Консультация №2 по курсовой работе

Дисциплина «Экологически безопасные технологии на ТЭС»

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ПГУ-ТЭС

Макаревич Елена Владимировна,
к.т.н., доцент каф. «Тепловые электрические станции»
E-mail:iufemia@mail.ru , MakarevichYV@mpei.ru
Олейникова Евгения Николаевна,
к.т.н., доцент каф. «Тепловые электрические станции»
E-mail:OleynikovaYN@mpei..ru

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ

1. тепловая схема промышленно-отопительной ГТУ-ТЭЦ;
2. уравнения тепловых балансов для поверхностей котла-утилизатора;
3. построение Q-t диаграммы процессов теплообмена одноконтурного котла-утилизатора.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ

Оформление курсовой работы ведется в соответствии с требованиями, предъявляемыми к технической документации:

1. ГОСТ 7.32 – 2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
2. ГОСТ 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам
3. ГОСТ 8.417 – 81 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы физических величин

В тексте работы обязательно должны быть три приведенных ниже таблицы, прочие таблицы приводятся при необходимости .

Таблица 1.1 – Результаты теплового расчета котла-утилизатора

Поверхность	Температура дымовых газов, °С		Температура воды/пара, °С		Тепловой поток, МВт
	вход	выход	вход	выход	
ПЕ					
…					

НЕОБХОДИМЫЕ ЧЕРТЕЖИ И РИСУНКИ

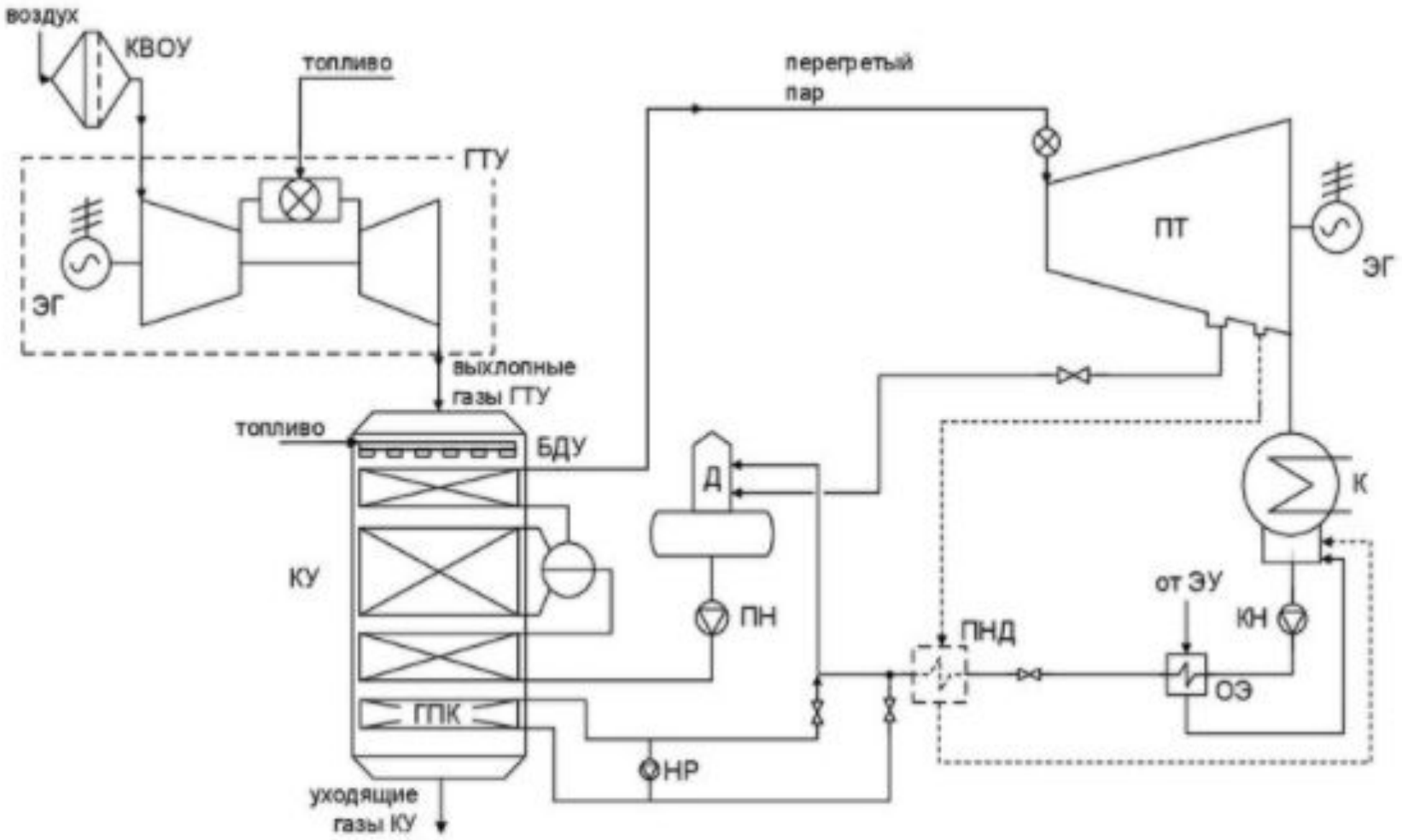
Необходимые рисунки в тексте записки

1. Принципиальная тепловая схема ПГУ-ТЭС
2. «Q-t» диаграмма КУ
3. Процесс расширения пара в ПТ в h-S диаграмме

