение графика выполнения КП

#### Описание шкалы оценивания

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 90 %, без ошибок.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 70 %, имеются незначительные ошибки или неточности.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 50 %, имеются незначительные ошибки или неточности.*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Не выполнены условия, соответствующие оценке "3".*

## **КМ-2. Соблюдение графика выполнения КП**

### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 90 %, без ошибок.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 70 %, имеются незначительные ошибки или неточности.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 50 %, имеются незначительные ошибки или неточности.*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Не выполнены условия, соответствующие оценке "3".*

## **КМ-3. Соблюдение графика выполнения КП**

### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 90 %, без ошибок.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 70 %, имеются незначительные ошибки или неточности.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 50 %, имеются незначительные ошибки или неточности.*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Не выполнены условия, соответствующие оценке "3".*

#### **КМ-4. соблюдение графика выполнения КП и качества оформления КП** **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 90 %, без ошибок.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 70 %, имеются незначительные ошибки или неточности.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 50 %, имеются незначительные ошибки или неточности.*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Не выполнены условия, соответствующие оценке "3".*

## **2 семестр**

### ***I. Описание КП/КР***

Исходными данными для КП второго семестра служат результаты, полученные при выполнении КП первого семестра. Расчеты проводятся в основном с учетом методических указаний "Технология сжигания органического топлива: методические рекомендации к курсовому проекту / В.М. Супранов, М.А. Изюмов. – М.: Издательство МЭИ, 2015.". При необходимости уточняется тип горелок. По существующим рекомендациям выбираются скорости в каналах первичного и вторичного воздуха, для вихревых горелок – втулочное отношение, для прямоточных – относительная высота и проводится конструктивный расчет горелок. В результате для прямоточных горелок определяются линейные размеры горелки и каналов, для вихревых – диаметры каналов. Для вихревых горелок по рекомендациям принимаются значения параметров крутки и проводится расчет закручивающих аппаратов. По существующим рекомендациям проводится первичный расчет компоновочных размеров горелок в топке. В некоторых случаях он проходит параллельно с конструктивным расчетом горелок. Проводится деление экранов топки на панели, при этом размеры топки в плане и большинство компоновочных размеров уточняются. Выполняется эскиз нижней части топки. Затем выполняются расчеты зоны активного горения. Для топок с твердым шлакоудалением проверяется отсутствие шлакования экранов в зоне активного горения, для топок с жидким шлакоудалением - надежность выхода жидкого шлака. Выполняется описание спроектированной горелки и нижней части топки. Все полученные результаты анализируются и делаются выводы по курсовому проекту. Оформляется расчетно-пояснительная записка (минимальный объем 50 стр). В рамках графической части выполняется и чертежи общих видов горелки на листе формата А1.

### ***II. Примеры задания и темы работы***

Пример задания

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. каф. МПТЭУ, доц. К.А. Плещинов  
"7" февраля 2022 года

Задание на курсовой проект по дисциплине  
«Технология сжигания органического топлива»  
для студентов группы С-02м-21

№ пп	Фамилия	Консультант	Котел	Топливо 0	Тип горелки или топлива
1	Алексеев Сергей Сергеевич	Ионкин И.Л.	Е-320-13,8-560	7	Выхлопные <sup>2)</sup>
2	Гадзих Даниил Вадимович	Суринов В.М.	Е-220-9,8-540	23	Выхлопные <sup>2)</sup>
3	Дюмидова Илья Терентьевич	Стерхов К.В.	Е-190-9,8-510	24	ГПО
4	Машаров Владимир Антонович	Егорова Л.Е.	Е-320-13,8-560	22	Выхлопные <sup>2)</sup>
5	Мочалов Дмитрий Юрьевич	Плещинов К.А.	Е-320-13,8-560	42	Выхлопные <sup>2)</sup>
6	Пырьев Сергей Сергеевич	Суринов В.М.	Е-220-9,8-540	6	Выхлопные <sup>2)</sup>
7	Рыжий Иван Алексеевич	Хохлов Д.А.	Е-420-13,8-560	23	ГПО
8	Топилова Иннока Алексеевна	Суринов В.М.	Е-220-9,8-540	73	Выхлопные <sup>2)</sup>
9	Школов Василий Андреевич	Ионкин И.Л.	Е-210-13,8-560	8	Выхлопные <sup>2)</sup>
10	Шугаев Андрей Владимирович	Зайченко М.Н.	Е-320-13,8-560	51	ГПО

- 1) Номер топлива – по табл.1 книги «Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод)» Под ред. Н.В.Кузнецова – М.: Энергоатомиздат, 2007».
- 2) Тип горелки выбрать самостоятельно.
- 3) Кот. Вых. Выб. – по Приложению 1 учебного пособия: В.М. Суринов, «Пальмовитоготовительная установка электростанций и их расчеты», М.: Издательство МЭИ, 2021.

Тема проекта:

"Горелка для сжигания топлива № УУ для котла Х-XXX-XX-XX".

Лектор курса

В.М.Суринов

## Тематика КП/КР:

Тема КП: " Горелка для сжигания топлива № УУ для котла Х-XXX-XX-XX. Все студенты разрабатывают горелки, но для разных котлов, сжигающих разное топливо.

## КМ-1. Соблюдение графика выполнения КП

### Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 90 %, допускаются незначительные ошибки или неточности.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 70 %, допускаются незначительные ошибки или неточности.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 50 %, допускаются незначительные ошибки или неточности.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Не выполнены условия, соответствующие оценке "3".

## КМ-2. Соблюдение графика выполнения КП.

### Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Раздел выполнен не менее чем на 90 %, допускаются незначительные ошибки или неточности.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Раздел выполнен не менее чем на 70 %, допускаются незначительные ошибки или неточности.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Раздел выполнен не менее чем на 50 %, допускаются незначительные ошибки или неточности.

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнены условия, соответствующие оценке "3".

### **КМ-3. Соблюдение графика выполнения КП.**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Раздел выполнен не менее чем на 90 %, допускаются незначительные ошибки или неточности.

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Раздел выполнен не менее чем на 70 %, допускаются незначительные ошибки или неточности.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Раздел выполнен не менее чем на 50 %, допускаются незначительные ошибки или неточности.

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнены условия, соответствующие оценке "3".

### **КМ-4. Соблюдение графика выполнения КП и качества оформления КП**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Раздел выполнен не менее чем на 90 %, допускаются незначительные ошибки или неточности.

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Раздел выполнен не менее чем на 70 %, допускаются незначительные ошибки или неточности.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Раздел выполнен не менее чем на 50 %, допускаются незначительные ошибки или неточности.

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнены условия, соответствующие оценке "3".

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4 Кафедра <u>МнПЭУ</u>	«Утверждено» 
	Дисциплина: Технология сжигания органических топлив.	Заведующий кафедрой
	Институт: <u>ЭиМ</u> , группа С-02м	
1. Назначение топок и требования к ним. Классификация топок по виду топлива, по способу сжигания. 2. Тепловой баланс системы пылеприготовления. Физический смысл статей теплового баланса. Возможные варианты постановки задачи теплового расчета СМС. 3. Задача № 4.  + (стр. 83)		

## Задача № 7

 Котел тепловой мощностью  $Q_{ка}=1,34459 \times 10^6$  Вт, котельный Д (№ 29) с КПД 92,9 %. Известно, что значения  $W_{пл}=3,5$  %,  $R_{90}=33$  %. Для размола топлива использовать две ММТ 1500/2510/735 без предварительной проверки. Проверить правильность такого решения. Изложить решение по пылесистеме.

## Процедура проведения

Студент вытягивает билет. Преподаватель выдает ему соответствующее практическое задание и необходимые для подготовки дополнительные материалы. Студент готовится к экзамену в течение 90 минут. Затем происходит опрос студента преподавателем и проверка правильности выполнения практического задания. Проводится проверка остаточных знаний. Преподаватель выставляет оценку по 5-ной шкале.

