

ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

УДК 621.8.036+711.8

Высоцкий С.П., д.т.н.¹, Рыжикова В.Д.²

1 — АДИ ГВУЗ «ДонНТУ», г. Горловка; 2 — ДонНАСА, г. Макеевка

ВЫБОР АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Проанализирована возможность применения рапсового масла в качестве альтернативного источника энергоресурсов. Показано, что при существующей стоимости природного газа и рапсового масла последнее является конкурентноспособным энергоносителем. Выполнен анализ утилизации скрытой теплоты парообразования за счет установки контактных экономайзеров для повышения эффективности использования природного газа на существующих теплофикационных котлах.

Существующее положение

В мировой практике происходит постепенный рост стоимости высокореакционных энергоносителей, в частности, природного газа. Европейские потребители газа в настоящее время обеспокоены тем, что основной поставщик газа в Европу (в том числе в Украину) — Российская Федерация к 2020 году будет испытывать дефицит примерно 100 млрд. м³ газа в год. При этом следует отметить, что многие европейские потребители, в отличие от Украины, уже имеют альтернативные источники поставок природного газа.

Указанные обстоятельства вынуждают искать как альтернативные источники энергоснабжения, так и повышать эффективность использования топлива на существующих энергетических установках.

Постановка задачи

В связи с изложенными обстоятельствами для нашей страны является актуальным поиск альтернативных энергоносителей и путей повышения эффективности современных водогрейных котлов.

Изложение основного материала исследования

Резервным, альтернативным топливом для Украины может быть рапсовое масло. Эта культура уже широко выращивается в Украине и в настоящее время в основном поступает на экспорт. При стоимости природного газа \$ 340/1000 м³ (2788 грн/1000 м³) топливная составляющая стоимости 1 Мкал тепла равна 0,35. В настоящее время теплофикационные котельные получают природный газ по стоимости 2630 грн/1000 м³. Соответственно, топливная составляющая стоимости 1 Мкал составит 0,33 грн.

Стоимость рапсового масла в России составляет 11500 руб/т или 3162,5 грн/т. Рапсовое масло имеет калорийность 8890 ккал/кг. Топливная составляющая стоимости произведенной 1 Мкал тепловой энергии составит 0,35 грн. Урожайность рапса составляет 20-30 ц/га в зависимости от культуры земледелия. Из 1 т семян получается 300 кг рапсового масла с использованием достаточно простой техники. Таким образом, с 1 га земли может быть получено 600-900 кг рапсового масла. Для удовлетворения потребности бытового сектора в энергоносителях при достаточно конкурентной цене на произведенное тепло достаточно в стране выращивать рапс на тер-

ритории в 20 млн. га. Именно такое количество рапса предполагается выращивать в Украине в текущем году.

Современные горелочные устройства немецких фирм Wiesman, Weishaupt позволяют сжигать рапсовое масло в водогрейных котлах без их существенных переделок. Следует отметить одно важное преимущество рапсового масла перед природным газом — оно взрыво- и пожаробезопасно.

Использование рапсового масла для водогрейных котлов, по нашему мнению, наиболее целесообразно на малых индивидуальных котлах небольшой мощности, а также для сооружений, которые расположены в местах, отдаленных от трасс газопроводов.

Следующим подходом является повышение эффективности использования топлива за счет применения энергосберегающих технологий, основанных на использовании скрытой теплоты парообразования. Одной из таких технологий является применение контактных экономайзеров.

Применение теплообменников контактного типа позволяет существенно сэкономить тепло, которое уносится с дымовыми газами котельной установки. За счет непосредственного контакта газов и жидкости интенсифицируется процесс переноса тепла даже при относительно незначительной разности температур между средами, что обеспечивает высокую эффективность процесса.

