

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКУПЕРАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА УХОДЯЩИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В КОНДЕНСАЦИОННОМ ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРЕ

В. П. Никитенко

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

Научный руководитель А. В. Овсянник

Цель работы: исследование перспектив внедрения конденсационных теплоутилизаторов для утилизации низкопотенциального тепла уходящих дымовых газов.

Одним из достаточно эффективных путей решения проблемы энергосбережения является глубокая утилизация теплоты уходящих газов в котлоагрегатах путем их охлаждения до температур, лежащих ниже точки росы, т. е. применение теплотехнологии с конденсацией водяных паров из продуктов сгорания топлива [2].

В настоящее время температуру уходящих дымовых газов за котлом принимают не ниже 120–130 °С по двум причинам: для исключения конденсации водяных паров на боровых, газоходах и дымовых трубах; для увеличения естественной тяги, снижающей напор дымососа. При этом температура уходящих дымовых газов непосредственно влияет на значение потерь тепла с уходящими газами.

Конденсационный теплоутилизатор позволяет охлаждать продукты сгорания ниже точки росы и дополнительно использовать скрытую теплоту конденсации содержащихся в продуктах сгорания водяных паров.

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 котлоагрегата и имеют серьезные недостатки, ограничивающие их применение. Аппараты с жидким промежуточным теплоносителем (обычно это вода) получили название контактных теплообменников с активной насадкой (КТАН) [1].

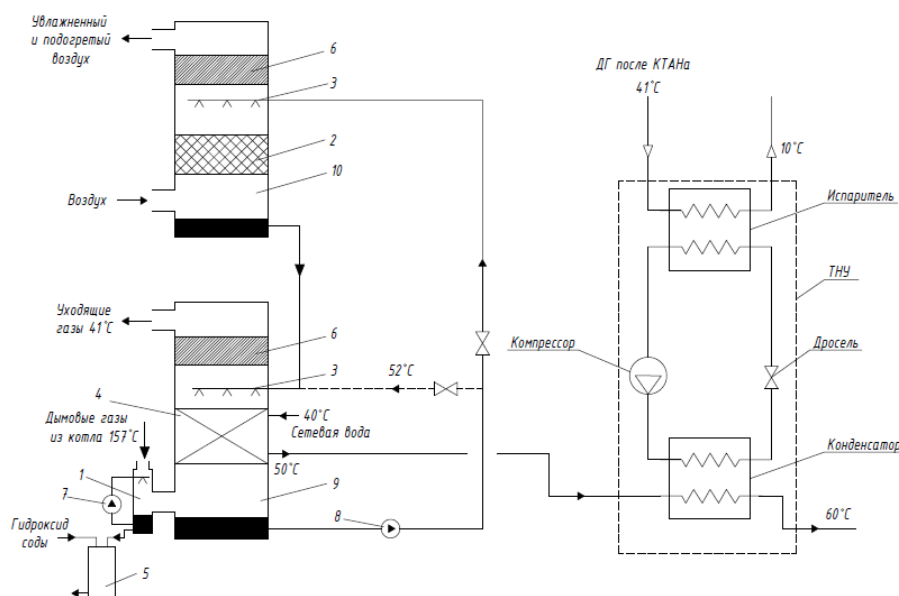


Рис. 1. Схема КТАНа с увлажнителем воздуха и теплонасосной установкой

В данной работе предлагается применение схемы утилизации тепла дымовых газов с использованием конденсационного теплоутилизатора, увлажнителя воздуха и теплового насоса. Данная схема включает в себя преимущества теплоутилизаторов с активными насадками и вместе с тем позволяет избежать ее недостатков. Главный недостаток – это наличие верхней «вредной» зоны установки, где холодная вода, орошающая змеевик, внутри которой течет нагреваемая вода, с температурой близкой к максимальной, не нагревает, а наоборот охлаждает ее, а также низкая температура нагрева теплоносителя, равная температуре мокрого термометра. С помощью данной схемы становится возможным максимальное использование теплоты от конденсации водяных паров и возможность работы с более высокой температурой обратной сетевой воды.

Предварительное увлажнение воздуха, подаваемого на горение, обеспечивает следующие положительные эффекты: за счет большого объема водяных паров в дымовых газах увеличивается температура точки росы, что позволяет повысить температуру воды на выходе из конденсационного теплоутилизатора; значительное содержание водяных паров в воздухе, поступающем в топку котлоагрегата, приводит к снижению температуры горения и к уменьшению выбросов оксидов азота на 40–60 % [3].

Конструктивно увлажнитель похож на конденсационный теплоутилизатор, однако процессы, протекающие в нем, имеют противоположную направленность: вместо охлаждения газов и конденсации водяных паров происходят подогрев и увлажнение воздуха.

Принцип работы теплового насоса заключается в преобразовании тепловой энергии низкого температурного уровня в тепловую энергию более высокого потенциала, необходимого потребителю [4].