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

## 1. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-1 Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности

### Вопросы, задания

Вопросы экзаменационных билетов  
по курсу «Технология сжигания органического топлива»  
для проверки ИД-1ПК-1 (1-ый семестр)

1. Закон Раттингера. КПД процесса размота. Коэффициент размолистости топлива.  
2. Фракционный состав угольной пыли. Формула Розина-Рамлера-Шпиринга. Оптимальная тонкость помола.  
3. Влажность пыли. Плотность пыли, её транспортные свойства.  
4. Вырываемость угольной пыли и факторы, определяющие опасность взрыва. Основные меры по обеспечению взрывобезопасности СМС.  
5. Классификация углеродистых мельниц. Факторы, определяющие выбор типа мельницы. Преимущества и недостатки ШБМ, ММ, СМ, М,В.  
6. Конструкция и принцип действия ШБМ. Повторяемость о шаровой загрузке барабана, критической частоте вращения.  
7. Преимущества и недостатки ШБМ. Область применения, обозначение типоразмеров.  
8. Конструкция и принцип действия молотковой мельницы. Понятие об относительной мощности  $M$ .  
9. Преимущества и недостатки ММ, область применения, обозначение типоразмеров.  
10. Конструкция и принцип действия валковых средневалковых мельниц.  
11. Преимущества и недостатки СМ, область применения, обозначение типоразмеров.  
12. Конструкция и принцип действия мельниц-вентиляторов.  
13. Преимущества и недостатки М,В, область применения, обозначение типоразмеров.  
14. От каких параметров и почему зависит выбор типа мельницы? Выбор числа мельниц на котел и определение их необходимой производительности.  
15. Классификация систем пылеприготовления по различным признакам.  
16. СМС с прямым вдуванием, их основные элементы и принцип действия.  
17. Преимущества и недостатки СМС с прямым вдуванием, область применения.  
18. СМС с промбункером, их основные элементы и принцип действия.  
19. Преимущества и недостатки СМС с промбункером, область применения.  
20. Пылесистема с ПК, ПКВ и ПВБ, преимущества и недостатки, область применения.  
21. Общие рекомендации по выбору системы пылеприготовления.  
22. Материальный баланс системы пылеприготовления.  
23. Тепловой баланс системы пылеприготовления. Физический смысл статей теплового баланса. Возможные варианты постановки задачи теплового расчета СМС.  
24. Сушительная и радиальная производительность пылесистем. Подбор состава СА, при котором теоретически обеспечивается их равенство.  
25. Тепловой расчет пылесистем с прямым вдуванием и воздушной сушкой топлива.  
26. Тепловой расчет пылесистем с прямым вдуванием и газо-воздушной сушкой топлива.  
27. Тепловой расчет пылесистем с прямым вдуванием и двухкомпонентной газовой сушкой топлива.  
28. Тепловой расчет пылесистем с промбункером и воздушной сушкой при наличии рециркуляции СА в пылесистеме.  
29. Почему на котлах стали использовать воздухоподогреватели? Что это дает?  
30. Почему на палеугольных котлах предусматривается деление воздуха на первичный и вторичный?  
31. Воздушный баланс топки, уравнение воздушного баланса в общем виде.  
32. Расчет воздушного баланса топок, укомплектованных СМС с прямым вдуванием.  
33. Расчет воздушного баланса топок, укомплектованных СМС с промбункером и транспортной пыли сушительными агентами.  
34. Расчет воздушного баланса топок, укомплектованных СМС с промбункером и транспортной пыли воздухом.  
35. Назначение горелок и требования к ним. Стабилизация процесса горения в прямоточных горелках.  
36. Типы и область применения прямоточных горелок. Преимущества и недостатки прямоточных горелок.  
37. Конструкция прямоточных горелок.  
38. Интегральный параметр крутки. Особенности развития закрученных струй.  
39. Назначение горелок и требования к ним. Стабилизация процесса горения в вихревых горелках.  
40. Типы и конструкции вихревых горелок.  
41. Преимущества и недостатки вихревых горелок. Сборные горелки.  
42. Общие сведения о шлаковании. Шлакование топки.  
43. Общие сведения о шлаковании. Шлакование поверхностей нагрева.  
44. Способы обеспечения беспшлаковочной работы котла.  
45. Факторы, влияющие на выбор количества горелок.  
46. Фронтальная компоновка горелок: её особенности, область применения, преимущества и недостатки.  
47. Встречная компоновка горелок: её особенности, область применения, преимущества и недостатки.  
48. Тангенциальная компоновка горелок: её особенности, область применения, преимущества и недостатки.
2. **Задачи ЭКЗ-1 ИД-1 ПК-1 (1)**  
**Задача № 2**  
В пылесистеме с промбункером и ШБМ 400 800 оптимальный расход по условиям вентиляции мельницы  $V_{\text{вент}}=117000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Известно, что влагосъем  $\Delta W = 0,07 \text{ кг/кг}$ ,  $t_2 = 150^\circ\text{C}$ , температура горячего воздуха на входе в пылесистему  $t_3 = 390^\circ\text{C}$ , производительность мельницы  $B_m = 48 \text{ т/ч}$ ,  $Z_{\text{вент}}=29 \text{ (кВт}\cdot\text{ч)}$  т,  $K_{\text{вент}} = 0,7$ ,  $q_{\text{тн}} = 32,6 \text{ ккал/кг}$ ,  $q_3 = 2,3 \text{ ккал/кг}$ . Определить долю рециркуляции  $r_{\text{ри}}$  СА в пылесистеме. (Рис. 5.1, табл. 5.1)
3. **Задача № 4**  
Газоплотный котёл ( $\Delta\alpha_2=0,02$ ), сжигающий Подмосковный Б2 (№ 27), потребляет  $193 \text{ т/ч}$  топлива и укомплектован пылесистемами с прямым вдуванием и воздушной сушкой, работающими под давлением. Влажность пыли  $W_{\text{пл}} = 13,5 \%$ ,  $g_1=1,86 \text{ кг/кг}$ . Выбрать недостающие параметры, рассчитать расходы через каналы первичного  $G_1$  и вторичного  $G_2$  воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ . (стр. 83)
4. **Задача № 8**  
Котел с ТШУ, сжигающий назаровский бурый уголь (№ 50), потребляет  $155 \text{ т/ч}$  топлива и укомплектован пылесистемами с прямым вдуванием и газо-воздушной сушкой,  $Z_{\text{вент}}=0,3$ . Массовое количество СА  $g_1 = 1,6 \text{ кг/кг}$ , температура за СМС  $t_2 = 135^\circ\text{C}$ , коэффициент избытка воздуха в поступающих на сушку газах  $\alpha = 1,2$ , доля газов в сушильном агенте  $r_2 = 0,2$ , температура воздуха за воздухоподогревателем  $t_{\text{вп}}^{\text{в}} = 310^\circ\text{C}$ . Известно, что  $\Delta\alpha_2=0,02$ ,  $\Delta W = 0,29 \text{ кг/кг}$  и  $\gamma_{\text{пл}}=1,3 \text{ кг/м}^3$ . Выбрать недостающие параметры, рассчитать воздушный баланс топки и расходы через каналы первичного  $G_1$  и вторичного  $G_2$  воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .
5. **Задача № 9**  
Котел, укомплектованный пылесистемами с М-В и двухкомпонентной газовой сушкой, сжигает бурый уголь с  $W \geq 40 \%$  и  $V^0 = 2,66 \text{ нм}^3/\text{кг}$ . Полный расход топлива на котел  $B = 69300 \text{ кг/ч}$ , влагосъем в пылесистемах  $\Delta W = 0,4 \text{ кг/кг}$ , температура за СМС  $t_2 = 135^\circ\text{C}$ , массовое количество СА  $g_1 = 1,72 \text{ кг/кг}$ . Доля «горячих» газов  $r_2 = 0,55$ , коэффициент избытка воздуха в них  $\alpha_1 = 1,2$ , а в «холодных» газах  $\alpha_2 = 1,38$ . Коэффициент избытка воздуха на выходе из топки  $\alpha_{\text{тн}} = 1,2$ , присос в топку  $\Delta\alpha_{\text{тн}} = 0,02$ , температура за ТВП  $t_{\text{тв}}^{\text{в}} = 300^\circ\text{C}$ . Рассчитать воздушный баланс топки и расходы через каналы первичного  $G_1$  и вторичного  $G_2$  воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Задачи ЭКЗ-1 ИД-1\_ПК-1 (2)