Наиболее рационально использование контактных теплоутилизаторов КТУ (экономайзеров) на котлах, работающих на природном газе. В этом случае за счет охлаждения продуктов сгорания топлива до температуры на 15...30 °C ниже температуры точки росы используется не только физическая теплота, но и скрытая теплота конденсации водяных паров. Благодаря этому достигается экономия топлива до 20 %. Такая величина экономии достигается при наличии достаточного количества потребителей нагреваемой в контактном экономайзере воды до температуры 50...55 °C.

Экономия скрытого тепла достигается за счет конденсации паров воды, образующихся в реакции:



При сжигании в топках котлов природного газа на каждый м³ сожженного газа образуется 1,607 кг паров воды. При конденсации указанных паров получается практически бессоленный конденсат.

Только за счет утилизации скрытой теплоты парообразования отбор тепла от сгораемого топлива увеличивается на 1026 ккал/м³, в результате чего расход природного газа сокращается на 12,8 % (при калорийности природного газа 7970 ккал/м³). С учетом конвективного теплообмена степень утилизации тепла дымовых газов (т.е. увеличение эффективности использования топлива) увеличивается до 15-20 % (в зависимости от температуры орошающей воды).

Оценим экономию природного газа, например для водогрейного котла мощностью 100 Гкал/ч (~ 116³ МВт). Уменьшение потребления природного газа «ΔG» определяется по формуле

$$\Delta G = \frac{N \cdot \tau}{Q_n^p} \left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_2} \right), \quad (1)$$

где N — мощность котла, кВт;

τ — рабочая кампания котла, ч/год;

Q_n^p — низшая теплота сгорания газа, кВтч/м³;

η_1, η_2 — коэффициент полезного действия котла без утилизации скрытой теплоты парообразования воды и при утилизации, соответственно.

При η_1 и η_2 , соответственно, 0,92 (базовый вариант) и 1,1 (при установке контактного экономайзера), при рабочей кампании 4000 ч/год и $Q_n^p = 9,3$ кВтч/м³ (8000 ккал/м³) уменьшение потребления газа составит

$$\Delta G = \frac{116,3 \cdot 10^3 \cdot 4000}{9,3} \left(\frac{1}{0,92} - \frac{1}{1,1} \right) \cdot 10^{-3} = 8,85 \text{ млн. м}^3/\text{год}.$$

При стоимости природного газа \$ 240/1000 м³ годовая экономия составит \$ 2,12 млн./год на 1 котел или ~ 19,500 млн. грн/год.

При использовании контактного экономайзера для подогрева воды, используемой в технологических целях, схема его включения показана на рис. 1. Часть потока дымовых газов после котлов направляется в нижнюю часть скруббера, орошаемого водой после подогревателя. В ряде случаев, например при подаче подогретой воды на водоподготовительную установку, последний может быть исключен из схемы утилизации тепла.

