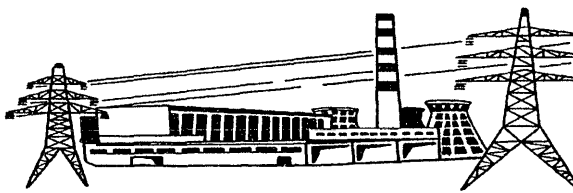
РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ "ЕЭС РОССИИ"

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ ОРЕБРЕННЫХ ЭКОНОМАЙЗЕРОВ И ИХ ЗОЛОЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ

РД 153-34.1-26.519-98



СПО

ОРГРЭС
Москва 2000

gost.e-ecolog.ru

Разработано Открытым акционерным обществом "Уральский теплотехнический научно-исследовательский институт" (УралВТИ)

Исполнители *А.А. ВАСИЛЬЕВ, В.И. ДОМБРОВСКИЙ, М.И. МАРТЫНЫЧЕВ, В.А. ПЕТРОВ*

Утверждено Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО "ЕЭС России" 23.01.98 г.

Первый заместитель начальника *А.П. БЕРСЕНЕВ*

© СПО ОРГРЭС, 2000

УДК 621.181.02

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ ОРЕБРЕННЫХ ЭКОНОМАЙЗЕРОВ И ИХ ЗОЛОЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ

РД 153-34.1-26.519-98

Срок действия установлен
с 01.07.98
до 01.07.03

Настоящий руководящий документ (РД) распространяется на водяные экономайзеры стационарных паровых котлов с поперечным спирально-ленточным оребрением и устанавливает для них методы расчета золового износа, срока службы и максимально допустимой скорости газов при заданном сроке службы. РД содержит рекомендации по проектированию экономайзеров из оребренных труб и их устройств золозащиты.

РД предназначен для предприятий и организаций, занимающихся проектированием, изготовлением, ремонтом и эксплуатацией паровых котлов.

I. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$y_{макс}$ – максимальное значение наибольшей глубины золового износа труб в пучке, мм.

$y_{макс}^{доп}$ – максимальное значение наибольшей допустимой глубины золового износа труб в пучке, мм.

R_{90} – остаток золы на сите 90 мкм, %.

a_T – коэффициент абразивности золы при R_{90} = 20%, кг/Дж.

a – коэффициент абразивности золы при R_{90}, не равном 20%, кг/Дж.

K_H – максимальная величина комплексного коэффициента неравномерностей полей скоростей газов, концентраций и фракционного состава золы на выходе из поворотной камеры котла при П- и Т-образной компоновке.

$\mu_{зол}$ – средняя концентрация золы в газах, г/м^3.

W_2 – средняя скорость газов в суженном сечении пучка труб при температуре на входе, м/с.

W_2^H – средняя скорость газов в суженном сечении пучка труб при температуре на входе при номинальной нагрузке котла, м/с.

$W^{н}_{г\,макс}$ – максимально допустимая скорость газов при номинальной нагрузке котла, м/с.

τ – время работы экономайзера, ч.

$\tau_{рес}$ – ресурс работы экономайзера, ч.

$\tau^{н}_{рес}$ – нормативный ресурс работы экономайзера, ч.

$d_н$ – наружный диаметр труб, мм(м).

δ – толщина стенки труб, мм(м).

$h_{р\delta}$ – высота ребра, мм(м).

$S_{р\delta}$ – шаг ребер, мм(м)

$\delta_{р\delta}$ – толщина ребра, мм(м)

$D_1 = d_н + 2h_{р\delta}$ – диаметр оребрения, мм(м).

S_1 – поперечный шаг труб, мм(м).

S_2 – продольный шаг труб, мм(м).

$\bar{\sigma}_1$ – относительный поперечный шаг труб.

$\bar{\sigma}_2$ – относительный продольный шаг труб.

K_h – коэффициент, учитывающий увеличение износа труб при высоте ребра более 10 мм.

$K_{\bar{\sigma}_2}$ – коэффициент, учитывающий увеличение износа при $\bar{\sigma}_2$ менее 1,9.

C – эмпирический коэффициент в формуле для расчета $\mathcal{J}_{макс}$.

K_w – отношение расчетной скорости газов при номинальной нагрузке котла к скорости при среднеэксплуатационной нагрузке.

$A^{р}$ – зольность угля на рабочую массу топлива, %.

$a_{ун}$ – доля золы топлива, уносимой газами.

$V_г$ – объем дымовых газов при нормальных физических условиях, приходящихся на 1 кг топлива, $м^3/кг$.

$\vartheta_г$ – температура газов на входе в пучок труб, ^0C.

M – коэффициент истираемости металла труб.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

РД основывается на стендовых исследованиях золового износа труб со спирально-ленточным оребрением в шахматных и коридорных пучках, а также аэродинамики золозащитных устройств гибов змеевиков. Производились измерения глубин износов труб со спирально-ленточным оребрением экономайзера, отработавшего 134 тыс.ч.