Задача № 10

Котел тепловой мощностью  $Q_{\text{от}}=2,50944 \times 10^8$  ккал/ч сжигает топливо № 17 с КПД равным 91,2 %. Он укомплектован пылесистемами с прямым вдуванием и среднеходными мельницами,  $K_{\text{пы}}=0$ . Известно, что  $W_{\text{пы}}=1\%$ ,  $g_1=1,735$  кг/кг. Выбрать недостающие параметры и определить расходы через каналы первичного и вторичного воздуха на котёл  $G_1$  и  $G_2$ , м<sup>3</sup>/ч. (Стр. 83)

Задача № 10

Котел тепловой мощностью  $Q_{\text{от}}=2,50944 \times 10^8$  ккал/ч сжигает топливо № 17 с КПД равным 91,2 %. Он укомплектован пылесистемами с прямым вдуванием и среднеходными мельницами,  $K_{\text{пы}}=0$ . Известно, что  $W_{\text{пы}}=1\%$ ,  $g_1=1,735$  кг/кг. Выбрать недостающие параметры и определить расходы через каналы первичного и вторичного воздуха на котёл  $G_1$  и  $G_2$ , м<sup>3</sup>/ч. (Стр. 83)

Задача № 11

Газоплотный котел ( $\Delta\alpha_n=0,02$ ), сжигающий Волчанский Б3 (№ 37), потребляет 190 т/ч топлива и укомплектован пылесистемами с прямым вдуванием и воздушной сушишкой, работающими под давлением. Влажность пыли  $W_{\text{пы}}=14\%$ ,  $g_1=1,89$  кг/кг. Выбрать недостающие параметры, рассчитать расходы через каналы первичного  $G_1$  и вторичного  $G_2$  воздуха, м<sup>3</sup>/ч. (стр. 83)

Задача № 12

Температуры воздуха и газов, составляющих СА,  $t_{\text{га}}=340^\circ\text{C}$  и  $\theta_n=1000^\circ\text{C}$ . Начальная теплоемкость газов  $c_1=0,298$  ккал/(кг·°C). Размол осуществляется в мельнице-вентиляторе, величина влагосъёма  $\Delta W=0,46$  кг/кг. Объемное количество влажной смеси в конце установки при температуре  $t_2=135^\circ\text{C}$  составляет 3,75 м<sup>3</sup>/кг, а её теплоемкость  $c_2=0,244$  ккал/(кг·°C). Известно, что  $q_{\text{вет}}=7$  ккал/кг,  $q_2=1,4$  ккал/кг,  $q_{\text{пл}}=31$  ккал/кг,  $K_{\text{пы}}=0,3$  и  $\gamma_{\text{от}}=1,25$  кг/м<sup>3</sup>. Определите состав СА и начальную температуру  $t_1$ . (Рис. 5.1)

Задача № 13

Котел, оборудованный пылесистемами с промбункером и сбросными горелками, связан АЦ (№ 7). Производительность каждой мельницы  $B_m=48$  т/ч,  $c_{\text{пы}}=2$ , полный расход топлива на котел  $B=87$  т/ч. Известно, что  $g_1=1,67$  кг/кг, доля рециркуляции СА  $r_{\text{ре}}=0,207$ , КПД циклона  $\eta_c=0,9$ ,  $W_{\text{пы}}=0,6\%$ ,  $V'_{\text{в.пл}}=2,57$  м<sup>3</sup>/кг, удельный вес рециркулирующего СА  $\gamma_{\text{с.р.}}=1,256$  кг/м<sup>3</sup>,  $K_{\text{пы}}=0,2$ ,  $\Delta\alpha_n=0,05$ . Выбрать недостающие параметры и рассчитать расходы через каналы первичного воздуха  $G_1$ , вторичного воздуха  $G_2$  и через сбросные горелки котла  $G_{\text{сб}}$ , м<sup>3</sup>/ч. Температуру аэрозольки в пылепроводах принять приблизительно  $t_{\text{аэ}}=270^\circ\text{C}$ , температура за пылесистемами  $t_2=150^\circ\text{C}$ .

4.

Задачи ЭКЗ-1 ИД-1\_ПК-1 (3)

Задача № 14

Котел, укомплектованный пылесистемами с М-В и двухкомпонентной газовой сушишкой, сжигает бурый уголь с  $W \leq 40\%$  и  $V^0=2,66$  нм<sup>3</sup>/кг. Полный расход топлива на котел  $B=69300$  кг/ч, влагосъём в пылесистемах  $\Delta W=0,4$  кг/кг, температура за СМС  $t_2=135^\circ\text{C}$ , массовое количество СА  $g_1=1,72$  кг/кг. Доля «горячих» газов  $r_{\text{г}}=0,55$ , коэффициент избытка воздуха в них  $\alpha_1=1,2$ , а в «холодных» газах  $\alpha_2=1,38$ . Коэффициент избытка воздуха на выходе из топki  $\alpha_{\text{н}}=1,2$ , присос в топку  $\Delta\alpha_{\text{н}}=0,02$ , температура за ТВИ  $t_{\text{св}}^{\text{ст}}=300^\circ\text{C}$ . Рассчитать воздушный баланс топki и расходы через каналы первичного  $G_1$  и вторичного  $G_2$  воздуха, м<sup>3</sup>/ч.

Задача № 15

Температуры воздуха и газов, составляющих СА,  $t_{\text{га}}=340^\circ\text{C}$  и  $\theta_n=1000^\circ\text{C}$ . Начальная теплоемкость газов  $c_1=0,298$  ккал/(кг·°C). Размол осуществляется в мельнице-вентиляторе, величина влагосъёма  $\Delta W=0,46$  кг/кг. Объемное количество влажной смеси в конце установки при температуре  $t_2=135^\circ\text{C}$  составляет 3,77 м<sup>3</sup>/кг, а её теплоемкость  $c_2=0,244$  ккал/(кг·°C). Известно, что  $q_{\text{вет}}=7,5$  ккал/кг,  $q_2=1,5$  ккал/кг,  $q_{\text{пл}}=31$  ккал/кг,  $K_{\text{пы}}=0,3$  и  $\gamma_{\text{от}}=1,25$  кг/м<sup>3</sup>. Определите состав СА и начальную температуру  $t_1$ . (Рис. 5.1)

Задача № 19

Котел тепловой мощностью  $Q_{\text{от}}=1,91196 \times 10^8$  ккал/ч сжигает топливо № 22 с КПД равным 92,3%. Он укомплектован пылесистемами с прямым вдуванием, ММТ и воздушной сушишкой,  $K_{\text{пы}}=0$ . Известно, что  $W_{\text{пы}}=2\%$ ,  $g_1=1,988$  кг/кг. Выбрать недостающие параметры и определить расходы через каналы первичного и вторичного воздуха на котёл  $G_1$  и  $G_2$ , м<sup>3</sup>/ч. (Стр. 83)

Задача № 20

Котел тепловой мощностью  $Q_{\text{от}}=2,50944 \times 10^8$  ккал/ч сжигает топливо № 17 с КПД равным 91,3 %. Он укомплектован пылесистемами с прямым вдуванием и среднеходными мельницами, причём мельничные вентиляторы установлены за мельницами. Известно, что  $W_{\text{пы}}=1\%$ ,  $g_1=1,72$  кг/кг. Выбрать недостающие параметры и определить расходы через каналы первичного и вторичного воздуха на котёл  $G_1$  и  $G_2$ , м<sup>3</sup>/ч. (Стр. 83, 85)

5.

## Материалы для проверки остаточных знаний

### 1.ИД-1 Какие типы углеразмольных мельниц Вы знаете?

Ответы:

1. Шаровые барабанные мельницы, молотковые мельницы, среднеходные мельницы, мельницы-вентиляторы.
2. ШБМ, ММТ, МВС, М-В.
3. Шаробарабанные, молотковые, среднеходные и мельницы-вентиляторы.

Верный ответ: Шаровые барабанные мельницы, молотковые мельницы, среднеходные мельницы, мельницы-вентиляторы.