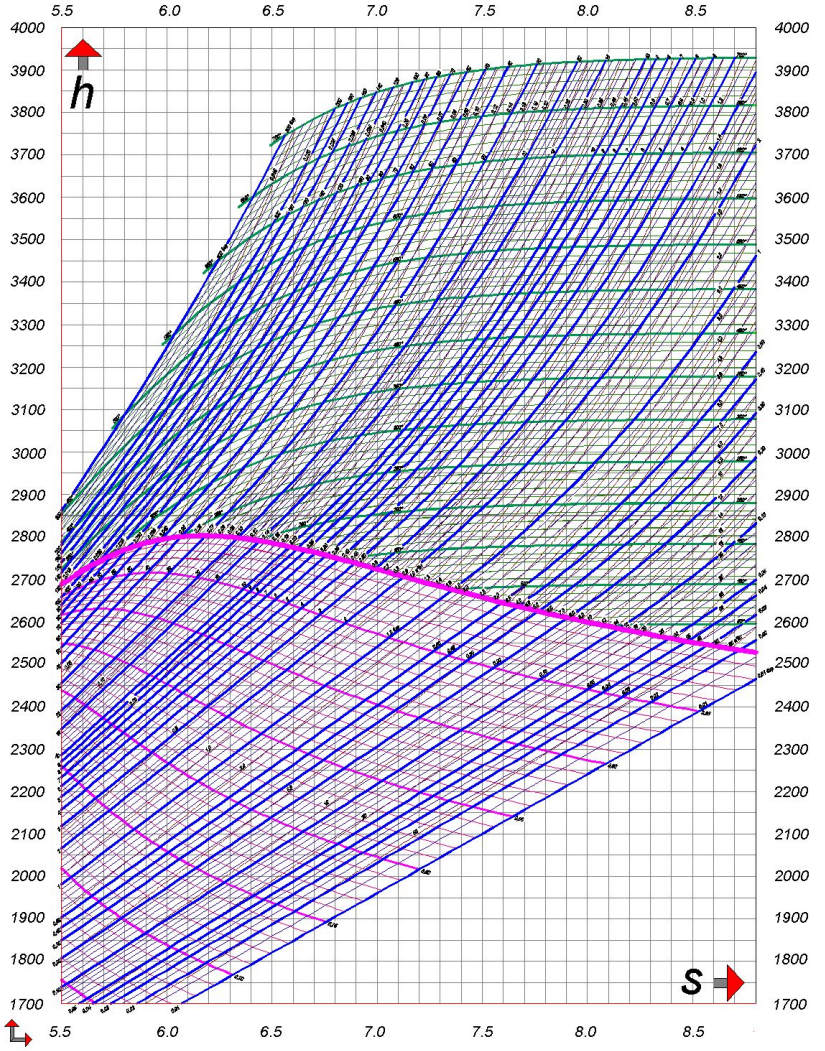
(при необходимости)

Чертежи - А3

1. Принципиальная тепловая схема ПГУ-ТЭС (рисунок 1.1+ таблица 1.2)
2. Основные результаты расчета (рисунок 1.2, таблица 1.1, рисунок 1.3)


воздух
КВОУ
топливо
ГТУ
ЭГ
выхлопные
газы ГТУ
топливо
БДУ
КУ
ГПК
уходящие
газы КУ
перегретый
пар
Д
ПН
НР
ПТ
ЭГ
К
от ЭУ
ПНД
КН
ОЭ

h, s - диаграмма
воды и водяного пара



Энтальпия (h), кДж/кг

Энтропия (s), кДж/(кг·К)

