

Тепловые потери

Теплота, выделившаяся в результате горения топлива в топке, полностью использована быть не может. Часть теплоты теряется, тем самым снижается основная характеристика котла — экономичность его работы. Главной задачей при проектировании и эксплуатации котла является повышение его эффективности посредством снижения потерь теплоты. Различают следующие тепловые потери, отнесенные к 1 кг сжигаемого топлива и выраженные в процентах:

$$Q_{\text{пот}} = Q_1 + \sum Q_{\text{пот}}$$

где $Q_{\text{пот}}$ — количество теплоты, подведенной к паровому котлу, кДж/кг;

Q_1 — полезно использованная теплота, кДж/кг;

$Q_{\text{пот}}$ — тепловые потери, кДж/кг

тепловые потери:

- 1) с уходящими газами,
- 2) от химической неполноты горения,
- 3) от механической неполноты горения
- 4) в окружающую среду.

Потеря теплоты с уходящими газами q_2 .

Энтальпия I_{yx} — это количество теплоты в килоджоулях на кило-грамм, которым располагают продукты сгорания топлива массой 1 кг.

$$q_2 = \frac{Q_2}{Q_H^P} 100 = \frac{I_{\text{yx}} - Q_{\text{ф.в.}} - Q_{\text{ф.т.}}}{Q_H^P} 100$$

где Q_2 - потерянная с уходящими газами теплота

$Q_{\text{ф.в.}}$ - физическая теплота воздуха

$Q_{\text{ф.т.}}$ - физическая теплота топлива

Способы снижения:

1. Установкой экономайзеров и воздухоподогревателей и применением совершенных топочных устройств, обеспечивающих горение при малом коэффициенте избытка воздуха.
2. Регулярная очистка поверхностей нагрева от сажи и накипи ухудшает теплообмен между газами и нагреваемой средой, в результате чего значительная часть теплоты газов уносится в атмосферу.

Снижение температуры отходящих газов ограничивается температурой конденсации паров серной кислоты 125—130°С.

В главных котлах она составляет 2-7%, а во вспомогательных значительно выше.

Потеря теплоты от химической неполноты горения q_3

Потеря определяется содержанием в уходящих газах продуктов неполного сгорания топлива (СО, водород Н₂, метан СН₄)

Химический состав уходящих газов определяют с помощью газоанализаторов. Причины неполного сгорания:

- 1) недостаток или подаваемого воздуха;
- 2) некачественный распыл топлива

$$q_3 = M\alpha\text{CO}, \quad (3)$$

где M - коэффициент, равный 3,14-3,3; меньшие значения M соответствуют более низкому коэффициенту избытка воздуха α .

Потеря теплоты от механической неполноты горения q_4

У котлов, работающих на жидком топливе, при их правильной технической эксплуатации потери q_4 практически нет и ее не учитывают ($q_4=0$). При сжигании жидкого топлива потеря может возникнуть лишь при плохом распыливании мазута, больших отклонениях коэффициента избытка воздуха от оптимального значения, неправильной эксплуатации котла, что проявляется в виде отложений сажи и коксообразования.

Потеря теплоты в окружающую среду через наружные поверхности q_5 .

Потеря зависит от размеров котла, компоновки воздушных трактов, обшивки и качества изоляции.

Потеря составляет примерно для главных котлов - 0,5—1%, для вспомогательных - 2—2,5% и выше.

Коэффициент полезного действия

Основное уравнение теплового баланса для котлов, работающих на жидком топливе

$$Q_{\text{H}}^{\text{P}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_5$$

Умножив обе части уравнения на $100/Q_{\text{H}}^{\text{P}}$, получим:

$$100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_5 \quad (6)$$

Величина $q_1 = (Q_1/Q_H^P)100$ представляет собой коэффициент полезного действия η_k котла, т. е. отношение полезно использованной теплоты к низшей теплоте сгорания топлива, выраженное в процентах,

$$\eta_k = 100 - (q_2 + q_3 + q_5)$$

Рассмотренный способ определения КПД котла называется методом определения по обратному балансу и обычно используется в том случае, если в период испытаний трудно определить точное количество воды, пара и топлива.

Если взять котел, вырабатывающий перегретый, насыщенный и охлажденный пар, у которого произведенные количества перегретого D_p , насыщенного D_n и охлажденного D_{ox} пара, а также расход топлива B , выраженные в килограмм в час, известны, то коэффициент полезного действия котла может быть определен по прямому балансу, составленному для его пароводяного тракта (рис. 1). Коэффициент полезного действия определяется как отношение количества теплоты, израсходованной на производство пара, к количеству теплоты, выделенной за этот же промежуток времени сожженным топливом.

$$\eta_k = \frac{D_p(i_n - i_{n.e.}) + D_n(i_n - i_{n.e.}) + D_{ox}(i_{ox} - i_{n.e.})}{BQ_H^P}$$

Значения энтальпий i_p , i_n , i_{ox} и $i_{пв}$ соответственно перегретого, насыщенного, охлажденного пара и питательной воды, выраженные в джоулях на килограмм, в зависимости от исходных параметров определяют по таблицам водяного пара.