### 2.ИД-1 Что такое Кло ?

Ответы:

1. Относительный лабораторный коэффициент размолоспособности топлива.
2. Коэффициент размолоспособности топлива.
3. Размолоспособность топлива.

Верный ответ: Относительный лабораторный коэффициент размоловоспособности топлива.

3.ИД-1 Какие способы повышения взрывобезопасности пылесистем Вы знаете?

Ответы:

1. Применение газовой или газо-воздушной сушки топлива, установка взрывных клапанов, выполнение отдельных элементов более прочными, уменьшение внутреннего объема пылесистемы.
2. Газовая сушка, взрывные клапаны, повышенная прочность.
3. Сушка газами, установка взрывных клапанов, повышенная прочность некоторых элементов.

Верный ответ: Применение газовой или газо-воздушной сушки топлива, установка взрывных клапанов, выполнение отдельных элементов более прочными, уменьшение внутреннего объема пылесистемы.

4.ИД-1 Какие мельницы могут обеспечить тонкий помол топлива?

Ответы:

1. Шаровые барабанные и среднеходные мельницы.
2. ШБМ и МВС.
3. Шаробарабанные и СМ.

Верный ответ: Шаровые барабанные и среднеходные мельницы.

5.ИД-1 Какие типы систем пылеприготовления Вы знаете?

Ответы:

1. С прямым вдуванием и с промежуточным бункером пыли.
2. С прямым вдуванием и с промбункером.
3. С прямым вдуванием, и с ШБМ.

Верный ответ: С прямым вдуванием и с промежуточным бункером пыли.

6.ИД-1 Для чего нужна линия рециркуляции в пылесистеме с промбункером?

Ответы:

1. Изменяя долю рециркуляции сушильного агента при неизменной вентиляции мельницы можно обеспечить равенство сушильной и размольной производительности.
2. Чтобы можно было обеспечить равенство сушильной и размольной производительности.
3. Чтобы регулировать температуру за мельницей.

Верный ответ: Изменяя долю рециркуляции сушильного агента при неизменной вентиляции мельницы можно обеспечить равенство сушильной и размольной производительности.

7.ИД-1 Что такое  $g_1$ ?

Ответы:

1. Массовое количество сушильного агента.
2. Весовое количество сушильного агента.
3. Количество сушильного агента.

Верный ответ: Массовое количество сушильного агента.

8.ИД-1 Что такое  $q_{мех}$  ?

Ответы:

1. Теплота, выделившаяся в результате работы мелющих органов.

2. Теплота работы мельющих органов.
3. Теплота, выделившаяся при размоле.

Верный ответ: Теплота, выделившаяся в результате работы мельющих органов.

9.ИД-1. За счет чего обеспечивается стабилизация процесса горения в вихревых горелках?

Ответы:

1. В основном за счет наружной эжекции продуктов сгорания в топливо-воздушные струи, в меньшей степени за счет радиационного теплопереноса.
2. За счет наружной эжекции газов.
3. За счет подсоса газов из топочного объема.

Верный ответ: В основном за счет наружной эжекции продуктов сгорания в топливо-воздушные струи, в меньшей степени за счет радиационного теплопереноса.

10.ИД-1 Назовите главный недостаток фронтальной компоновки горелок.

Ответы:

1. Это прямой динамический удар факела в заднюю стену топки, что может привести к ее шлакованию.
2. Существует динамическое воздействие факела на задний экран топки, возрастает вероятность шлакования.
3. Возможно шлакование заднего экрана топки напротив горелок.

Верный ответ: Это прямой динамический удар факела в заднюю стену топки, что может привести к ее шлакованию.

11.ИД-1 Чем вихревые горелки принципиально отличаются от прямооточных?

Ответы:

1. В вихревых горелках потоки принудительно закручиваются в специальных аппаратах.
2. В вихревых горелках предусматривается закрутка потоков.
3. Потоки воздуха и пылевоздушной смеси в вихревых горелках закручиваются.

Верный ответ: В вихревых горелках потоки принудительно закручиваются в специальных аппаратах.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-1 Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом обеспечения надежности и экологической безопасности

## Вопросы, задания

Задачи ЭКЗ-1 ИД-4\_ПК-1 (1)

### Задача № 5

Котел тепловой мощностью  $Q_{\text{га}}=6,57386 \times 10^7$  ккал/ч должен сжигать АШ (№ 7) с КПД 89,8 %. Известно, что  $K_{\text{гад}}=0,95$ , рекомендуемые значения  $W_{\text{га}}^{\text{пл}}=1$  %,  $R_{90}=7$  %. Для размола топлива планируется использовать две мельницы Ш-8 (ШБМ 250/360) с волнистой броней, без предварительной подсушки топлива. Проверить правильность такого решения. Изложить свои соображения по выбору пылесистемы. (табл. М)

### Задача № 7

Котел тепловой мощностью  $Q_{\text{га}}=1,34459 \times 10^8$  ккал/ч должен сжигать Интинский Д (№ 29) с КПД 92,9 %. Известно, что  $K_{\text{гад}}=1,15$ , рекомендуемые значения  $W_{\text{га}}^{\text{пл}}=3,5$  %,  $R_{90}=33$  %. Для размола топлива планируется использовать две ММТ 1500/2510/735 без предварительной подсушки топлива. Проверить правильность такого решения. Изложить свои соображения по выбору пылесистемы. (табл. М, стр. 83)

1. пылесистемы.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1.ИД-4. Назовите факторы, влияющие на выбор типа мельницы.

Ответы:

1. Коэффициент размолоспособности, реакционная способность топлива, содержание колчеданной серы на рабочую массу, зольность топлива на сухую массу, влажность топлива на рабочую массу.
2. Кло, выход летучих, содержание серы, золы, влажность топлива.
3. Размолоспособность топлива, его реакционная способность, содержание серы, зольность и влажность топлива.

Верный ответ: Коэффициент размолоспособности, реакционная способность топлива, содержание колчеданной серы на рабочую массу, зольность топлива на сухую массу, влажность топлива на рабочую массу.

2.ИД-4. Назовите основной фактор, влияющий на выбор типа сепаратора пыли.

Ответы:

1. Рекомендуемый для данного топлива остаток на сите с ячейкой 90 мкм.
2. Рекомендуемое значение R90.
3. R90.

Верный ответ: Рекомендуемый для данного топлива остаток на сите с ячейкой 90 мкм.

3.ИД-4 Назовите основные факторы, влияющие на выбор способа сушки.

Ответы:

Группа взрывоопасности топлива и влажность топлива на рабочую массу.

Взрывоопасность топлива и его влажность.

Кт и Wp.

Верный ответ: Группа взрывоопасности топлива и влажность топлива на рабочую массу.

## **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 экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:*

### III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 Кафедра МиПЭУ	«Утверждаю» 
	Дисциплина: Технология сжигания органического топлива.	Заведующий кафедрой
	Институт: ЭиМ, группы С-02м	
1. Назначение горелок и требования к ним. Стабилизация процесса горения в прямоточных горелках. 2. Технология <i>Compact-design</i> , ее отличительные признаки и преимущества. Реализация этой технологии на примере котла Пп-1000-25-585Ф. 3. Задача 1.		Табл. 3.10, [2], табл. 4.1, доп[2]
+++		



#### Задача № 1

В котле Е-320-13,8-560КТ, укомплектованном сжиганием с вдуванием и воздушной сушкой, должен сжигать уголь. Полный расход топлива 47,56 т/ч. Предложите конструктивный параметр крутки горелок  $n_{\Gamma}$ . Определите в первом приближении с точностью до 10% диаметр горелки, если известно, что число горелок  $z_{\text{гор}}=8$ , диаметр горелки  $d_{\text{гор}}=0,1$  м. Проверить выполнение условия по  $q_{\text{л.г}}$ .