x=1

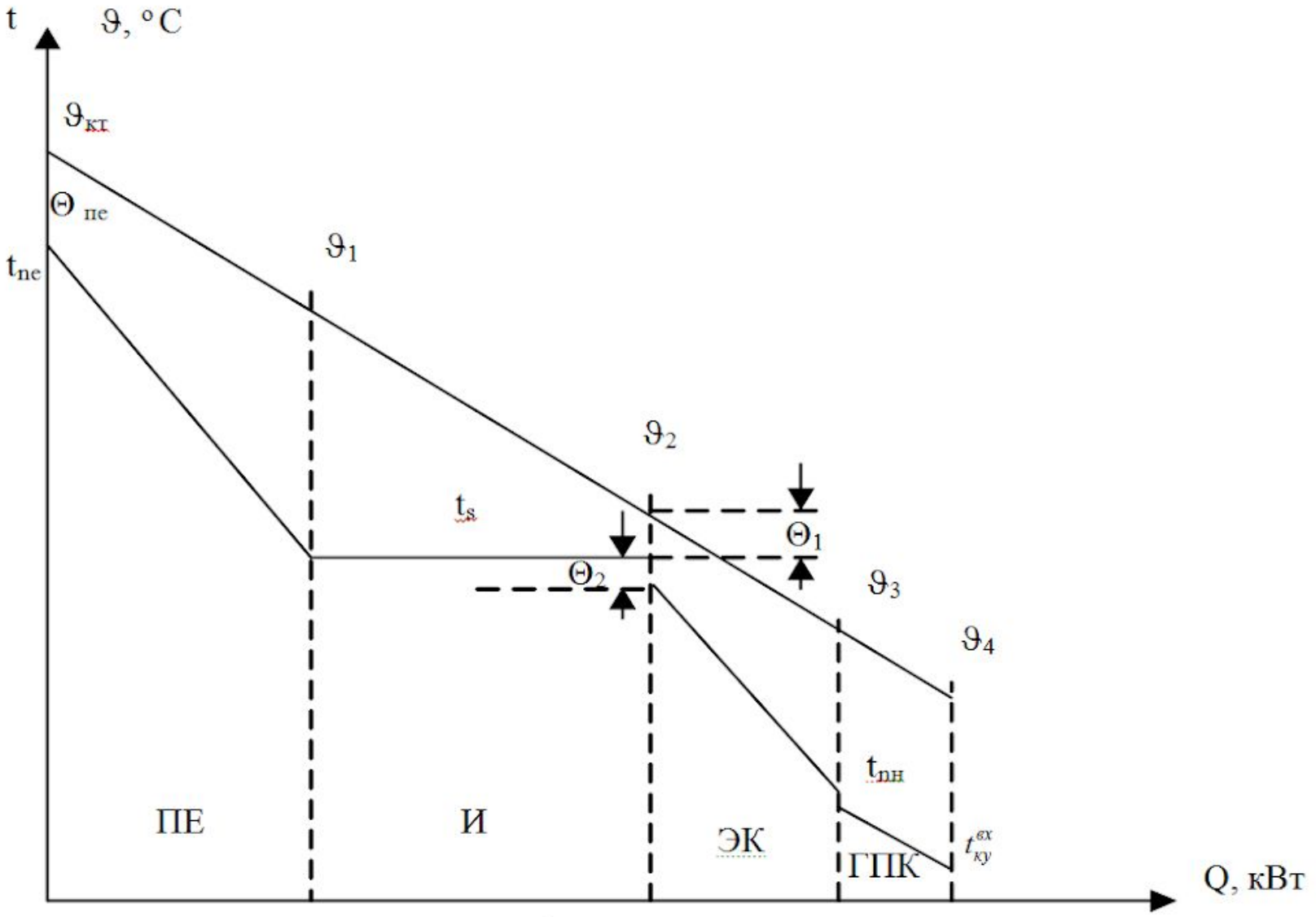
Степень сухости

Изотермы

Изохоры

Изобары

Q-T ДИАГРАММА 1-КОНТУРНОЙ ПГУ-ТЭС



Предусмотреть установку ГВТО !!!

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА

1. Для любой из поверхностей нагрева котла-утилизатора (пароперегревателя, испарителя и т.д.) можно записать уравнение количества теплоты, передаваемой выхлопными газами ГТУ пароводяному рабочему телу:

$$Q_i = G_{КТ} \times \Delta h_{Г,i} \times \varphi = D_{ПВ,i} \times \Delta h_{ПВ,i} = k_i \times F_i \times \Delta t_{СР,i}^{ЛОГ}$$

$G_{КТ}$

$D_{ПВ,i}$ – расходы газов за ГТУ и пароводяного рабочего тела, кг/с;

$\Delta h_{ПВ,i}$

$\Delta h_{Г,i}$ – разности энтальпий, соответственно, газов и пароводяного рабочего тела, кДж/кг;

k_i – средний коэффициент теплопередачи в «*i*-й» поверхности нагрева, [кВт/м^{2}К];

F_i – площадь «*i*-й» поверхности нагрева, м^2;

$\Delta t_{СР,i}^{ЛОГ}$ – среднелогарифмический температурный напор в «*i*-й» поверхности нагрева, градус;

φ – коэффициент сохранения теплоты в КУ (φ = 0,994 ÷ **0,996).**

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ

Уравнения тепловых балансов парогенерирующей части котла-утилизатора

ПЕ $$G_{КУ}\left(h_{КД}-h_1\right)\times\varphi = D_{ПЕ}\times\left(h_{ПЕ}-h_{Б}^{II}\right)=Q_{ПЕ}$$

И $$G_{КУ}\times\left(h_1-h_2\right)\times\varphi = D_{ПЕ}\times\left(h_{Б}^{II}-h_{ЭК}^{вых}\right)=Q_{И}$$

ЭК $$G_{КУ}\times\left(h_2-h_3\right)\times\varphi = D_{ПЕ}\times\left(h_{ЭК}^{вых}-h_{ПН}\right)=Q_{ЭК}$$

Основные допущения и ограничения:

1. гидравлическое сопротивление пароперегревателя, что позволяет определить температуру насыщения в барабане котла-утилизатора, принимаем 0,2-0,4 МПа : $\Delta p_{ПЕ}^{Г}=p_{Б}-p_{ПЕ}$
2. задаемся температурным напором на «горячем» конце пароперегревателя (по исходным данным) $\Theta_{ПЕ}=\vartheta_{КД}-t_{ПЕ}=20\div50\ ^0C$
3. задаемся температурным напором на «холодном конце испарителя» : $\Theta_1=\vartheta_2-t_{Н}^{Б}=8\div16\ ^0C$
4. задаемся некоторым запасом по температуре воды за экономайзером (защита от вскипания жидкости) $\Theta_2=t_{Н}^{Б}-t_{ЭК}^{II}=8\div16\ ^0C$

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ

Расход пара, определяем из соотношения (без учета продувки из барабана):

$$D_{\text{ПЕ}} = \frac{G_{\text{КУ}} \times \left(h_{\text{КД}} - h_2\right) \times \varphi}{h_{\text{ПЕ}} - h_{\text{ЭК}}^{``}}$$

Уравнения теплового баланса ГПК

$$G_{\text{КУ}} \times \left(h_3 - h_4\right) \times \varphi = \left(D_{\text{ПЕ}} - D_{Д}\right) \times \left(h_{ГПК}^{вых} - h_{\text{КУ}}^{\text{вх}}\right) = Q_{ГПК}$$

Уравнения теплового баланса ГВТО

$$G_{\text{КУ}} \times \left(h_4 - h_{\text{УХ}}\right) \times \varphi = G_{СВ} \times \left(h_{\text{ПС}} - h_{\text{КУ}}^{\text{ВХ}}\right) = Q_{\text{ГВТО}}$$

Из уравнения теплового баланса рассчитываем расход сетевой воды

Материальный баланс деаэратора (продувкой барабана котла-утилизатора пренебрегаем):

$$D_{\text{ПЕ}} = D_{Д} + D_{ГПК}$$

Тепловой баланс деаэратора: $D_{\text{ПЕ}} \times h_{\text{Д}}^{`} = D_{\text{Д}} \times h_{\text{ОТБ}} + (D_{\text{ПЕ}} - D_{Д}) \times h_{ГПК}^{вых}$

Расход на рециркуляцию:

$$(D_к + D_{рец}) h_{ГПК}^{вх} = D_{рец} h_{ГПК}^{вых} + D_к h_к$$

$$G_{рец} = \frac{D_к (h_{ГПК}^{вх} - h_к)}{h_{ГПК}^{вых} - h_{ГПК}^{вх}}$$

ОРГАНИЗАЦИЯ ПИТАНИЯ ДЕАЭРАТОРА

Питание контуров тепловой схемы осуществляется деаэрированной водой с содержанием кислорода O_2 < 10 мкг/кг. Деаэрацию можно осуществить в конденсаторе, деаэраторе питательной воды или в обоих этих элементах тепловой схемы.

Возможны несколько технических решений:

- создается водяной деаэраторный контур (испаритель деаэратора), где вырабатывается определенное количество пара. Давление в контуре определяется тепловой нагрузкой этого испарителя в зависимости от расхода и температуры газов перед ним. Работа деаэратора на пароводяной смеси может создать определенные трудности, что отражается на его конструкции;
- питание паром деаэратора из магистрали пара низкого давления;
- питание паром из отбора паровой турбины, что может снизить экономичность ПГУ.

ТРЕБОВАНИЯ К КОТЛАМ-УТИЛИЗАТОРАМ

К котлу-утилизатору предъявляются следующие требования:

1. Безопасность и надежность;
2. Получение номинальной паропроизводительности всех контуров, требуемых параметров пара и его качества;
3. Высокие маневренные характеристики;
4. Экологическая безопасность.

КУ поставляется блоками заводского изготовления. Котел-утилизатор оснащается системами контроля технологических параметров, защит и блокировок, автоматического регулирования, необходимыми для оперативного управления, безопасной эксплуатации и экономичной работы.

Рабочий диапазон изменения нагрузки КУ соответствует диапазону нагрузок ГТУ 100-30% от номинальной. Изменение нагрузки КУ достигается изменением расхода топлива и воздуха в ГТУ. При этом изменяется расход и температура газов на входе в КУ.

Обшивка КУ должна быть покрыта теплоизоляцией. При температуре наружного воздуха 25 °С температура наружной поверхности котла должна быть не выше 45 °С.

Конструкция поставочных блоков КУ проверена расчетом на прочность и обеспечивает безопасность погрузочно-разгрузочных работ.