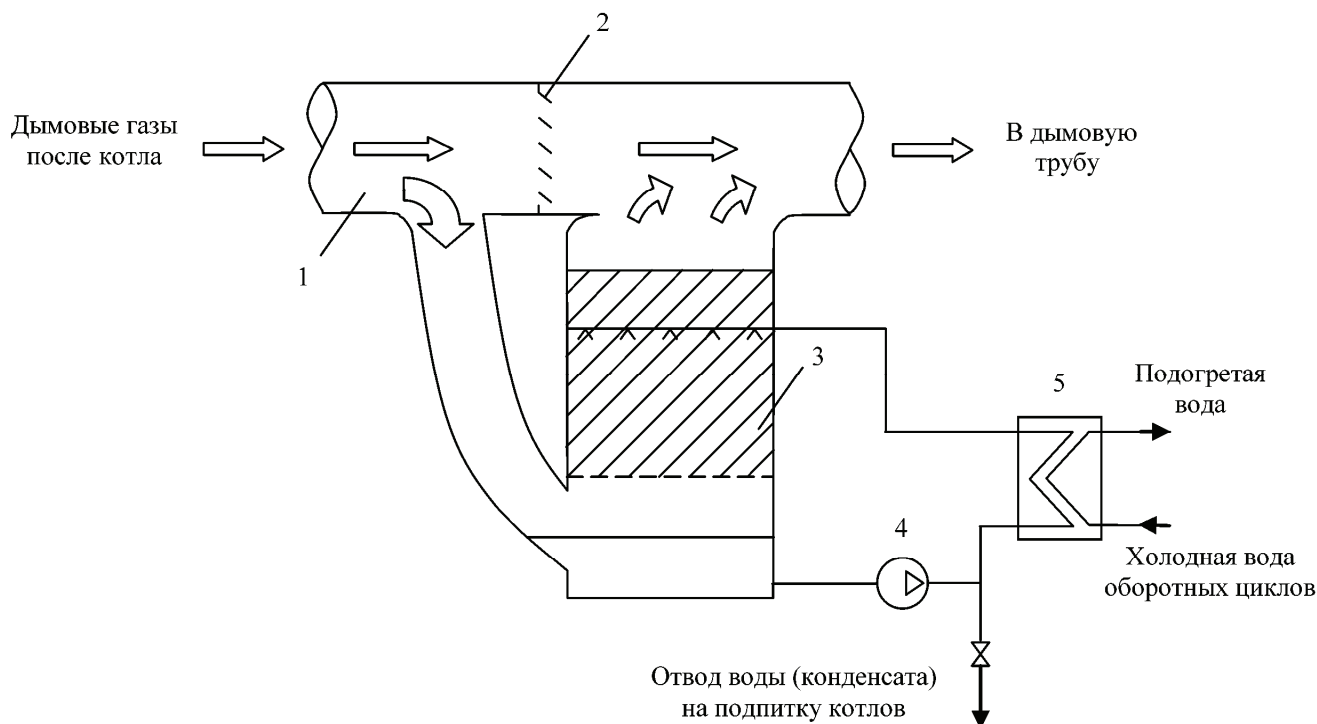


Рис. 1. Схема утилизации тепла дымовых газов при сжигании в котлах природного газа.

1 — дымоход; 2 — шибер; 3 — контактный экономайзер;
4 — циркуляционный насос; 5 — поверхностный подогреватель

В этом случае орошение скруббера (контактного экономайзера) осуществляется непосредственно технической водой. При этом за счет нейтрализации части щелочности воды происходит дополнительно улавливание оксидов азота, а также разбавление технической воды дистиллятом.

Обессоленная и декарбонизированная вода, полученная в виде дебалансового потока, после контактного экономайзера может быть использована как для подпитки котлов, так и для технологических целей. Для исключения конденсации влаги в дымовой трубе часть продуктов сгорания может пропускаться по байпасному газоходу.

Для природного газа объем дутьевого воздуха больше объема сухих продуктов сгорания примерно на 11 %, поэтому увеличение x_b ведет к несколько большему повышению x_n . При влагосодержании дутьевого воздуха $x_b = 0,01 \text{ кг/кг}$ и $a_{yx} = 1,1$ влагосодержание дымовых газов составит $0,135 \text{ кг/кг}$. При сжигании природного газа с теплотой сгорания $Q_{н}^p = 35700 \text{ кДж/м}^3$ приведенное теоретическое количество водяных паров составит $1,485 \text{ кг/м}^3$.

При охлаждении дымовых газов в контактном экономайзере до температуры ниже точки росы их влагосодержание снижается с x_n до x_{yx} .

Влагосодержание насыщенных уходящих дымовых газов x_{yx} определяется по эмпирической формуле:

$$\frac{6,38 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-3} \cdot a_{yx}}{0,199 + a_{yx}} \cdot e^{0,062 \cdot t_{yx}}$$

Для $a_{yx} = 1,2$ формула упрощается и x_n равно:

$$x_{yx} = 0,0039 \cdot e^{0,062 \cdot t_{yx}}$$

По разнице x_n и x_{yx} можно получить изменение влагосодержания дымовых газов в контактном экономайзере.

При противотоке дымовых газов и воды температура газов определяется в основном температурой воды и равна $t_{yx} = t_0 + (10-15) \text{ } ^\circ\text{C}$.