(Табл. 3.10, [2], табл. 4.1, доп[2])

#### Процедура проведения

ЭКЗАМЕН, процедура: Студент вытягивает билет. Преподаватель выдает ему соответствующее практическое задание и необходимые для подготовки дополнительные материалы. Студент готовится к экзамену в течение 90 минут. Затем происходит опрос студента преподавателем и проверка правильности выполнения практического задания. Проводится проверка остаточных знаний. Преподаватель выставляет оценку по 5-ной шкале, загружает оценку в БАРС.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1пк-1 Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1.ИД-1 Что такое конструктивный параметр крутки?

Ответы:

1. Это отношение момента количества движения к количеству движения в продольном направлении, умноженное на 4 и поделенное на эквивалентный диаметр.
2. Это отношение момента количества движения к количеству движения в продольном направлении, умноженное на 4 и поделенное на характерный размер канала.
2. Это отношение момента количества движения к количеству движения в продольном направлении.

Верный ответ: Это отношение момента количества движения к количеству движения в продольном направлении, умноженное на 4 и поделенное на эквивалентный диаметр.

- 2.ИД-1 Назовите преимущества улиточного закручивающего аппарата.

Ответы:

1. Простота конструкции и простой ремонт сварной улитки при абразивном износе.
2. Конструкция простая, а в случае износа стальной улитки угольной пылью дырку можно просто заварить.
3. Простота ремонта, простота конструкции.

Верный ответ: Простота конструкции и простой ремонт сварной улитки при абразивном износе.

- 3.ИД-1 Почему для низкорекреационного топлива рекомендуемые значения скорости первичного воздуха меньше?

Ответы:

1. Низкорекреационное топливо хуже воспламеняется, поэтому время пребывания в области высоких температур должно быть больше.
2. Чтобы топливо дольше находилось в зоне высоких температур и лучше воспламенялось.
3. Чтобы топливо больше пребывало в области высоких температур.

Верный ответ: Низкорекреационное топливо хуже воспламеняется, поэтому время пребывания в области высоких температур должно быть больше.

- 4.ИД-1 Какие основные типы газомазутных горелок Вы знаете?

Ответы:

1. Горелки ГМУ, разработанные ЦКТИ и АО «Красный котельщик» и горелки ГМВИ, разработанные ВТИ и АО «ЗиО».
2. Горелки ГМУ конструкции ЦКТИ-ТКЗ и горелки ГМВИ конструкции ВТИ-ЗиО.
3. Горелки ГМУ и горелки ГМВИ.

Верный ответ: Горелки ГМУ, разработанные ЦКТИ и АО «Красный котельщик» и горелки ГМВИ, разработанные ВТИ и АО «ЗиО».

- 5.ИД-1 Какие технологии сжигания в циркулирующем кипящем слое Вы знаете?

Ответы:

1. Основные из них это Баттеле, Лурги, Пирофлуо, Циркофлюид, Бабкок-Вилькоккс и Компакт-дизайн.
2. Баттеле, Лурги, Пирофлуо, Циркофлюид, Бабкок-Вилькоккс и Компакт-дизайн, существуют и менее известные, например, технология фирмы Штейнмюллер.
3. Баттеле, Лурги, Пирофлуо, Циркофлюид, Бабкок-Вилькоккс и Компакт-дизайн.

Верный ответ: Основные из них это Баттеле, Лурги, Пирофлуо, Циркофлюид, Бабкок-Вилькоккс и Компакт-дизайн.

- 6.ИД – 1 Какие основные операции производят при подготовке мазута к сжиганию?

Ответы:

1. Подогрев на всем протяжении подготовки, слив мазута из цистерн, перекачка, фильтрация, подъем давления в два этапа.
2. Подогрев, слив, фильтрация, подъем давления.
3. Подогрев, слив из цистерн, перекачка, два подъема давления.

Подогрев на всем протяжении подготовки, слив мазута из цистерн, перекачка, фильтрация, подъем давления в два этапа.

Верный ответ: Подогрев на всем протяжении подготовки, слив мазута из цистерн, перекачка, фильтрация, подъем давления в два этапа.

7.ИД-1 Почему произошел переход от сжигания топлива в плотном слое к факельному сжиганию?

Ответы:

1. Технология сжигания в плотном слое не позволяет создавать котлы большой паропроизводительности с высоким КПД.
2. Потому что габариты топок с плотным слоем в плане большие, механический недожог высокий.
3. Площадь занимаемая такими топками большая,  $q_4$  тоже высок.

Верный ответ: Технология сжигания в плотном слое не позволяет создавать котлы большой паропроизводительности с высоким КПД.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>ПК-1</sub> Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом обеспечения надежности и экологической безопасности

## Вопросы, задания

Вопросы экзаменационных билетов  
по курсу «Технология сжигания органического топлива»  
для проверки ИД-1<sub>ПК-1</sub> (2-ой семестр)

1. Общая последовательность конструктивного расчета прямоточных горелок на примере 2-3 конструкций.
2. Конструктивный параметр крутки: определение, общая формула, результирующий параметр крутки для вихревой горелки.
3. Конструкции закручивающих аппаратов, рекомендации по их применению, преимущества и недостатки.
4. Вывод формулы для расчета конструктивного параметра крутки улиточного аппарата.
5. Вывод формулы для расчета конструктивного параметра крутки аксиального лопаточного аппарата.
6. Вывод формул для расчета геометрических характеристик тангенциального лопаточного закручивающего аппарата ( $R_s, l_s, b_s$ ).
7. Исходные данные для расчета вихревых горелок. Смысл существующих рекомендаций по  $m, W_s, w_1, w_2/w_1$ .
8. Общая последовательность конструктивного расчета вихревых двухканальных пилеугольных горелок.
9. Формула для определения температуры на выходе из зоны активного горения  $\vartheta''_{\alpha_s}$ , ее практическое применение. Как и почему ограничивается  $\vartheta''_{\alpha_s}$ ?
10. Горелки ГМВИ. Основные принципы, заложенные в конструкцию, особенности конструкции.
11. Стандартный ряд горелок ГМУ, обозначение и типы, особенности конструкции горелки ГМУ типа 1.
12. Преимущества и недостатки технологии сжигания топлива в стационарном кипящем слое.
13. Преимущества и недостатки сжигания топлива в циркулирующем кипящем слое.

**Вопросы экзаменационных билетов  
по курсу «Технология сжигания органического топлива»  
для проверки ИД-4пк-1 (2-ой семестр)**

1. Выбор скоростей в каналах прямооточных горелок, смысл ограничения по относительной высоте горелки.
2. Варианты конструктивного оформления узла сопряжения горелок с топкой.
3. Способы компенсации пылепроводов и воздухопроводов.
4. Смысл ограничений по основным компоновочным размерам горелок, ширине и глубине топки.
5. Узлы компоновочных размеров горелок и размеров топки в плане с конструкцией экранов и делением на панели.
6. Тепловая мощность топки, горелки. Тепловые напряжения объема топки, сечения топки, яруса горелок и физический смысл ограничений по этим параметрам.
7. Высота и лучистая поверхность зоны активного горения (ЗАГ). Тепловое напряжение лучистой поверхности ЗАГ, смысл существующих ограничений.
8. Особенности топок с ЖШУ и факторы, влияющие на надежность выхода жидкого шлака.
9. Характеристики природного газа. Технологическая схема подачи газообразного топлива.
10. Характеристики мазута. Основные способы слива мазута из цистерн.
11. Технологическая схема подготовки мазута к сжиганию.
12. Топки с ручной колосниковой решеткой: конструкция, особенности рабочего процесса, основные недостатки.
13. Топки с наклонно-переталкивающими колосниками: конструкция, особенности рабочего процесса, основные недостатки.
14. Топки с подвижной цепной решеткой: конструкция, особенности рабочего процесса, основные недостатки.
15. Особенности воздушного режима топок с плотным слоем. Недостатки технологии сжигания топлива в плотном слое, обусловившие переход к факельному сжиганию.
16. Предпосылки появления технологии стационарного кипящего слоя и особенности топок, реализующих эту технологию.
17. Котел БКЗ-420 со стационарным кипящим слоем.
18. Предпосылки появления технологии ЦКС и организация рабочего процесса.
19. Обзор основных технологий ЦКС (*Battelle, Lurgi, Pyroflow, Circofluid, Babcock&Wilcox*), их сравнительный анализ.
20. Технология *Compact-design*, ее отличительные признаки и преимущества. Реализация этой технологии на примере котла Пп-1000-25-585Ф.

