

**Приложение 2 к РПД Паровые котлы и тепловые агрегаты тепловых станций  
16.03.01 Техническая физика  
Направленность (профиль) «Теплофизика»  
Форма обучения – заочная  
Год набора - 2015**

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**1. Общие сведения**

1.	Кафедра	Физики, биологии и инженерных технологий
2.	Направление подготовки	16.03.01 Техническая физика
3.	Направленность (профиль)	Теплофизика
4.	Дисциплина (модуль)	Паровые котлы и тепловые агрегаты тепловых станций
5.	Форма обучения	заочная
6.	Год набора	2015

**2. Перечень компетенций**

- способность использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-1);
- готовность обосновывать принятие технических решений при разработке технологических процессов и изделий с учетом экономических и экологических требований (ПК-12).

### 3. Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности и компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
Классификация и типы паровых котлов	ОПК-1; ПК-12		производить расчёты тепловых процессов,	теоретическими знаниями по основам тепловой работы паровых котлов и тепловых агрегатов тепловых и атомных станций.	групповая дискуссия
Термодинамические основы работы тепловых печей	ОПК-1; ПК-12	внутрикотловые процессы: гидродинамику рабочей среды в поверхностях нагрева и связанный с ней температурный режим труб	производить расчёты тепловых процессов,		Решение задач
Типовые режимы тепловой работы печей	ОПК-1; ПК-12		производить расчёты тепловых процессов,	теоретическими знаниями по основам тепловой работы паровых котлов и тепловых агрегатов тепловых и атомных станций.	Доклад
Теплотехнические основы автоматизации печей	ОПК-1; ПК-12	внутрикотловые процессы: водно-химические режимы барабанных и прямоточных котлов, коррозию и закономерности отложения примесей на внутренней поверхности труб	производить расчёты тепловых процессов,		Доклад
Тепловые циклы паротурбинных установок	ОПК-1; ПК-12		производить расчёты тепловых процессов,	теоретическими знаниями по основам тепловой работы паровых котлов и тепловых агрегатов тепловых и атомных станций.	Решение задач
Конденсационные установки паровых турбин	ОПК-1; ПК-12	классификацию топливных и электрических печей по определяющему	производить расчёты тепловых процессов,	теоретическими знаниями по основам тепловой работы паровых котлов и тепловых агрегатов	Решение задач

		виду теплотехнического процесса		тепловых и атомных станций.	
--	--	---------------------------------------	--	--------------------------------	--

## 4. Критерии и шкалы оценивания

### 4.1 Решение задач

**20 баллов** выставляется, если студент решил все рекомендованные задачи, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

**15 баллов** выставляется, если студент решил не менее 85% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

**10 баллов** выставляется, если студент решил не менее 65% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

**5 баллов** - если студент выполнил менее 50% задания, и/или неверно указал варианты решения.

### 4.2 Критерии оценки доклада

Баллы	Характеристики ответа студента
20	<ul style="list-style-type: none"><li>- студент глубоко и всесторонне усвоил проблему;</li><li>- уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li><li>- опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью;</li><li>- умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li><li>- делает выводы и обобщения;</li><li>- свободно владеет понятиями</li></ul>
15	<ul style="list-style-type: none"><li>- студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы;</li><li>- не допускает существенных неточностей;</li><li>- увязывает усвоенные знания с практической деятельностью;</li><li>- аргументирует научные положения;</li><li>- делает выводы и обобщения;</li><li>- владеет системой основных понятий</li></ul>
10	<ul style="list-style-type: none"><li>- тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент освоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы;</li><li>- допускает несущественные ошибки и неточности;</li><li>- испытывает затруднения в практическом применении знаний;</li><li>- слабо аргументирует научные положения;</li><li>- затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li><li>- частично владеет системой понятий</li></ul>
5	<ul style="list-style-type: none"><li>- студент не усвоил значительной части проблемы;</li><li>- допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее;</li><li>- испытывает трудности в практическом применении знаний;</li><li>- не может аргументировать научные положения;</li><li>- не формулирует выводов и обобщений;</li><li>- не владеет понятийным аппаратом</li></ul>

### 4.3 Групповая дискуссия (устные обсуждения проблемы или ситуации)

Критерии оценивания	Баллы
---------------------	-------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• обучающийся ориентируется в проблеме обсуждения, грамотно высказывает и обосновывает свои суждения, владеет профессиональной терминологией, осознанно применяет теоретические знания, материал излагает логично, грамотно, без ошибок;</li> <li>• при ответе студент демонстрирует связь теории с практикой.</li> </ul>	<b>20</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• обучающийся грамотно излагает материал; ориентируется в проблеме обсуждения, владеет профессиональной терминологией, осознанно применяет теоретические знания, но содержание и форма ответа имеют отдельные неточности;</li> <li>• ответ правильный, полный, с незначительными неточностями или недостаточно полный.</li> </ul>	<b>10</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• обучающийся не участвовал в дискуссии</li> </ul>	<b>0</b>

#### 4.4 Подготовка опорного конспекта

Подготовка материалов опорного конспекта является эффективным инструментом систематизации полученных студентом знаний в процессе изучения дисциплины.