Общая паропроизводительность котла $D_k = D_p + D_{ox} + D_n$.

Если утилизионный котел производит только насыщенный пар, его КПД (%) находят по уравнению

$$\eta_k = \frac{D_n(i_n - i_{n.e.}) + D_n(i_n - i_{n.e.})}{BQ_H^P} \quad (9)$$

Если котел производит только перегретый пар, его КПД

$$\eta_k = \frac{D_k(i_p - i_{п.в.})}{BQ_H^P} \quad (10)$$

а если только насыщенный пар, то

$$\eta_k = \frac{D_k(i_n - i_{п.в.})}{BQ_H^P} \quad (11)$$

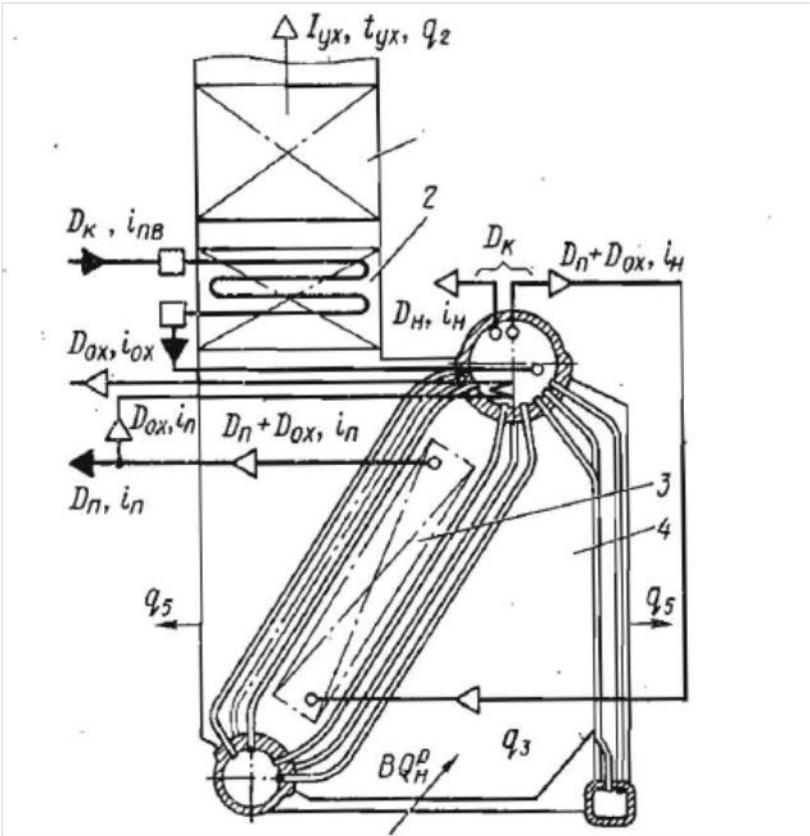


Рис.1. Принципиальная схема пароводяного тракта котла:

1 – воздухоподогреватель; 2 – экономайзер; 3 – парогенератор; 4 – топка.

Здесь лишь отметим, что у современных главных котлов с развитыми хвостовыми поверхностями нагрева он составляет 92—94%, а при использовании промежуточного перегрева пара достигает 96—97%

Остановимся на КПД утилизационного котла. Уравнения его теплового баланса для определения КПД можно составить, используя зависимости, аналогичные рассмотренным для котлов, работающих на топливе, непосредственно сжигаемом в топках агрегатов. Однако подведенная к котлу теплота, полученная при сжигании топлива массой I кг, здесь соответствует теплоте уходящих из дизеля или газовой турбины газов, поэтому $Q_{\text{под}} = I c$, где I_1 —

энтальпия газов при входе в утилизационный котел; c — коэффициент, учитывающий протечки или перепуск газов помимо утилизационного агрегата.

Если утилизационный котел производит перегретый и насыщенный пар, его КПД (%) выразится уравнением

$$\eta_{\text{ук}} = \frac{D_{\text{п}}(i_{\text{п}} - i_{\text{п.в.}}) + D_{\text{н}}(i_{\text{н}} - i_{\text{п.в.}})}{cBl_1} \quad (12)$$

где B — расход топлива в дизеле или газовой турбине, кг/ч.

Если утилизационный котел производит только насыщенный пар, его КПД (%) находят по уравнению

$$\eta_{\text{ук}} = \frac{D_{\text{к}}(i_{\text{н}} - i_{\text{п.в.}})}{cBl_1} \quad (13)$$

При составлении уравнения по обратному балансу потеря q_3 , естественно, не учитывается, поэтому КПД (%) выражается формулой:

$$\eta_{\text{ук}} = 100 - (q_2 + q_5) \quad (14)$$

Следует отметить, что КПД утилизационного котла представляет собой некоторую условную величину, характеризующую лишь степень использования поступающей от двигателя в котел теплоты.

Литература

Верете А. Г., Дельвинг А. К. Судовые паровые и газовые энергетические установки: Учебник для мореходных училищ.—2-е изд., перераб. и доп.— М.: Транспорт, 1990.- 240 с. Страницы 86-90