**Задачи экзаменационных билетов  
по курсу «Технология сжигания органического топлива»  
для проверки ИД-1пк-1 (1)**

**Задача № 6**

Полный расход березовского угля (№ 51) на котел  $B=36470$  кг/ч. В пылесистемах организована газо-воздушная сушка топлива,  $W_{\text{суш}}^{\text{м}}=16\%$ ,  $K_{\text{суш}}=0,3$ ,  $r_1=0,85$ ,  $g_1=2,2$  кг/кг,  $t_1=215^\circ\text{C}$ ,  $t_{12}=305^\circ\text{C}$ . Коэффициент избытка воздуха в месте отбора газов  $\alpha_{\text{отб}}=1,23$ . В газоплотной топке котла должно быть установлено 8 ГПО. Определить проходные сечения каналов  $F_1$  и  $F_2$  на одну горелку.

**Задача № 14**

Котел рассчитан на сжигание 50 т/ч каменного угля в режиме ПШУ. Известно, что  $Q_{\text{вк}}=4190$  ккал/кг, и  $V^0=4,96$  нм<sup>3</sup>/кг. Он оборудован пылесистемами с прямым вдуванием и воздушной сушкой. Из расчета пылесистемы известны  $g_1=1,52$  кг/кг,  $\Delta W=0,077$  кг/кг,  $t_2=125^\circ\text{C}$ ,  $K_{\text{суш}}=0$ . Температура горячего воздуха  $340^\circ\text{C}$ ,  $\alpha_{\text{г}}=1,2$ ,  $\Delta\alpha_{\text{г}}=0,02$ . Принять  $m=0,3$  и рассчитать диаметры каналов горелок ГПЛ, если  $\tau_{\text{гор}}=8$ .

**Задача № 8**

Полный расход березовского угля (№ 51) на котел  $B=36470$  кг/ч. В пылесистемах организована газо-воздушная сушка топлива,  $W_{\text{суш}}^{\text{м}}=14\%$ ,  $K_{\text{суш}}=0,3$ ,  $r_1=0,87$ ,  $g_1=2,2$  кг/кг,  $t_1=215^\circ\text{C}$ ,  $t_{12}=300^\circ\text{C}$ . Коэффициент избытка воздуха в месте отбора газов  $\alpha_{\text{отб}}=1,23$ . В газоплотной топке котла должно быть установлено 8 ГПО. Определить проходные сечения каналов  $F_1$  и  $F_2$  на одну горелку.

**Задача № 9**

Котел рассчитан на сжигание 50 т/ч каменного угля в режиме ПШУ. Известно, что  $Q_{\text{вк}}=4190$  ккал/кг, объемное количество влажной смеси за СМС с прямым вдуванием  $V_{\text{вд},\text{СМС}}=1,9$  м<sup>3</sup>/кг, расход вторичного воздуха на котел  $G_2=160$  м<sup>3</sup>/с. Принять  $m=0,3$  и рассчитать диаметры каналов горелок ГПЛ, если  $\tau_{\text{гор}}=8$ .

**Задача № 13**

Полный расход березовского угля (№ 51) на котел  $B=36470$  кг/ч. В пылесистемах организована газо-воздушная сушка топлива,  $W_{\text{суш}}^{\text{м}}=15\%$ ,  $K_{\text{суш}}=0,3$ ,  $r_1=0,85$ ,  $g_1=2,2$  кг/кг,  $t_1=210^\circ\text{C}$ ,  $t_{12}=310^\circ\text{C}$ . Коэффициент избытка воздуха в месте отбора газов  $\alpha_{\text{отб}}=1,23$ . В газоплотной топке котла должно быть установлено 8 ГПО. Определить проходные сечения каналов  $F_1$  и  $F_2$  на одну горелку.

**Задачи экзаменационных билетов  
по курсу «Технология сжигания органического топлива»  
для проверки ИД-1пк-1 (2)**

**Задача № 17**

Котел рассчитан на сжигание 50,1 т/ч каменного угля в режиме ПШУ. Известно, что  $Q_{\text{вк}}=4190$  ккал/кг, объемное количество влажной смеси за СМС с прямым вдуванием  $V_{\text{вд},\text{СМС}}=1,87$  м<sup>3</sup>/кг, расход вторичного воздуха на котел  $G_2=154$  м<sup>3</sup>/с. Принять  $m=0,3$  и рассчитать диаметры каналов горелок ГПЛ, если  $\tau_{\text{гор}}=8$ .

**Задача № 24**

Котел рассчитан на сжигание 50,2 т/ч каменного угля в режиме ПШУ. Известно, что  $Q_{\text{вк}}=4190$  ккал/кг, и  $V^0=4,96$  нм<sup>3</sup>/кг. Он оборудован пылесистемами с прямым вдуванием и воздушной сушкой. Из расчета пылесистемы известны  $g_1=1,54$  кг/кг,  $\Delta W=0,077$  кг/кг,  $t_2=120^\circ\text{C}$ ,  $K_{\text{суш}}=0$ . Температура горячего воздуха  $335^\circ\text{C}$ ,  $\alpha_{\text{г}}=1,2$ ,  $\Delta\alpha_{\text{г}}=0,02$ . Принять  $m=0,3$  и рассчитать диаметры каналов горелок ГПЛ, если  $\tau_{\text{гор}}=8$ .

**Задача № 21**

Полный расход березовского угля (№ 51) на котел  $B=36490$  кг/ч. В пылесистемах организована газо-воздушная сушка топлива,  $W_{\text{суш}}^{\text{м}}=16\%$ ,  $K_{\text{суш}}=0,3$ ,  $r_1=0,87$ ,  $g_1=2,2$  кг/кг,  $t_1=210^\circ\text{C}$ ,  $t_{12}=305^\circ\text{C}$ . Коэффициент избытка воздуха в месте отбора газов  $\alpha_{\text{отб}}=1,23$ . В газоплотной топке котла должно быть установлено 8 ГПО. Определить проходные сечения каналов  $F_1$  и  $F_2$  на одну горелку.

**Задачи экзаменационных билетов**  
по курсу «Технология сжигания органического топлива»  
для проверки ИД-4кч.1 (1)

**Задача № 2**

Котел укомплектован четырьмя горелками ГЛЛ с диаметрами каналов  $D_0=0,284$  м,  $d_1=0,559$  м,  $D_1=0,575$  м и  $d_2=1,135$  м. Он оборудован пылесистемами с промбункером и транспортировкой пыли горячим воздухом. Температура пылевоздушной смеси перед горелками  $t_2=297^\circ\text{C}$ , её расход на котел  $G_1=45296$  м<sup>3</sup>/ч. Температура горячего воздуха  $t_{гв}=400^\circ\text{C}$ , расход вторичного воздуха на котел  $G_2=242537$  м<sup>3</sup>/ч. Конструктивные параметры крутки в каналах горелки  $m_1=2$  и  $m_2=4$ . Расход топлива из промбункеров на горелки  $B_{гор}=17,959$  т/ч. Определить результирующий параметр крутки на горелку.

**Задача № 1**

В котле Е-320-13,8-560КТ, укомплектованном СМС с прямым вдуванием и воздушной сушкой, должен сжигаться интинский уголь (№ 29). Полный расход топлива 47,56 т/ч. Предложите способ компоновки ГПЛ. Определите в первом приближении с точностью до шага труб  $a_n$ ,  $b_n$  и  $h_{ак}$ , если известно, что число горелок  $z_{гор}=8$ , диаметр амбразуры  $D_a=1,05$  м, а конструктивный параметр крутки горелок  $m_T=2,05$ . Принять  $q_{гТ}=8\%$  и проверить выполнение условия по  $q_{гТ}$ .