Составление опорного конспекта представляет собой вид внеаудиторной самостоятельной работы студента по созданию краткой информационной структуры, обобщающей и отражающей суть материала лекции, темы учебника. Опорный конспект призван выделить главные объекты изучения, дать им краткую характеристику, используя символы, отразить связь с другими элементами. Основная цель опорного конспекта – облегчить запоминание. В его составлении используются различные базовые понятия, термины, знаки (символы) — опорные сигналы. Опорный конспект может быть представлен системой взаимосвязанных геометрических фигур, содержащих блоки концентрированной информации в виде ступенек логической лестницы; рисунка с дополнительными элементами и др.

<b>Критерии оценки опорного конспекта</b>	<b>Максимальное количество баллов</b>
- подготовка материалов опорного конспекта по изучаемым темам дисциплины только в текстовой форме;	<b>5</b>
- подготовка материалов опорного конспекта по изучаемым темам дисциплины в текстовой форме, которая сопровождается схемами, табличной информацией, графиками, выделением основных мыслей с помощью цветов, подчеркиваний.	<b>10</b>

## **5 Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **5.1 Примерный перечень вопросов к зачету:**

1. Классификация котлов. Простейший цилиндрический и водотрубные котлы.
2. Конструкция прямоточных и барабанных паровых котлов.
3. Основные элементы типового парового котла.
4. Тепловая эффективность энергоблока ТЭС.
5. Повышение тепловой экономичности ТЭС.
6. Паровые котлы с естественной циркуляцией.
7. Определение кратности циркуляции.
8. Паровые котлы с принудительной циркуляцией.
9. Прямоточный паровой котел. Устройство.
10. Принцип работы прямоточного парового котла.
11. Надежность работы котлов.
12. Котельная установка.
13. Работа газоздушного тракта котла.
14. Определение величины самотяги.
15. Варианты работы газоздушных трактов котлов.
16. Совместная работа воздушного и газового трактов котла.
17. Тепловосприятие поверхностей нагрева.
18. Конструкции топочных экранов.
19. Вертикальные топочные экраны котлов с естественной циркуляцией.
20. Топочные экраны прямоточных котлов.
21. Специальные конструкции экранов.
22. Виды пароперегревателей.
23. Компоновка пароперегревателей.
24. Водяные экономайзеры.
25. Воздухоподогреватели.
26. Основы кинетики химических реакций.
27. Закон действующих масс.
28. Закон Аррениуса.
29. Энергия активации.
30. Горение газового топлива.
31. Горение твердого топлива.
32. Горение жидкого топлива.
33. Расчет энтальпий продуктов сгорания.
34. Температурный и тепловой режимы.
35. Тепловой баланс.
36. Термодинамические принципы анализа и конструирования печей.
37. Внешний и внутренний теплообмен при фазовых превращениях в материалах.
38. Внешний и внутренний теплообмен при нагреве твердых материалов в печах-теплообменниках.
39. Классификация. Печи-теплообменники.
40. Печи-теплогенераторы.
41. Холодное ограждение.
42. Горячее ограждение – футеровка.
43. Конструктивные особенности футеровок печей.
44. Основные узлы и конструкция паровой турбины.
45. Термодинамический цикл теплосиловой установки.

46. Влияние параметров пара на КПД идеального цикла.
47. Принципиальные тепловые схемы современных паротурбинных установок.
48. Тепловые схемы турбинных установок АЭС.
49. Классификация турбин.
50. Основные уравнения для потока сжимаемой жидкости.
51. Основные характеристики и параметры потоков в каналах.
52. Преобразование энергии в турбинной ступени.
53. Устройство паровой турбины.
54. Конструкции мощных теплофикационных турбин.
55. Конструкции мощных конденсационных турбин.
56. Конструкции мощных турбин для АЭС.