При температуре газов, уходящих из контактного экономайзера, равной температуре их точки росы ($t_{yx} = t_p$), влагосодержание продуктов сгорания до и после контактного экономайзера будет примерно одинаковым, и естественно никакого конденсата не получается.

Дальнейшее повышение t_{yx} приводит к возрастанию влагосодержания уходящих газов. В таком режиме контактный экономайзер работает как испаритель. Это может быть, например, при недостаточной плотности орошения.

При $x_T = 0,02 \text{ кг/кг}$ и $t_{yx} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$ величина $\Delta g_n^n = 0,16$. При сжигании 1 м^3 природного газа с теплотой сгорания 35700 кДж/м^3 (8520 ккал/м^3) выделяется $\Delta g_n = \frac{8520}{1000} \cdot 0,16 = 1,36 \text{ кг}$ конденсата. Повышение температуры уходящих газов после контактного экономайзера до $40 \text{ } ^\circ\text{C}$ приводит к снижению Δg_n до $0,77 \text{ кг}$.

В качестве дополнительных потребителей тепла КТУ можно использовать контактные водоподогреватели для предварительного подогрева и увлажнения дутьевого воздуха котлов (рис. 2). Поступление в топку котла дополнительного количества водяных паров позволяет получить положительный экологический эффект за счет снижения выбросов оксидов азота. При эксплуатации подобных установок, которыми были оснащены котлы БКЗ-75, выбросы оксидов азота снизились в 2,5...3 раза.

Установка контактного экономайзера на всасывающей стороне дымососа обеспечивает снижение или равное потребление энергии, несмотря на увеличение аэродинамического сопротивления газового тракта. Это обусловлено значительным уменьшением объема продуктов сгорания.

В контактном подогревателе корпус изготавливается из обычной углеродистой стали. В качестве насадки используются кольца Рашига $50 \times 50 \times 5$ и $25 \times 25 \times 3$ или фарфоровые седла СФ-50 (насадка Инталокс). Корпус может быть выполнен в виде цилиндра круглого сечения или в виде колонны прямоугольного сечения. Так, для рассматриваемого случая колонна круглого сечения имеет диаметр $2,1 \text{ м}$ и высоту 6 м . Высота каждого слоя насадки составляет $1,8 \dots 2 \text{ м}$.

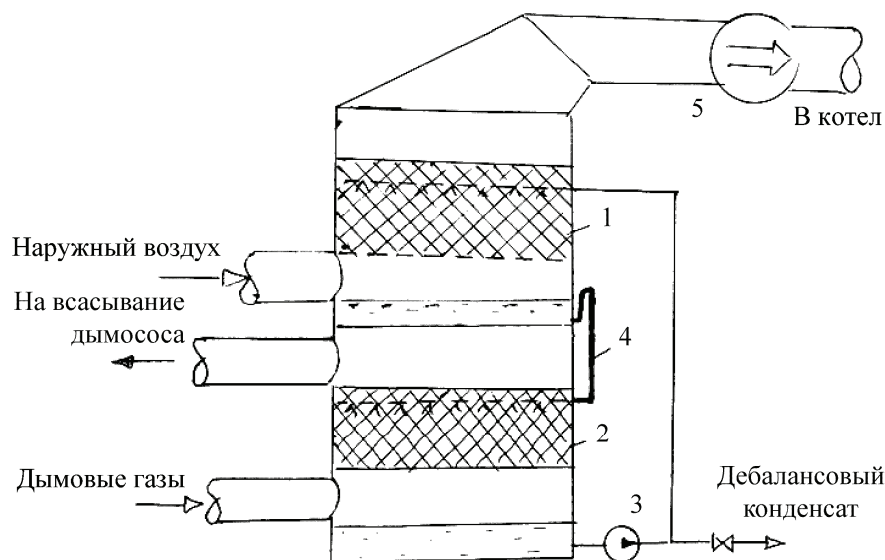


Рис. 2. Утилизация тепла и снижение выбросов NO_x за счет подогрева дутьевого воздуха
 1 — контактная насадка подогрева воздуха; 2 — контактная насадка подогрева воды;
 3 — насос конденсата; 4 — гидрозатвор; 5 — дутьевой вентилятор

Отобранное у дымовых газов тепло может быть также использовано для кондиционирования воздуха производственных помещений: охлаждения или подогрева. Подогрев реализуется относительно просто с использованием обдуваемых регистров.