КЛАССИФИКАЦИЯ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ

а) конструктивные схемы КУ

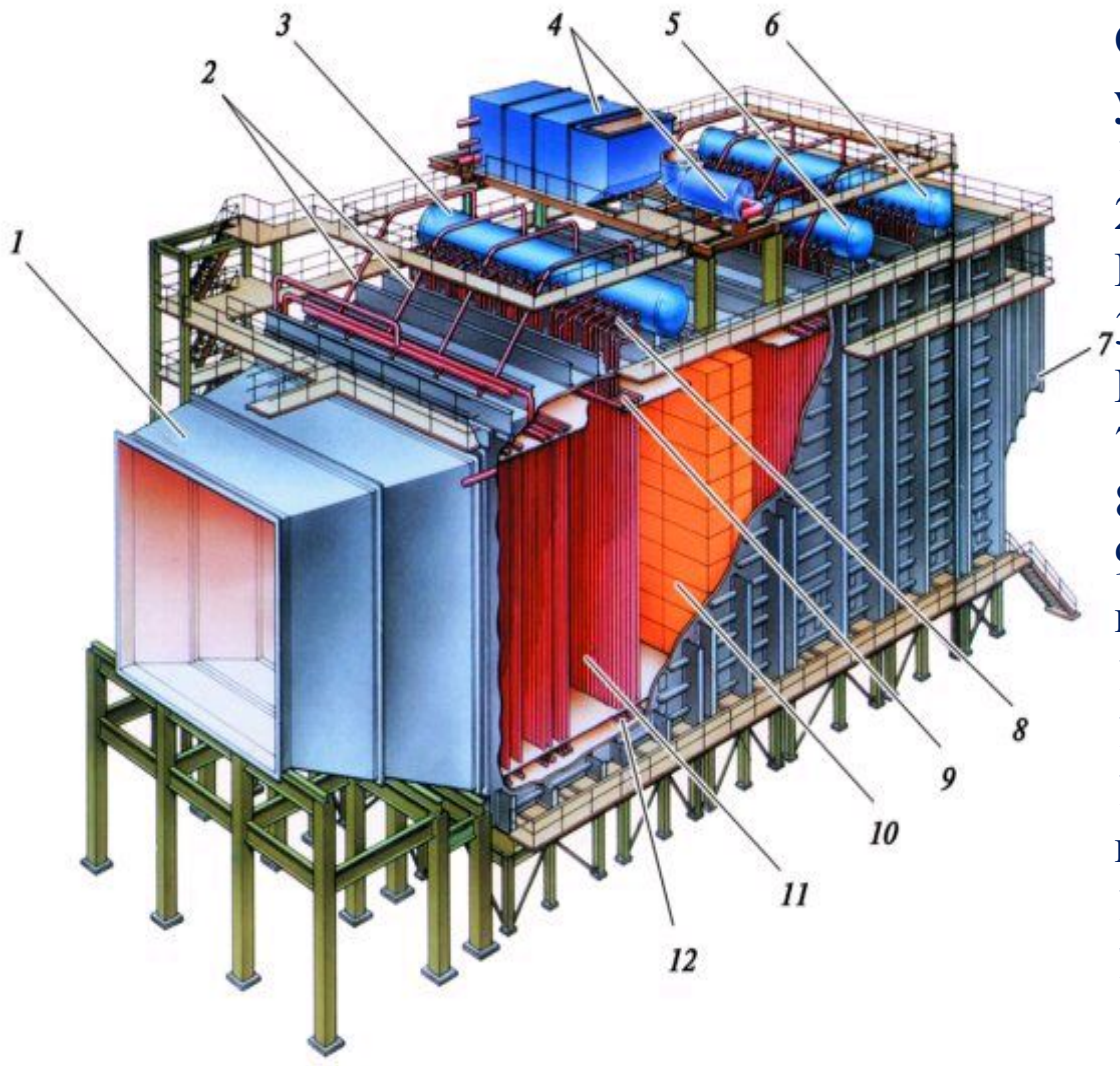
- горизонтальной или вертикальной конструкции;
- с естественной или принудительной циркуляцией – барабанные; прямоточные;
- паровые или водяные;
- КУ с дожиганием топлива.