**Задача № 4**

Полный расход зкибастузского угля (№ 22) на котел  $B=36,31$  т/ч, присадки холодного воздуха в пылесистемы нет,  $K_{пр}=0$ ,  $t_{гв}=330^\circ\text{C}$ , нагрузка котла 100 %. Восемь горелок с диаметром амбразур 0,838 м скомпонованы фронтально в два яруса. Размеры точки в плане  $a_n=11,92$  м,  $b_n=6,16$  м, расстояние между ярусами  $h_{яп}=2,4$  м. Принять  $R_{90}>15\%$ ,  $q_{гТ}=8\%$ ,  $\alpha_r=0,99$  и выполнить проверку работы ЗАГ по  $q_{гТ}$  и  $G_{гТ}^*$ .

**Задача № 3**

В котле Е-320-13,8-560КТ должен сжигаться интинский уголь (№ 29). Полный расход топлива равен 47,4 т/ч. Предложите способ компоновки ГПЛ. Определите в первом приближении с точностью до шага труб  $a_n$ ,  $b_n$  и  $h_{ак}$ , если известно, что число горелок  $z_{гор}=8$ , диаметр амбразур  $D_a=1,04$  м, а конструктивный параметр крутки горелок  $m_T=2,04$ . Проверьте выполнение условия по  $q_{гТ}$  (считать, что  $[q_{гТ}]=0,9$  МВт/м<sup>2</sup>, принять  $q_{гТ}=8\%$ ).

5.

**Задачи экзаменационных билетов**  
по курсу «Технология сжигания органического топлива»  
для проверки ИД-4кч.1 (2)

**Задача № 7**

Котел укомплектован четырьмя горелками ГЛЛ с диаметрами каналов  $D_0=0,187$  м,  $d_1=0,41$  м,  $D_1=0,422$  м и  $d_2=0,937$  м. Он оборудован пылесистемами с промбункером и транспортировкой пыли горячим воздухом. Температура пылевоздушной смеси перед горелками  $t_2=293^\circ\text{C}$ , её расход на котел  $G_1=22584$  м<sup>3</sup>/ч. Температура горячего воздуха  $t_{гв}=400^\circ\text{C}$ , расход вторичного воздуха на котел  $G_2=155173$  м<sup>3</sup>/ч. Конструктивные параметры крутки в каналах горелки  $m_1=2$  и  $m_2=4$ . Расход топлива из промбункеров на горелки  $B_{гор}=12,034$  т/ч. Определить результирующий параметр крутки на горелку.

**Задача № 15**

Котел укомплектован восемью горелками ГПЛ с диаметрами каналов  $D_0=0,32$  м,  $d_1=0,52$  м,  $D_1=0,536$  м и  $d_2=1,07$  м. Он оборудован пылесистемами с прямым вдуванием и воздушной сушкой, известны  $g_1=1,51$  кг/кг,  $\Delta W=0,073$  кг/кг,  $K_{пр}=0$ ,  $t_2=125^\circ\text{C}$ . Температура горячего воздуха  $t_{гв}=310^\circ\text{C}$ , расход вторичного воздуха на котел  $G_2=150$  м<sup>3</sup>/ч, конструктивный параметр крутки для канала вторичного воздуха  $m_2=3,1$ . Полный расход топлива на котел  $B_a=49,2$  т/ч. Определить результирующий параметр крутки на горелку.

**Задача № 11**

В котле Е-320-13,8-560КТ должен сжигаться интинский уголь (№ 29). Полный расход топлива равен 47,6 т/ч. Предложите способ компоновки ГПЛ. Определите в первом приближении с точностью до шага труб  $a_n$ ,  $b_n$  и  $h_{ак}$ , если известно, что число горелок  $z_{гор}=8$ , диаметр амбразур  $D_a=1,04$  м, а конструктивный параметр крутки горелок  $m_T=2,05$ . Проверьте выполнение условий по  $q_{гТ}$ ,  $q_{гв}$ . Интинский уголь – шлакующий.

**Задача № 12**

Котел укомплектован шестью горелками ГЛЛ с диаметрами каналов  $D_0=0,258$  м,  $d_1=0,479$  м,  $D_1=0,495$  м и  $d_2=1,032$  м. Он оборудован пылесистемами с промбункером и транспортировкой пыли горячим воздухом. Температура пылевоздушной смеси перед горелками  $t_2=303^\circ\text{C}$ , её расход на котел  $G_1=48515$  м<sup>3</sup>/ч. Температура горячего воздуха  $t_{гв}=400^\circ\text{C}$ , расход вторичного воздуха на котел  $G_2=322705$  м<sup>3</sup>/ч. Конструктивные параметры крутки в каналах горелки  $m_1=2$  и  $m_2=4$ . Расход топлива из промбункеров на горелки  $B_{гор}=20,343$  т/ч. Определить результирующий параметр крутки на горелку.

6.

**Задачи экзаменационных билетов**  
по курсу «Технология сжигания органического топлива»  
для проверки ИД-4кч.1 (3)

**Задача № 5**

Полный расход зкибастузского угля (№ 22) на котел  $B=36,4$  т/ч, присадки холодного воздуха в пылесистемы нет,  $K_{пр}=0$ ,  $t_{гв}=320^\circ\text{C}$ , нагрузка котла 100 %. Восемь горелок с диаметром амбразур 0,838 м скомпонованы фронтально в два яруса. Размеры точки в плане  $a_n=11,92$  м,  $b_n=6,16$  м, расстояние между ярусами  $h_{яп}=2,4$  м. Принять  $R_{90}>15\%$ ,  $q_{гТ}=8\%$ ,  $\alpha_r=0,99$  и выполнить проверку работы ЗАГ по  $q_{гТ}$  и  $G_{гТ}^*$ .

**Задача № 10**

Полный расход зкибастузского угля (№ 22) на котел  $B=36,3$  т/ч, присадки холодного воздуха в пылесистемы нет,  $K_{пр}=0$ ,  $t_{гв}=325^\circ\text{C}$ , нагрузка котла 100 %. Восемь горелок с диаметром амбразур 0,84 м скомпонованы фронтально в два яруса. Размеры точки в плане  $a_n=11,92$  м,  $b_n=6,16$  м, расстояние между ярусами  $h_{яп}=2,4$  м. Принять  $R_{90}>15\%$ ,  $q_{гТ}=8\%$ ,  $\alpha_r=0,96$  и выполнить проверку работы ЗАГ по  $q_{гТ}$  и  $G_{гТ}^*$ .

**Задача № 16**

Полный расход интинского угля (№ 29) на котел  $B=16,3$  т/ч. Шесть горелок с диаметром амбразур 0,744 м скомпонованы фронтально в два яруса. Размеры точки в плане  $a_n=7,92$  м,  $b_n=5,52$  м, расстояние между ярусами  $h_{яп}=1,96$  м. Выполнить проверку работы ЗАГ по  $q_{гТ}$ ,  $q_{гв}$  и  $q_{гТ}$ . Принять  $q_{гТ}=8\%$ . Интинский уголь – шлакующий.

**Задача № 18**

Полный расход интинского угля (№ 29) на котел  $B=16,32$  т/ч. Шесть горелок с диаметром амбразур 0,744 м скомпонованы фронтально в два яруса. Размеры точки в плане  $a_n=7,92$  м,  $b_n=5,52$  м, расстояние между ярусами  $h_{яп}=2,06$  м. Выполнить проверку работы ЗАГ по  $q_{гТ}$ ,  $q_{гв}$  и  $q_{гТ}$ .

7. Принять  $q_{гТ}=8\%$ . Интинский уголь – шлакующий.

**Задачи экзаменационных билетов  
по курсу «Технология сжигания органического топлива»  
для проверки ИД-4пк-1 (4)**

**Задача № 19**

Полный расход кузнецкого угля (№ 24) на котел  $B=52,86$  т/ч. Восемь ГПО с размером амбразуры  $1,05 \times 0,5$  м смонтированы в два яруса. Размеры топки в плане  $a_m=9,52$  м,  $b_m=9,68$  м, расстояние между ярусами горелок  $h_{гп}=2,586$  м. Выполнить проверку работы ЗАГ по  $q_E$ ,  $q_{Eгп}$  и  $q_{1,2}$ . Принять  $q_{4T}=8\%$  и  $R_{90}>15\%$ . Топливо № 24 – типа экибастузского.

