

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ПРИ ПОМОЩИ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Н. А. Дорохова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Д. С. Трошев

В настоящее время все более актуальным становится вопрос о более полном использовании энергии. Выброс тепла в атмосферу не только создает дополнительное давление на окружающую среду, но и увеличивает затраты владельцев котельных.

Потеря теплоты с уходящими газами занимает основное место среди тепловых потерь котла и составляет 5–12 % вырабатываемой теплоты. Температуру дымовых газов можно снизить за счет применения методов утилизации тепла, в результате че-

го их теплота будет полезно использована. Дополнительно к этому может быть использована теплота конденсации водяных паров, которые образуются при сжигании топлива. Современные технологии позволяют более полно использовать теплоту уходящих газов и увеличить КПД котла, рассчитанного по низшей теплоте сгорания, вплоть до значения в 111 %.

Все известные теплоутилизаторы можно разделить на контактные, поверхностные, а также устройства с промежуточным теплоносителем. Поверхностные теплоутилизаторы – это традиционные калориферы, которые размещаются непосредственно в газоходе после печи (котла) и имеют серьезные недостатки, ограничивающие их применение. Аппараты с жидким промежуточным теплоносителем (обычно это вода) получили название контактных теплообменников с активной насадкой (КТАН).

В данной работе предлагается применение схемы утилизации тепла дымовых газов с использованием теплового насоса, которая включает в себя преимущества теплоутилизаторов с активными насадками и вместе с тем позволяет избежать ее недостатков. С помощью данной схемы становится возможным максимальное использование теплоты от конденсации водяных паров, но при этом вода не будет загрязняться вредными веществами.

Рассмотрим принцип работы схемы, приведенной на рис. 1 (разделим данную схему на 4 контура):

По первому контуру вода, приходящая от потребителя с температурой примерно равной 30–70 °С, при помощи насоса НЗ подается в абсорбер и конденсатор. От абсорбера и конденсатора отводится теплота соответствующих процессов сорбции и конденсации, которая передается нагреваемому теплоносителю – сетевой воде. Тем самым вода, поступающая в котел, подогревается.

По второму контуру дымовые газы после котла с температурой 130–190 °С поступают в экономайзер, где происходит их охлаждение водой до температуры примерно равной 40–50 °С. После экономайзера вода, нагретая дымовыми газами до температуры 30–40 °С насосом Н2, подается в испаритель, где она отдает свое тепло на испарение капель хладагента-воды. Охлажденная вода после испарителя вновь поступает в экономайзер.

По третьему контуру, собственно АБТН, хладагент-вода попадает в испаритель. В условиях глубокого вакуума капли хладагента испаряются и забирают тепло из охлаждаемой воды, которая возвращается в экономайзер для охлаждения дымовых газов. Попадающие в абсорбер капли концентрированного раствора бромида лития (LiBr) абсорбируют пары хладагента-воды. Полученный после процесса абсорбции раствор бромида лития с помощью насоса Н1 направляется в генератор. В генераторе из раствора выпаривается часть воды, что восстанавливает изначальную концентрацию раствора LiBr. Выпаренная вода-хладагент из генератора попадает в конденсатор, где происходит процесс ее конденсации и передача теплоты сетевой воде. После этого полученный жидкий хладагент вновь попадает в испаритель и испаряется, забирая при этом тепло из окружающего пространства.

И наконец, четвертый контур используется в качестве источника высокотемпературной теплоты.

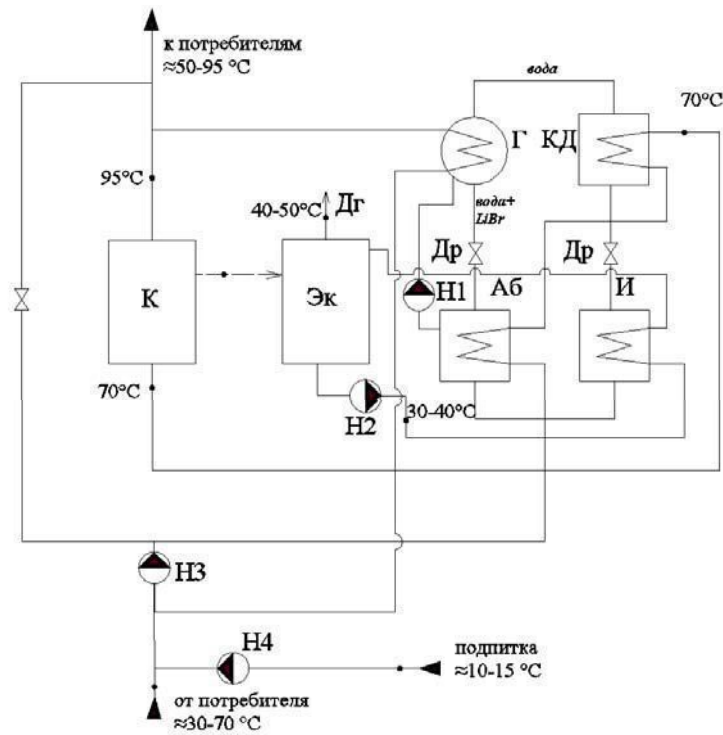


Рис. 1. Схема утилизации теплоты дымовых газов с использованием теплового насоса

Произведем расчет тепловой схемы котельной для среднего за отопительный период режима работы:

Коэффициент снижения расхода теплоты:

$$k_{o,b} = \frac{t_{в,н} - t_{н}}{t_{в,н} - t_{н,о}} = \frac{18 - (-1)}{18 - (-24)} = 0,45.$$

Зададимся значениями отпуска теплоты на отопление и вентиляцию для максимально-зимнего режима $Q'_{o,b} = 1$ МВт, а также коэффициента полезного действия котлоагрегата $\eta = 0,92$.