б) примеры конструктивных схем КУ

Элементы поверхностей нагрева КУ ПГУ

а – наружное оребрение труб; б – крепление труб шахматного трубного пучка

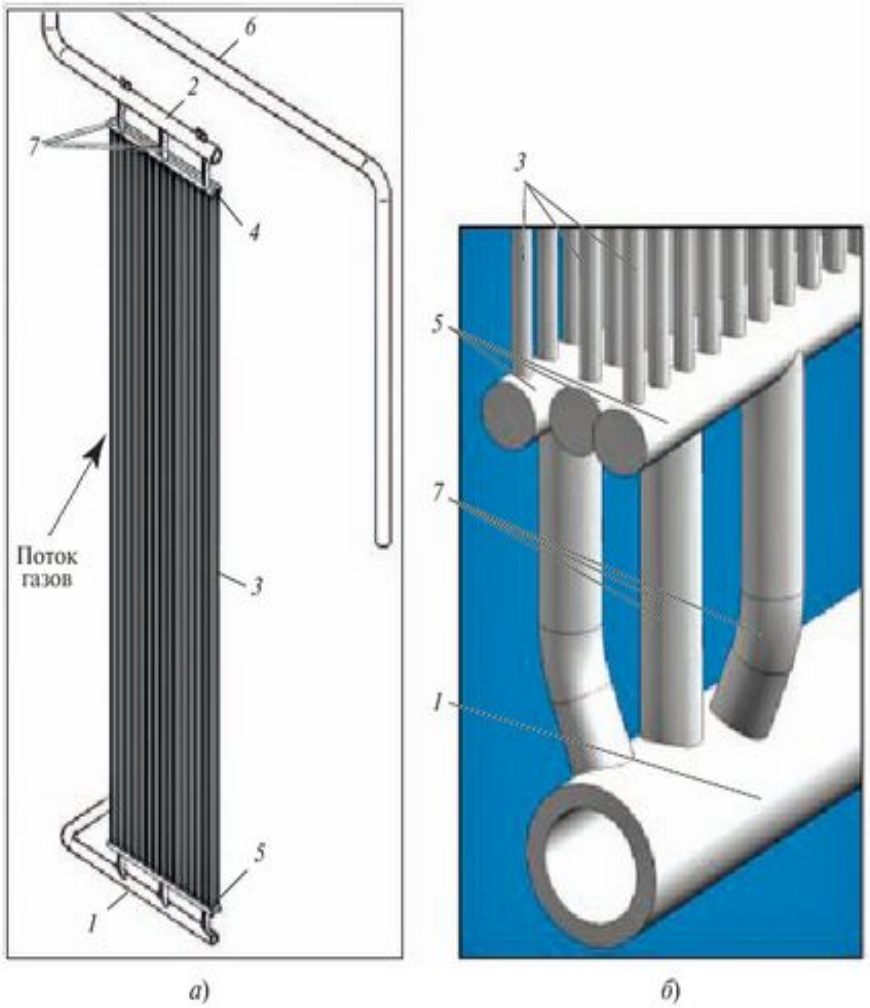
ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ КОТЕЛ-УТИЛИЗАТОР



Общий вид трехконтурного котла-утилизатора фирмы Тошиба:

1 – входной диффузор газохода;
2 – трубы, направляющие пар в ППВД;
3,5,6 – соответственно, БВД, БСД и БНД;
7 – выходной конфузор газохода;
8 – трубная система испарителя;
9 – коллекторы испарительных труб контура ВД;
10 – каталитический реактор;
11 –ИВД;
12 –нижние коллекторы труб поверхностей нагрева;
13 –нижний «теплый ящик»;
14 –колонны каркаса

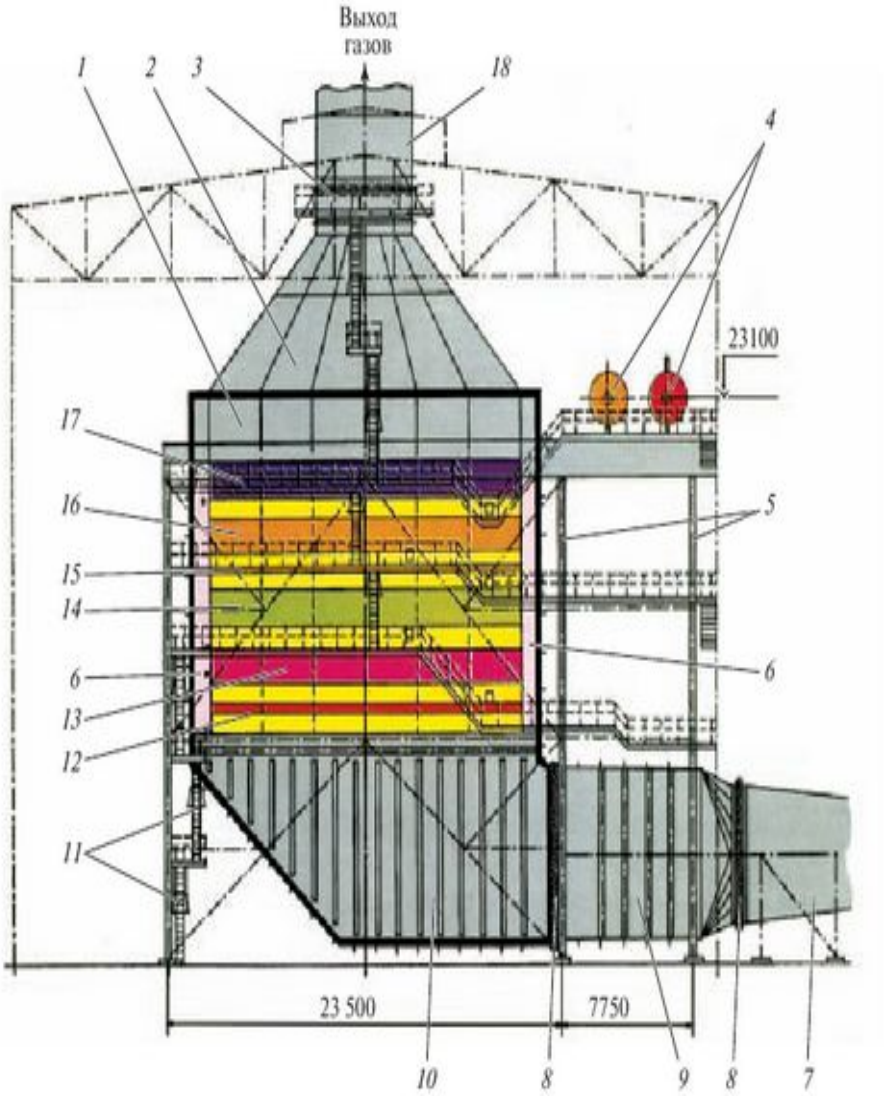
ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА



Конструкция последней секции ПП ВД горизонтального котла-утилизатора с однорядными трубными системами теплообменных труб:

а – общий вид пароперегревателя;
б – фрагмент нижней части;
1 – нижний коллектор поставочного блока;
2 – верхний коллектор поставочного блока;
3 – теплообменные трубы;
4,5 – собирающий и раздающий коллекторы трубной системы;
6 – паропровод пара ВД;
7 – перепускные трубы.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ КОТЕЛ-УТИЛИЗАТОР



Разрез котла-утилизатора

1 – основной газоход КУ;
2 – конфузор;
3 – шибер;
4 – барабаны;
5 – колонны каркаса;
6 – «теплый ящик»;
7 – выходной диффузор ГТУ;
8 – компенсаторы;
9 – входной газоход КУ;
10 – поворотный короб;
11 – лестничные марши;
12 – ППВД;
13 – ИВД;
14 – ЭВД;
15 – ППНД;
16 – ИНД;
17 – ГПК;
18 – выходной газоход

ТРЕБОВАНИЯ К КОТЛАМ-УТИЛИЗАТОРАМ

Конструкция КУ и его элементов, а также применяемые материалы соответствуют требованиям Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов.

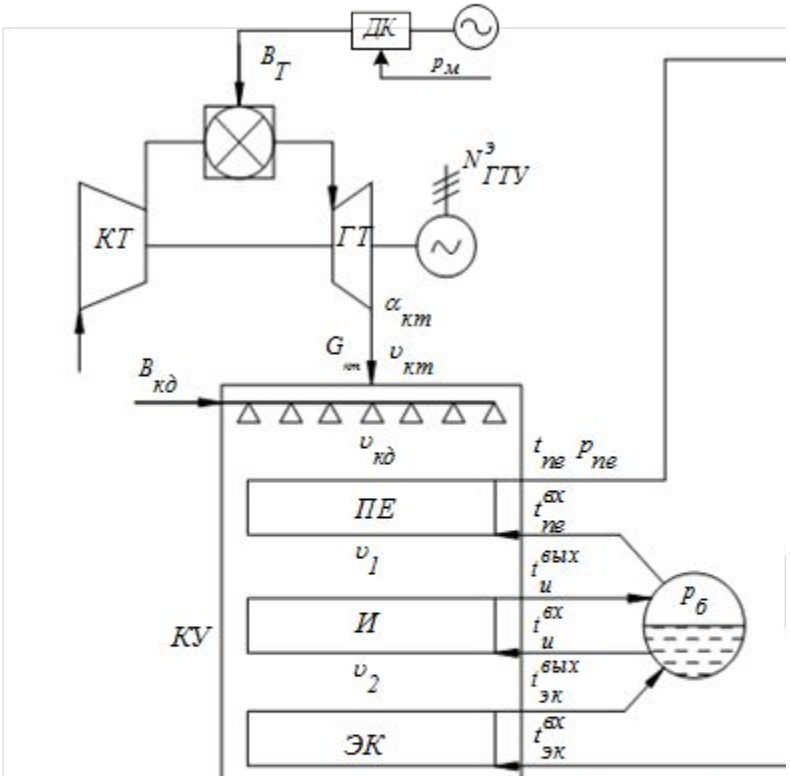
Расчетный ресурс работающих под давлением элементов котла-утилизатора с расчетной температурой, соответствующей области ползучести, не менее:
-150000 часов - для труб поверхности нагрева и выходных коллекторов пароперегревателя высокого давления;
-200000 часов - для остальных элементов.

Расчетный срок службы котла-утилизатора - 40 лет.
Средняя наработка на отказ - 6600 ч.
Срок службы между капитальными ремонтами - 6 лет.
Коэффициент готовности - 98%.

Для обеспечения требований надежности и долговечности в зависимости от температуры газов, поступающих в пароперегреватель, его выполняют из жаропрочных низколегированных или хромистых сталей. Остальные теплообменные поверхности, как правило, выполняют из качественных углеродистых сталей.