**Задача № 22**

Полный расход кузнецкого угля (№ 24) на котел  $B=52,94$  т/ч. Восемь ГПО с размером амбразуры  $1,03 \times 0,52$  м смонтированы в два яруса. Размеры топки в плане  $a_m=9,52$  м,  $b_m=9,68$  м, расстояние между ярусами горелок  $h_{гп}=2,535$  м. Выполнить проверку работы ЗАГ по  $q_E$ ,  $q_{Eгп}$  и  $q_{1,2}$ . Принять  $q_{4T}=8\%$  и  $R_{90}>15\%$ . Топливо № 24 – типа экибастузского.

**Задача № 17**

Котел рассчитан на сжигание  $50,1$  т/ч каменного угля в режиме ТШУ. Известно, что  $Q_{вг}=4190$  ккал/кг, объемное количество влажной смеси за СМС с прямым вдуванием  $V_{вв,см}=1,87$  м<sup>3</sup>/кг, расход вторичного воздуха на котел  $G_2=154$  м<sup>3</sup>/с. Принять  $m=0,3$  и рассчитать диаметры каналов горелок ГПЛ, если  $\tau_{гор}=8$ .

**Задача № 24**

Котел рассчитан на сжигание  $50,2$  т/ч каменного угля в режиме ТШУ. Известно, что  $Q_{вг}=4190$  ккал/кг, и  $V^0=4,96$  нм<sup>3</sup>/кг. Он оборудован пылесистемами с прямым вдуванием и воздушной сушкой. Из расчета пылесистемы известны  $g_1=1,54$  кг/кг,  $\Delta W=0,077$  кг/кг,  $t_2=120^\circ\text{C}$ ,  $K_{гор}=0$ . Температура горячего воздуха  $335^\circ\text{C}$ ,  $\alpha_t=1,2$ ,  $\Delta\alpha_t=0,02$ . Принять  $m=0,3$  и рассчитать диаметры каналов горелок ГПЛ, если  $\tau_{гор}=8$ .

8.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1.ИД-4 Что такое тепловое напряжение сечения топки?

Ответы:

1. Это отношение тепловой мощности топки к ее поперечному сечению.
2. Это произведение полного расхода топлива на теплоту его сгорания, деленное на площадь поперечного сечения.
3. Это  $Q$  топки деленное на  $F$  топки.

Верный ответ: Это отношение тепловой мощности топки к ее поперечному сечению.

2.ИД-4 Почему ограничивается тепловое напряжение объема топки?

Ответы:

1. По условиям полноты выгорания топлива. Чем ниже реакционная способность, тем меньше должно быть тепловое напряжение объема.
2. Чтобы топливо лучше выгорало.
3. Чтобы снизить недожог топлива.

Верный ответ: По условиям полноты выгорания топлива. Чем ниже реакционная способность, тем меньше должно быть тепловое напряжение объема.

3.ИД-4 Почему ограничивается температура на выходе из зоны активного горения (ЗАГ) на нагрузке 100 %?

Ответы:

1. Она ограничивается по условию отсутствия шлакования экранов в ЗАГ.
2. Чтобы экраны в ЗАГ не шлаковались.
3. Чтобы не было шлакования.

Верный ответ: Она ограничивается по условию отсутствия шлакования экранов в ЗАГ.

4.ИД-4 В каких случаях обычно применяют тангенциальную компоновку горелок?

Ответы:

На котлах паропроизводительностью не менее 210 т/ч, при сжигании шлакующего твердого топлива.

На мощных котлах, когда надо избежать шлакование экранов в ЗАГ.

На котлах энергоблоков, чтобы не было шлакования.

Верный ответ: На котлах паропроизводительностью не менее 210 т/ч, при сжигании шлакующего твердого топлива.

5.ИД-4 Почему ограничивается тепловое напряжение сечения топки при сжигании твердого топлива?

Ответы:

По условиям отсутствия шлакования экранов в зоне активного горения, в зависимости от вида топлива и способа компоновки горелок.

Чтобы не было шлакования экранов.

Чтобы экраны ЗАГ не шлаковались.

Верный ответ: По условиям отсутствия шлакования экранов в зоне активного горения, в зависимости от вида топлива и способа компоновки горелок.

6.ИД-4 Какие основные факторы влияют на выбор числа ярусов горелок?

Ответы:

Способ шлакоудаления и тепловая мощность топки.

Способ шлакоудаления и паропроизводительность.

Шлакоудаление и D.

Верный ответ: Способ шлакоудаления и тепловая мощность топки.

## **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 экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО" выставляется, если не выполнены условия для получения оценки "УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО".

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

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

**Для курсового проекта/работы:**

**1 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

Защита проходит в комиссии из 2-3 преподавателей. Как правило, в комиссию входит консультант защищающегося студента. Сначала студент делает сообщение продолжительностью около 5 минут об основных решениях, принятых при выполнении проекта и обосновывает их. Затем члены комиссии задают ему вопросы по чертежам, содержанию РПЗ, а также вопросы, связанные с работой оборудования, рассмотренного в курсовом проекте. Примерный список вопросов изложен в "Технология сжигания органического топлива: методические рекомендации к курсовому проекту / В.М. Супранов, М.А. Изюмов. – М.: Издательство МЭИ, 2015.", студенты могут подготовиться заранее. После того, как защитились все студенты, попавшие в данную комиссию, члены комиссии обсуждают ответы, совещаются и коллегиально выставляют оценки, загружают их в БАРС, а затем объявляют оценки студентам.

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

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему расчёты, оформившему расчётно-пояснительную записку и листы графической части, ответившему на 75% вопросов комиссии и подтвердившему, что он владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения технических задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 63*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему расчёты, оформившему расчётно-пояснительную записку и листы графической части. Допускаются незначительные ошибки в РПЗ, в графической части. Студент должен ответить на 75% вопросов комиссии с незначительными ошибками или на 50 % без ошибок.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, допустившему ошибки при выполнении расчётов, не оформившему расчётно-пояснительную записку в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации. На листе графической части могут быть ошибки, но не фатальные, т.е. работоспособность должна быть обеспечена. Допускается ответ на 50% вопросов комиссии без ошибок.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не обеспечил работоспособности объектов проектирования; б) ответил менее чем на 50% вопросов комиссии; в) допустил грубые ошибки в выполнении расчетов или графической части.

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

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о бально-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

#### **2 семестр**

#### **Форма проведения: Защита КП/КР**

##### **I. Процедура защиты КП/КР**

Защита проходит в комиссии из 2-3 преподавателей. Как правило, в комиссию входит консультант защищаемого студента. Сначала студент делает сообщение продолжительностью около 5 минут об основных решениях, принятых при выполнении проекта и обосновывает их. Затем члены комиссии задают ему вопросы по чертежам, содержанию РПЗ, а также вопросы, связанные с работой оборудования, рассмотренного в курсовом проекте. Примерный список вопросов изложен в "Технология сжигания органического топлива: методические рекомендации к курсовому проекту / В.М. Супранов, М.А. Изюмов. – М.: Издательство МЭИ, 2015.", студенты могут подготовиться заранее. После того, как защитились все студенты, попавшие в данную комиссию, члены комиссии обсуждают ответы, совещаются и коллегиально выставляют оценки, загружают их в БАРС, а затем объявляют оценки студентам.

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

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему расчёты, оформившему расчётно-пояснительную записку и листы графической части, ответившему на 75% вопросов комиссии и подтвердившему, что он владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения технических задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 63*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему расчёты, оформившему расчётно-пояснительную записку и листы графической части. Допускаются незначительные ошибки в РПЗ, в графической части. Студент должен ответить на 75% вопросов комиссии с незначительными ошибками или на 50 % без ошибок.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, допустившему ошибки при выполнении расчётов, не оформившему расчётно-пояснительную записку в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации. На листе графической части могут быть ошибки, но не фатальные, т.е. работоспособность должна быть обеспечена. Допускается ответ на 50% вопросов комиссии без ошибок.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не обеспечил работоспособности объектов проектирования; б) ответил менее чем на 50% вопросов комиссии; в) допустил грубые ошибки в выполнении расчетов или графической части.

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

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о бально-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».