На котлах исследовались неравномерности полей скоростей газов, концентраций и фракционного состава золы в конвективных шахтах.

До сих пор отсутствуют нормативные методы расчета износа труб со спирально-ленточным оребрением. При разработке методики расчета золового износа оребренных труб использовались общие принципы построения формулы расчета износа гладкотрубных шахматных пучков труб Норм теплового расчета котельных агрегатов.

3. РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ НАИБОЛЬШЕЙ ГЛУБИНЫ ЗОЛОВОГО ИЗНОСА СПИРАЛЬНО-ОРЕБРЕННЫХ ТРУБ В ПУЧКЕ

3.I. Основные уравнения

3.I.I. При отсутствии сведений о фракционном составе золы максимальное значение наибольшей глубины золового износа пучка спирально-оребренных труб приближенно определяется по формуле, полученной при $R_{90} = 20\%$.

$$\mathcal{J}_{макс} = c\, K_н\, K_h\, K_{б_2}\, M\, a_т\, \mu_{зол}\, W_г^3\, \tau \quad \text{мм}. \quad (I)$$

Значения $\mu_{зол}$ и $W_г$ определяются по температуре газов на входе в пучок.

Комплексный коэффициент неравномерности $K_н$ равен I,7.

3.I.2. При известной величине R'_{90} $\mathcal{J}_{макс}$ определяется по формуле

$$\mathcal{J}_{макс} = c\, K_н\, K_h\, K_{б_2}\, M\, a\, \mu_{зол}\, W_г^3\, \tau \quad \text{мм}. \quad (2)$$

Коэффициент $K_н = I,7$.

3.2. Коэффициенты c, K_h и $K_{б_2}$

Значения коэффициентов c, K_h и $K_{б_2}$ в зависимости от типа пучка, $h_{рб}$, $б_2$ и формы ребра приведены в табл.I.

Таблица I

Тип пучка	$h_{рб}$	Форма ребра	$б_1$	$б_2$	c	K_h	$K_{б_2}$
Шахматный	I0	Прямые	≥3,3	I,9	0,077	I	I
	I0	"	≥3,5	I,5	0,077	I	I,3
	I5	"	≥3,6	I,9	0,077	I,5	I
	I5	Подогнутые с боков	≥3,0	I,8	0,077	I,I	I
Коридорный	I0	Прямые	I,88	I,88	0,0I0	I	I
	I0	"	I,88	3,28	0,025	I	I
	I0	"	3,I3	I,88	0,0I6	I	I

Допускается интерполяция и в небольших пределах экстраполяция величин коэффициентов.

Коэффициент истираемости материала труб M принят для Ст20 равным единице.

3.3. Коэффициент абразивности золы

Для основных углей коэффициенты абразивности золы при $R_{90} = 20\%$ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Месторождение	Коэффициент абразивности $a_т \cdot 10^9$, кг/Дж
Экибастузское	22
Куучекинское	17,3
Бикинское	17
Подмосковное	15
Воркутинское	11,3
Чихезское	11
Гусиноозерское	11
Челябинское	9,3
Ангренское	8
Кизеловское	8
Кузнецкое (СС)	8
Львов-Волынское	6
Эстонские сланцы	6
Богословское	5,1
Березовское	5
Ирша-Бородинское	3

Коэффициент абразивности золы a при R^i_{90}, не равных 20%, определяется по формуле

$$a = a_т \left[1 + 0{,}03 \left(R^i_{90} - 20\right)\right]. \qquad (3)$$

3.4. Концентрация золы в газах

Концентрация золы в газах рассчитывается по формуле

$$\mu_{зол} = \frac{10\, A^p\, a_{ун}}{V_г} \cdot \frac{273}{\vartheta^г_г + 273} \quad г/м^3. \qquad (4)$$

4. РАСЧЕТ РЕСУРСА РАБОТЫ ОРЕБРЕННОГО ЭКОНОМАЙЗЕРА И МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫХ СКОРОСТЕЙ ГАЗОВ

4.1. Расчетные формулы

4.1.1. Расчет ресурса работы оребренного экономайзера при использовании формулы (I) производится по формуле

$$\tau_{рес} = \frac{\mathcal{J}^{доп}_{макс}}{c\, K_н\, K_h\, K_{б_2}\, M\, a_т\, \mu_{зол}\, W_2^3} \quad ч. \qquad (5)$$

4.1.2. Расчет ресурса работы оребренного экономайзера при использовании формулы (2) производится по формуле

$$\tau_{рес} = \frac{\mathcal{J}^{доп}_{макс}}{c\, K_н\, K_h\, K_{б_2}\, M\, a\, \mu_{зол}\, W_2^3} \quad ч. \qquad (6)$$

4.1.3. Расчет максимально допустимой скорости газов в оребренном экономайзере при использовании формулы (I) производится по формуле

$$W^{доп}_{2макс} = K_{\partial} \sqrt[3]{\frac{\mathcal{J}^{доп}_{макс}}{c\, K_н\, K_h\, K_{б_2}\, M\, a_т\, \mu_{зол}\, \tau^н_{рес}}} \quad м/с. \qquad (7)$$