Рассмотрим принцип работы схемы, приведенной на рис. 1.

Дымовые газы после котлоагрегата поступают в предварительный охладитель 1, в котором происходит быстрое снижение их температуры при контакте с водой, подаваемой насосом 7 через форсунки. Далее частично охлажденные дымовые газы, насыщенные дополнительными водяными парами, поступают в основную колонну установки и проходя через рассекатель, который обеспечивает разбиение подаваемой сверху воды на мелкие капли, что необходимо для получения максимальной площади поверхности контакта. Это позволяет существенно интенсифицировать охлаждение продуктов сгорания и конденсацию содержащихся в них водяных паров. Далее продукты сгорания проходят через жалюзийный сепаратор 6 и направляются в дымовую трубу. Подогретая вода собирается в нижней части колонны конденсационного теплоутилизатора и насосом 8, разделившись на 2 потока, подается в конденсационный теплоутилизатор и увлажнитель. Воздух, поступающий в увлажнитель, проходит через рассекатель 2, в котором происходит его подогрев за счет контакта с каплями воды, подаваемой через распылитель 3. Часть влаги при этом испаряется, а оставшаяся ее часть собирается в низу увлажнителя. За счет охлаждения воды воздухом и частичного испарения температура ее снижается. Далее эта вода подается в конденсационный теплоутилизатор на распылитель 3. Так как в этом случае температура воды, поступающей в конденсационный теплоутилизатор, будет ниже, чем была бы при отсутствии увлажнителя, то температура дымовых газов за установкой снижается и эффективность рекуперации тепла увеличивается. Подогретый воздух проходит через жалюзийный сепаратор 6 и подается в котел. Так как за счет конденсации части содержащихся в дымовых газах водяных паров объем воды постоянно увеличивается, ее излишек сливается из охладителя в накопительный бак 5. Ввиду того что из-за растворения в воде диоксида углерода, содержащегося в дымовых газах, кислотность ее по-

вышается, в баке 5 осуществляется химическая нейтрализация гидроксидом соды, после чего вода сливается в канализацию. Сетевая вода с температурой 50 °С поступает в конденсатор теплового насоса, где нагревается до 60 °С. Уходящие дымовые газы после конденсационного теплоутилизатора с температурой 41 °С поступают в испаритель теплового насоса, где охлаждаются до 32,8 °С.

Технико-экономические показатели проекта конденсационного теплоутилизатора, увлажнителя воздуха и теплонасосной установки приведены в таблице.

**Технико-экономические показатели проекта конденсационного теплоутилизатора, увлажнителя воздуха и теплонасосной установки**

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение
Установленная мощность установки конденсационного теплоутилизатора, увлажнителя и теплового насоса, $N_{уст}$	МВт	11,5
Число часов работы установленной мощности, $T_{год}$	ч	865
Годовая выработка тепловой энергии, $Q_{год}$	ГДж/год	34939
Экономия условного топлива на отпуск тепловой энергии в натуральном выражении, $\Delta B_{год}$	т у. т./год	1294,82
Экономия топлива на отпуск тепловой энергии в натуральном выражении, $\Delta B_{год}$	тыс. м <sup>3</sup> /год	1052,23
Экономия условного топлива на отпуск электроэнергии в стоимостном выражении, $S_r$	тыс. р./год	356233,94
Капиталовложения в проект, $K_{рек}$	р.	417750
Нормативный срок службы проекта, $T_{сл}$	лет	20
Срок окупаемости проекта, $T_{ок}$	лет	1,5

Таким образом, использование схемы конденсационного теплоутилизатора, увлажнителя воздуха и теплонасосной установки для утилизации теплоты дымовых газов на пиковой водогрейной котельной позволит сэкономить 1294,82 т у. т. в год, что составит 155,98 г у. т. на 1 Гкал.

Применение данной схемы обеспечит: глубокую утилизацию теплоты дымовых газов котельного агрегата и тем самым уменьшение теплового загрязнения окружающей среды. Предварительное увлажнение воздуха, подаваемого на горение, позволяет снизить выбросы оксида азота.

#### Литература

1. Кудинов, А. А. Энергосбережение в теплогенерирующих установках / А. А. Кудинов. – Ульяновск : УлГТУ, 2000.
2. Тепломассообменные аппараты и установки промышленных предприятий : учеб. пособие / под ред. Б. А. Левченко. – Харьков : ХДПУ. – 1999. – 4.1. – С. 271.
3. Влияние конденсационного теплоутилизатора на работу паровых и водогрейных газовых котлов / И. Л. Росляков [и др.] // Теплоэнергетика, 2015. – № 5. – С. 44–50.
4. Поляков, В. В. Насосы и вентиляторы : учеб. для вузов. / В. В. Поляков, Л. С. Скворцов. – М. : Стройиздат, 1990. – 336 с.