### 5.2 Примерная тематика докладов:

1. Виды и состав топлив.
2. Твердое и жидкое органическое топливо.
3. Классификация состава твердого топлива.
4. Характеристика структуры котельных топлив.
5. Теплота сгорания топлива.
6. Общие технические характеристики топлив.
7. Характеристики твердого топлива.
8. Характеристики мазута.
9. Характеристики природного газа.
10. Размолоспособность топлива.
11. Тонкость размола пыли.
12. Затраты энергии на размол топлива.
13. Характеристика угольной пыли.
14. Виды топочных устройств.
15. Конструирование топочной камеры.
16. Топочные камеры и горелки для сжигания твердых топлив.
17. Организация твердого шлакоудаления.
18. Горелочные устройства.
19. Автоматизация печей-теплообменников.
20. Автоматизация печей-теплогенераторов.
21. Принципиальная схема конденсационной установки. Устройство конденсатора.
22. Тепловые процессы в конденсаторе.
23. Тепловой баланс конденсатора.
24. Тепловой расчет конденсатора.
25. Конструкции конденсаторов.
26. Основы эксплуатации конденсационных установок.

### 5.3 Примеры решения задач:

**Пример 1.** Два паровых котла - прямоточный и барабанный с естественной циркуляцией (ЕЦ) - имеют одинаковую тепловую мощность и давление перегретого пара  $P_{п.п} = 13,8$  МПа. Будет ли одинаковым давление питательной воды на входе в указанные котлы, если принять одинаковыми потери давления в экономайзерах и пароперегревателях этих котлов?

Решение

1. Перепад давления в водопаровом тракте котла с естественной циркуляцией определяется потерями давления в экономайзерном и пароперегревательном тракте

$$\Delta p_{\text{нх}}^{\text{сч}} = \Delta p_{\text{зк}} + \Delta p_{\text{не}} = (0,05 + 0,13) p_{\text{нх}} = 2,48 \text{ МПа.}$$

Тогда давление питательной воды

$$p_{\text{н.е}}^{\text{сч}} = p_{\text{нх}} + \Delta p_{\text{нх}}^{\text{сч}} = 13,8 + 2,48 = 16,28 \text{ МПа.}$$

2. Перепад давления в тракте прямооточного котла дополняется сопротивлением топочных экранов

$$\Delta p_{\text{нх}}^{\text{сп}} = \Delta p_{\text{зк}} + \Delta p_{\text{жз}} + \Delta p_{\text{не}} = (0,05 + 0,1 + 0,13) p_{\text{нх}} = 3,86 \text{ МПа}$$

Давление питательной воды  $p^{\text{пр.п.в}} = 13,8 + 3,86 = 17,66 \text{ МПа}$ . Давление воды после питательного насоса прямооточного котла должно быть больше, чем на барабанном котле, на 1,38 МПа или на 8,48%.

**Пример 2.** Для котла с принудительной циркуляцией, работающего при давлении  $p_{\text{п.п}} = 13,8 \text{ МПа}$ , сравнить затраты электрической мощности на привод питательного насоса и насоса принудительной циркуляции (НПЦ) при кратности циркуляции  $k_{\text{ц}} = 6$ .

Решение

1. Мощность, потребляемая насосом, МВт,

$$N = G_{\text{в}} v_{\text{в}} \Delta p_{\text{н}} / \eta_{\text{н}}$$

где  $G_{\text{в}}$  - массовый расход воды, кг/с;  $v_{\text{в}}$  - удельный объем воды, м<sup>3</sup>/кг;  $\Delta p_{\text{н}}$  - давление, развиваемое насосом, МПа;  $\eta_{\text{н}} = 0,85$  - КПД насоса и электропривода.

Повышение давления в питательном насосе  $\Delta p_{\text{н}} = 16,28 - 0,7 = 15,58 \text{ МПа}$ , где 0,7 МПа - давление воды перед насосом. Удельный объем воды при температуре 120°C  $v_{\text{в}} = 1,06 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$ . Для насоса принудительной циркуляции  $\Delta p_{\text{НПЦ}} = 0,2 \text{ МПа}$ , удельный объем кипящей воды при давлении 15,5 МПа  $v' = 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$ , расход воды  $G_{\text{нпцв}} = 6G_{\text{в}}$ .

2. При равенстве КПД насосов (принимая) отношение мощностей привода насоса принудительной циркуляции и питательного насоса

$$N_{\text{нпц}} / N_{\text{пн}} = (6 \cdot 1,67 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2) / (1,06 \cdot 10^{-3} \cdot 15,58) = 0,12$$

Таким образом, затраты энергии на насос принудительной циркуляции составляют 12% от потребления энергии питательным насосом. При обычной для котла с естественной циркуляцией кратности  $k_{\text{ц}} = 20$  на насос с принудительной циркуляцией тратилось бы 40% энергии от питательного насоса.

**Пример 3.** Котельный агрегат с уравновешенной тягой оборудован дымососом, который преодолевает сопротивление  $\Delta p_{\text{ка}} = 1500 \text{ Па}$  при расходе дымовых газов  $V_{\text{д}} = 40 \text{ м}^3/\text{с}$ . При реконструкции в конвективной шахте котла установлена дополнительная поверхность нагрева воздухоподогревателя, которая увеличивает полное сопротивление котла на 400 Па. Как возрастет требуемая мощность дымососа?