4.1.4. Расчет максимально допустимой скорости газов в оребренном экономайзере при использовании формулы (2) производится по формуле

$$W^{доп}_{2макс} = K_{\partial} \sqrt{\frac{\mathcal{J}^{доп}_{макс}}{c\, K_н\, K_h\, K_{б_2}\, M\, a\, \mu_{зол}\, \tau^н_{рес}}} \quad м/с. \qquad (8)$$

4.2. Коэффициенты формул (5), (6), (7) и (8)

Значения коэффициентов c, $K_н$ и $K_{б_2}$ принимаются по табл.I, значения коэффициента абразивности $a_т$ – по табл.2 и рассчитываются по формуле (3).

4.3. Максимальное значение наибольшей допустимой глубины золового износа труб

Величина $\mathcal{J}^{доп}_{макс}$ определяется в зависимости от первоначальной толщины и минимально допустимой остаточной толщины стенки труб, определяемой по Нормам расчета котлов на прочность (ОСТ I08.03I.08–85, ОСТ I08.03I.09–85).

4.4. Нормативный срок службы оребренных экономайзеров (нормативный ресурс)

Нормативным ресурсом $\tau^н_{рес}$ следует считать I30000ч работы экономайзера.

4.5. Коэффициент K_{∂}

Коэффициент K_{∂} принимается равным I,2.

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

5.I. Для экономайзеров со спирально-ленточным оребрением труб могут применяться пучки как с шахматным, так и с коридорным расположением труб.

Выбор типа пучка должен производиться на основе технико-экономических расчетов при равных значениях нормативного ресурса.

5.2. Конструкция стоек змеевиков оребренного экономайзера должна обеспечивать точную ранжировку труб в поперечных рядах и змеевиках, особенно в коридорных пучках.

5.3. В I-х ступенях экономайзеров со спирально-ленточным оребрением рекомендуется применение подогнутых с боков ребер высотой I5 мм.

5.4. Высоту прямых ребер для труб диаметром 32 и 42 мм рекомендуется делать не более I0 мм.

5.5. Минимальный поперечный шаг труб в шахматном пучке определяется при прямых ребрах диаметром оребрения, а при подогнутых ребрах - расстоянием между наружными поверхностями подогнутых ребер и конструкцией стоек змеевиков. Увеличение поперечного шага труб при прямых ребрах оправдано только при необходимости снижения скорости при заданных габаритах газохода.

Минимальный поперечный шаг оребренных труб в коридорных пучках определяется диаметром оребрений прямых ребер или расстоянием между наружными поверхностями подогнутых ребер и конструкцией стоек змеевиков.

5.6. В шахматных пучках оребренных труб не рекомендуется относительный продольный шаг менее I,8.

5.7. В коридорных пучках оребренных труб в качестве оптимального рекомендуется относительный продольный шаг, равный 2,5.

5.8. Для уменьшения доли неоребренных участков змеевиков и упрощения устройств золозащиты рекомендуется использование оребренных гибов, изготавливаемых по технологии ЗиО.

Для уменьшения золового износа ребер гибов вплотную к ним необходимо устанавливать вертикальную стенку. Неоребренные участки контактных стыков следует защищать накладками-манжетами.

5.9. В качестве приоритетной рекомендуется золозащита из накладок-манжет. Вплотную к ним на гибах необходимо устанавливать стенки.

5.10. Рекомендуется применение в качестве групповой золозащиты гибов и прилегающих оголенных прямых участков труб дырчатых решеток с коэффициентом живого сечения 0,45-0,50.

В центральной части газохода решетки ставить на входе, выходе и посредине пучка. У боковых стенок газохода решетки устанавливать после первых двух продольных рядов в шахматном пучке, и в коридорном - после первого ряда, перед последними двумя рядами в шахматном пучке и перед последним рядом в коридорном пучке, а также посредине каждого из пучков.

5.11. Для исключения повышенного золового износа крайних змеевиков просвет между ребрами и стенками делать минимальным. В качестве кардинального решения рекомендуется навешивание на крайние змеевики металлических листов.

5.12. Конструкция пакетов змеевиков должна допускать разборку оребренного экономайзера без повреждений для повторного использования змеевиков путем поворота их на 180^{0}.

Перечень нормативно-технических документов, на которые имеются ссылки в РД "Методические указания по оптимизации конструкций оребренных экономайзеров и их золозащитных устройств"

Обозначения НТД	Наименование НТД	Пункт, в котором имеется ссылка	Организация - разработчик НТД
	Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод), изд.2-е, перераб. - М.: Энергия, 1973	2	ЦКТИ, ВТИ
ОСТ 108.031.08-85 ОСТ 108.031.09-85	Котлы стационарные и трубопроводы пара и горячей воды. Нормы расчета на прочность	4.3	Министерство энергетического машиностроения, ЦКТИ

gost.e-ecolog.ru