При подогреве воздуха в орошаемой горячей водой массообменной насадке происходит, с одной стороны, подогрев и увлажнение дутьевого воздуха, а с другой — декарбонизация воды.

При замкнутом контуре циркуляции и отбора тепла через промежуточный поверхностный теплообменник вода в контуре постепенно деминерализируется за счет конденсации пара. За счет разности температур воды и воздуха количество конденсата, уносимого с увлажненным воздухом, меньше количества воды, получаемого при конденсации пара.

Обессоленная и декарбонизированная вода (конденсат) может быть использована в качестве подпиточной воды котлов или же для питьевых целей при дефиците питьевой воды. За счет резкого снижения производительности химводоочистки и снижения продувки котлов при их питании водой низкого соледержания обеспечивается как экологический эффект — сокращение загрязнения водных источников регенерационными растворами, так и экономический — снижение потерь воды и тепла с продувкой.

Технология утилизации тепла с применением контактных экономайзеров реализуется использованием массообменной насадки, состоящей из колец Рашига или Палля, седел Берли или других насадок. Насадка насыпается навалом на поддерживающую решетку из металлических пластин. Насадка насыпается навалом на поддерживающую решетку из металлических пластин. В верхней части насадки на расстоянии 250 мм от ее верхней границы устанавливается распределитель орошающей воды. Верхняя часть насадки выполняет функции брызгоуловителя. Общая высота загрузки массообменной насадки составляет 1700-2000 мм. При тепловой мощности котельной установки 250 кВт (~ 220 Мкал) контактный воздухоподогреватель представляет собой короб сечением 1 м². Сопротивление воздухоподогревателя составляет 40 мм вод. ст. Из-за незначительного увеличения сопротивления воздушного тракта отсутствует необходимость установки дополнительных или замены существующих дутьевых вентиляторов.

Расположение двух аппаратов контактного водоподогревателя (КВП) и КТУ в одном корпусе, один над другим упрощает работу циркуляционного контура и снижает потребность в площадях для установки теплообменников, что особенно важно в условиях стесненной компоновки современных котельных. В схеме установки исключен декарбонизатор, так как декарбонизация воды происходит в КВП при непосредственном контакте с дутьевым воздухом.

Наличие промежуточного теплообменника обеспечивает высокое качество нагреваемой воды внешних потребителей и подачу ее потребителям без разрыва струи. Количество выделяющегося из продуктов сгорания в КТУ конденсата обычно превышает потребление воды в КВП для увлажнения дутьевого воздуха.

Выводы

Обосновано использование рапсового масла для сжигания в теплофикационных котлах. Применение контактных подогревателей воды и (или) воздуха позволяет получить существенный экономический и экологический эффекты. Простота конструкции аппаратов показывает возможность дооборудования контактными экономайзерами котельных установок без существенных затрат.

Список литературы

1. Комунальна теплоенергетика України. Стан. Проблеми. Шляхи модернізації: у 2-х томах / А.А. Долінський, Б.І. Басок, Є.І. Базєєв та ін. — К.: Британська Рада в Україні, 2007. — 828 с.
2. Коваленко М.П. Енергозбереження — пріоритетний напрямок державної політики України / М.П. Коваленко, С.П. Денисюк. — К.: АТ «Укренергозбереження», 1998. — 512 с.
3. Дитер Зайфрид. Энергия: веские аргументы / Зайфрид Дитер. — К.: Эхо-Восток, 1994. — 153 с.

Стаття надійшла до редакції 26.04.10
© Висоцький С.П., Рижикова В.Д., 2010