Решение.

1. Мощность электродвигателя дымососа до реконструкции



$$N_d' = V_d \cdot \Delta p_{ка} / \eta_d = 40 \cdot 1500 / 0,85 = 70588 \text{ Вт} = 70,6 \text{ кВт.}$$

2. Требуемая мощность электродвигателя дымососа после реконструкции при сохранении расхода  $V_d = 40 \text{ м}^3/\text{с}$

$$N_d'' = 40 \cdot 1900 / 0,85 = 89412 \text{ Вт} = 89,412 \text{ кВт.}$$

3. Мощность электродвигателя дымососа должна возрасти в

$$N_d'' / N_d' = 1900 / 1500 = 1,266 \text{ раза или на } 26,6\%.$$

**Пример 4.** При лабораторных исследованиях получен элементный состав кузнецкого угля марки СС на горючую массу  $C^Г = 84,0\%$ ,  $H^Г = 4,5\%$ ,  $N^Г = 2,0\%$ ,  $O^Г = 9\%$ ,  $S^Г = 0,5\%$ .

Влажность и зольность топлива при его анализе составили:

$W^P = 12\%$ ,  $A^P = 11,4\%$ . Определить состав рабочей массы топлива.

Решение

Определим коэффициент пересчета с горючей массы на рабочую:

$$k_{г-р} = \frac{100 - W^P - A^P}{100} = \frac{100 - 12,0 - 11,4}{100} = 0,766.$$

Тогда  $C^P = C^Г k_{г-р} = 84,0 \cdot 0,766 = 64,34\%$ ; аналогично по другим составляющим:  $H^P = 3,45\%$ ,  $N^P = 1,53\%$ ,  $O^P = 6,9\%$ ,  $S^P = 0,38\%$ .

Проверим суммарный состав рабочей массы

$$C^P + H^P + O^P + N^P + S^P + A^P + W^P = 64,34 + 3,45 + 6,9 + 1,53 + 0,38 + 11,4 + 12,0 = 100 \text{ \%}.$$

**Пример 5.** Для того же состава угля известно  $Q_{Н}^Г = 7332,2 \text{ ккал/кг}$  в технической системе единиц. Определить теплоту сгорания рабочей массы  $Q_{Н}^P$  в международной системе единиц (СИ).

Решение

Переведем значение теплоты сгорания  $Q_{Н}^Г$  в систему СИ. Исходя из соотношения  $1 \text{ ккал} = 4,187 \text{ кДж}$ , получаем

$$Q_{Н}^Г = 7332,2 \cdot 4,187 = 30\,700 \text{ кДж/кг} = 30,7 \text{ МДж/кг.}$$

По формуле (3.8) значение теплоты сгорания составит

$$Q_{Н}^P = 30700 \frac{100 - (11,4 + 12,0)}{100} - 25 \cdot 12,0 = 23216 \text{ кДж/кг}$$

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

16.03.01 Техническая физика

Направленность (профиль) – Теплофизика

(код, направление, профиль)

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП		Б1.В.ОД.13					
Дисциплина		Паровые котлы и тепловые агрегаты тепловых станций					
Курс	4	семестр	7, 8				
Кафедра		Физики, биологии и инженерных технологий					
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность		Шумилов О.И., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры физики, биологии и инженерных технологий					
Общ. трудоемкость <sub>час/ЗЕТ</sub>		72/2	Кол-во семестров	2	Форма контроля	зачет	
ЛК <sub>общ./тек. сем.</sub>	10/10	ПР/СМ <sub>общ./тек. сем.</sub>	12/12	ЛБ <sub>общ./тек. сем.</sub>	-/-	СРС <sub>общ./тек. сем.</sub>	46/46

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

(код, наименование)

- способность использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-1);
- готовность обосновывать принятие технических решений при разработке технологических процессов и изделий с учетом экономических и экологических требований (ПК-12).

Код формируемой компетенции	Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
<b>Вводный блок</b>				
Не предусмотрен				
<b>Основной блок</b>				
ОПК-1; ПК-12	Доклад	1	20	В течение семестра
ОПК-1; ПК-12	Решение задач	1	20	В течение семестра
ОПК-1; ПК-12	Групповая дискуссия	1	20	В течение семестра
<b>Всего:</b>			<b>60</b>	
ОПК-1; ПК-12	Зачет	Вопрос 1	20	По расписанию
		Вопрос 2	20	
<b>Всего:</b>			<b>40</b>	
<b>Итого:</b>			<b>100</b>	
<b>Дополнительный блок</b>				
ОПК-1; ПК-12	Создание опорного конспекта		<b>10</b>	По согласованию с преподавателем

Шкала оценивания в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.