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КАМЕРЫ ДОЖИГАНИЯ

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КАМЕРЫ ДОЖИГАНИЯ



Температура продуктов сгорания за КД $\vartheta_{дож}$

В первом приближении избыток воздуха в КД

$$\alpha_{кд} = \alpha_{кт} \qquad h_{кд} = \frac{\mu h}{\mu_г}\left[\frac{кДж}{кг}\right]$$

Уравнение теплового баланса КД:

$$G_{кт} \cdot h_{кт} + B_{кд} \cdot Q^p_н \cdot \eta_{кд} = (G_{кт} + B_{кд}) \cdot h_{кд}$$

Расход топлива на дожигание (1 приближение):

$$B_{кд} = G_{кт} \cdot \frac{h_{кд} - h_{кт}}{Q^p_н \cdot \eta_{кд} - h_{кд}}, \left[кг/с\right]$$

Уточнение коэффициента избытка воздуха за КД:

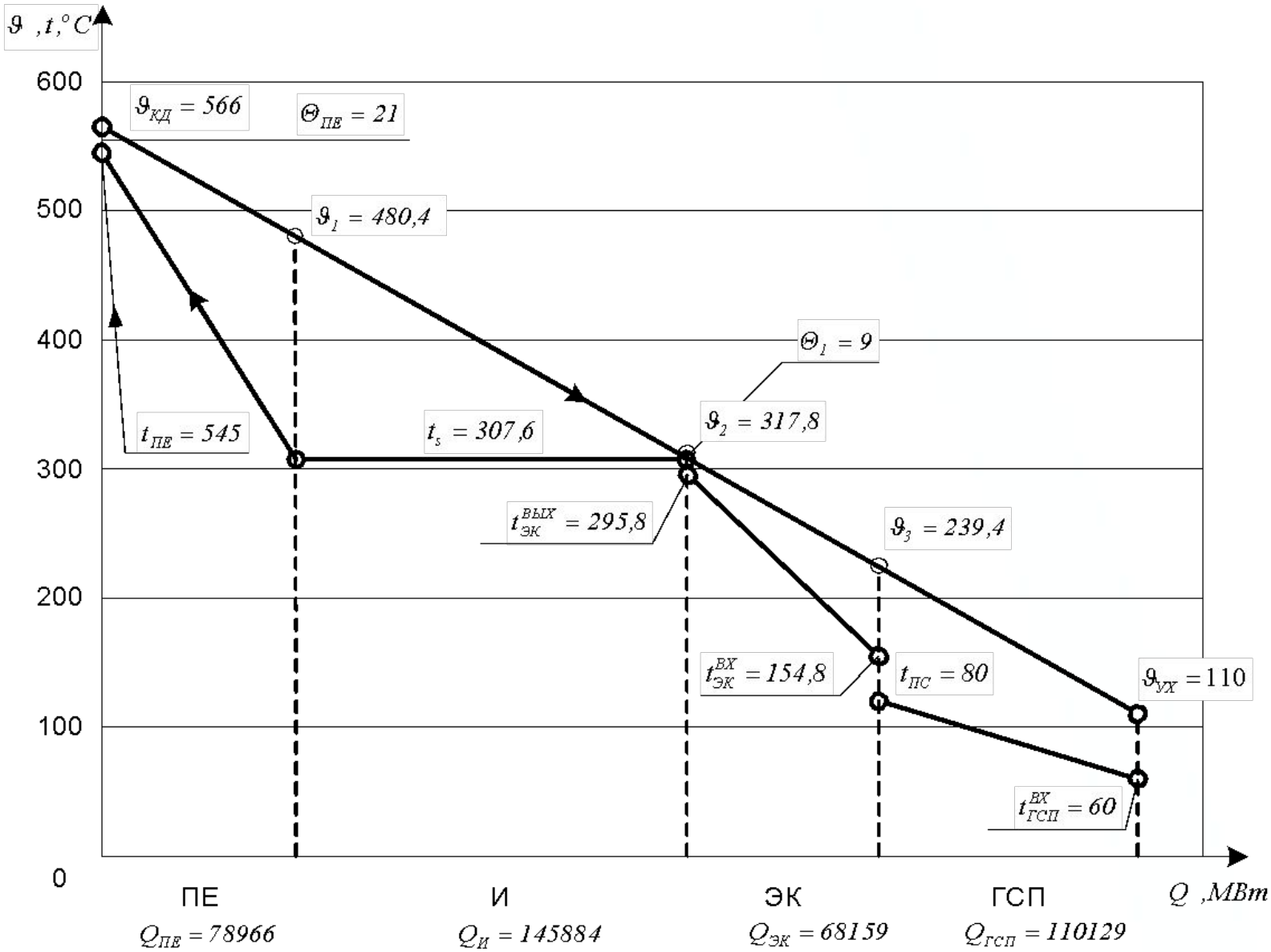
$$\alpha_{кд} = \frac{G_{кт} \cdot \alpha_{кт}}{G_{кт} + B_{кд} \cdot (1 + \alpha_{кт} \cdot L_0)}$$

Пересчет объемного состава продуктов сгорания, параметра β и молекулярной массы продуктов сгорания . Уточнение расхода топлива на дожигание!

Расход продуктов сгорания в котле утилизаторе после камеры дожигания:

$$G_{ку} = G_{кт} + B_{кд}, \left[кг/с\right]$$

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КАМЕРЫ ДОЖИГАНИЯ



ЗАДАНИЕ К СЛЕДУЮЩЕМУ ЗАНЯТИЮ

1. Выполнить расчет тепловых балансов элементов КУ с составлением Q,T – диаграммы теплообмена. Совместить эти расчеты с тепловым и материальным балансами деаэратора;
2. Заполнить таблицу 1.1 (Результаты теплового расчета КУ) и составить Q-t диаграмму.