Отпуска теплоты на отопление и вентиляцию для среднего за отопительный период режима работы, МВт:

$$Q_{o,b}^{cp} = k_{o,b} Q'_{o,b} = 0,45 \cdot 1 = 0,45 \text{ МВт.}$$

Секундный объем дымовых газов, $\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$:

$$V_{д,г} = V_{г}^n B_p = 10,5 \cdot 0,0322 = 0,338 \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

где B_p – расчетный расход топлива, $\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$;

$$V_p = \frac{Q_{к.а}}{\eta Q_H^p} = \frac{1}{0,92 \cdot 33,73} = 0,0322 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Количество утилизируемой теплоты в конденсационном экономайзере, кВт:

$$\Delta Q_{\text{эк}} = Q_{\text{снижл}} + Q_{\text{конд}},$$

где $Q_{\text{снижл}}$ – количество утилизируемой теплоты за счет снижения температуры уходящих газов, кВт:

$$Q_{\text{снижл}} = c_{\text{д.г}} V_{\text{д.г}} (t'_{\text{д.г}} - t''_{\text{д.г}}) = 1,042 \cdot 10^3 \cdot 0,338(130 - 40) = 31,698 \text{ кВт};$$

$Q_{\text{конд}}$ – количество утилизируемой теплоты за счет конденсации водяных паров, кВт:

$$Q_{\text{конд}} = r V_{\text{д.г}} (r_{\text{H}_2\text{O}}' - r_{\text{H}_2\text{O}}'') = 2000 \cdot 0,338(0,14 - 0,07375) = 44,785 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{эк}} = 31,698 + 44,785 = 76,483 \text{ кВт}.$$

Прирост КПД составляет:

$$\Delta \eta = \frac{\Delta Q_{\text{эк}}}{Q_{\text{о.в}}} 100 = \frac{76,483}{450} 100 = 16,996 \text{ \%}.$$

Рассчитаем экономический эффект от внедрения технологии.

Удельные расходы топлива на выработку тепловой энергии котельной, $\frac{\text{кг у. т.}}{\text{Гкал}}$:

$$v_{\text{уд}}^{\text{было}} = \frac{142,86}{\eta} 100 = \frac{142,86}{92} 100 = 155,283 \frac{\text{кг у. т.}}{\text{Гкал}};$$

$$v_{\text{уд}}^{\text{стало}} = \frac{142,86}{92 + 16,996} 100 = 131,069 \frac{\text{кг у. т.}}{\text{Гкал}}.$$

Годовая экономия условного топлива, $\frac{\text{т у. т.}}{1 \text{ МВт} \cdot \text{год}}$:

$$B_{\text{год}} = (v_{\text{уд}}^{\text{было}} - v_{\text{уд}}^{\text{стало}}) Q_{\text{год}},$$

где $Q_{\text{год}}$ – годовая выработка тепловой энергии, Гкал:

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{о.в}} k_{\text{о.в}} \cdot 0,86 \cdot 24 \cdot 188 = 0,45 \cdot 1 \cdot 0,86 \cdot 24 \cdot 188 = 1746,144 \text{ Гкал};$$

$$B_{\text{год}} = (155,283 - 131,069) 10^{-3} \cdot 1746,144 = 42,281 \frac{\text{т у. т.}}{1 \text{ МВт} \cdot \text{год}}.$$

Таким образом, использование схемы утилизации теплоты дымовых газов с применением теплового насоса позволит сэкономить 42 т у. т. в год на 1 МВт установленной мощности.

Преимущества схемы утилизации теплоты дымовых газов на базе абсорбционных бромисто-литиевых тепловых насосов (АБТН):

1. Вода после экономайзера, загрязненная вредными веществами из дымовых газов, в частности оксидами азота и углекислотой, циркулирует по замкнутому контуру и не идет к потребителю, не используется для нужд ГВС.
2. Обеспечивается глубокая утилизация теплоты дымовых газов котельного агрегата.
3. Нет роста аэродинамического сопротивления, отсутствует необходимость применения рециркуляционного насоса.
4. Тепловая энергия получается фактически из ничего.

Таким образом, применение разработанной схемы с использованием теплового насоса обеспечит: глубокую утилизацию теплоты дымовых газов котельного агрегата и тем самым уменьшение теплового загрязнения окружающей среды; существенный прирост КПД котельного агрегата (более 100 %); получение тепловой энергии при минимальных затратах электроэнергии; полезное использование загрязненной воды после экономайзера за счет циркуляции ее по замкнутому контуру.