

УДК 621.577.536

М. Н. Чепурной, к. т. н., доц.; С. И. Ткаченко, д. т. н., проф.; О. В. Куцак

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОТОПИТЕЛЬНЫХ
КОТЕЛЕНЬ ПРИ ПОМОЩИ КОНТАКТНЫХ УТИЛИЗАТОРОВ
ТЕПЛОТЫ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ И ТЕПЛОНАСОСНЫХ
УСТАНОВОК**

Предложена схема комбинированной установки на базе энергетического котла, контактного утилизатора теплоты отходящих газов и теплонасосной установки. Определены основные показатели ее работы, экономия топлива и снижение выбросов в атмосферу.

Ключевые слова: котел, контактный экономайзер, тепловой насос, компрессор, конденсатор, испаритель.

Вступление

В настоящее время, когда цены на топливо постоянно растут, вопросам энергосбережения стали уделять большое внимание, а экономия топливно-энергетических ресурсов приобрела приоритетное значение. Неэффективное использование топлива наблюдается почти во всех отраслях промышленности. Это обстоятельство заставляет импортировать около 50% необходимого топлива. В соответствии со статистическими данными на потребности теплоснабжения расходуется почти 95 млн. тонн условного топлива. В связи с этим очевидным становится тот факт, что основное внимание в решении проблемы повышения эффективности использования топлива необходимо уделять сектору теплоснабжения.

Одним из эффективных мероприятий экономии топлива и защиты среды есть использование низкотемпературной сбросной теплоты. В развитых странах мира много внимания уделяется созданию и внедрению теплонасосных установок (ТНУ), предназначенных для отопления, горячего водоснабжения, сушки, дистилляции и пр. [1 – 3]. Не менее важным фактором есть универсальность ТНУ, которые могут использоваться как нагреватели и охладители одновременно, преобразуя тепловые отходы в кондиционную тепловую энергию, пригодную для теплоснабжения. Большинство иностранных и отечественных специалистов считает, что ТНУ будут занимать основное место в низкотемпературных системах теплоснабжения. Значительные экономические и экологические преимущества ТНУ рассматриваются в качестве перспективной технологии в области тепло- и холодоснабжения. К сожалению, у нас работы по внедрению ТНУ практически находятся на начальной стадии. Не определены масштабы и области наиболее эффективного применения ТНУ. Между тем, экономия топлива в системах централизованного теплоснабжения коммунально-бытового сектора может составлять от 20 до 30 % [4].

Основной причиной, сдерживающей внедрение теплонасосных установок в котельных, является отсутствие низкотемпературного источника теплоты. Однако такой источник может быть создан за счет глубокой утилизации теплоты продуктов сгорания (отходящих газов), которые удаляются из котлов в дымовую трубу. Для утилизации этой теплоты можно использовать так называемые контактные экономайзеры (КЭ) с конденсацией влаги, которая содержится в продуктах сгорания. Такие КЭ оригинальной конструкции с насадками жалюзийного типа разработаны на кафедре теплоэнергетики Винницкого национального технического университета, а также разработана методика их расчетов [5]. С учетом вышеизложенного ставилась задача оценить эффективность использования ТНУ в котельных, оборудованных КЭ для утилизации теплоты отходящих газов.

Основные результаты

Принципиальная схема водогрейного котла с контактным экономайзером и теплонасосной установкой показана на рис. 1.

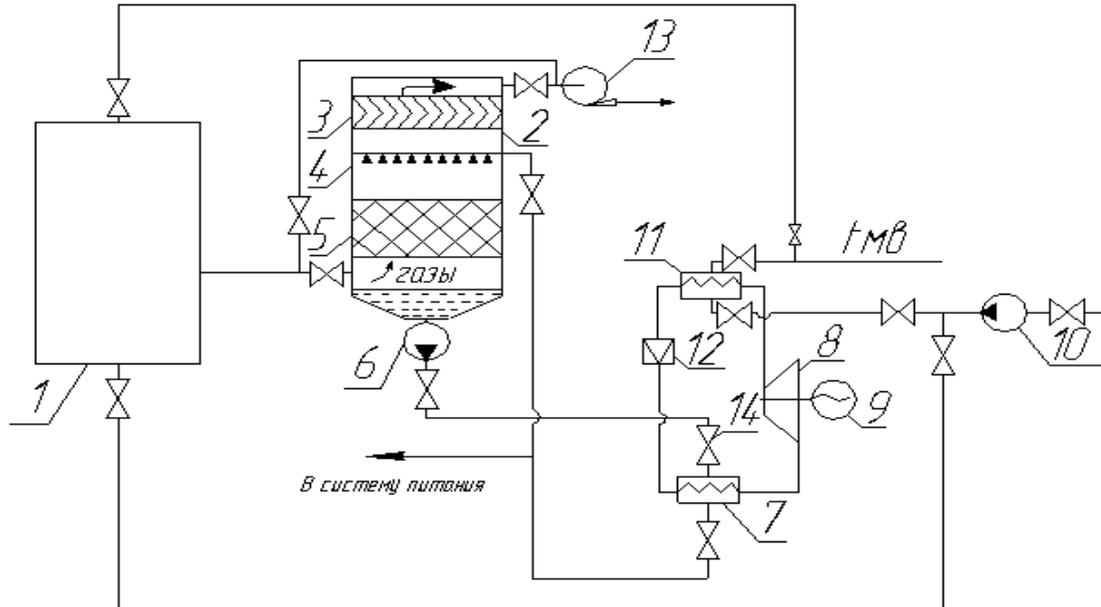


Рис. 1. Тепловая схема котла с КЭ и ТНУ: 1 – водонагревательный котел; 2 – корпус; 3 – сепаратор (каплеотделитель); 4 – форсунки для распыления воды; 5 – регулярная насадка жалюзийного типа; 6 – циркуляционный насос; 7 – испаритель ТНУ; 8 – компрессор ТНУ; 9 – электродвигатель; 10 – сетевой насос; 11 – конденсатор ТНУ; 12 – дроссельный вентиль; 13 – дымосос; 14 – запорная арматура

Температура отходящих газов из отечественных водогрейных котлов, работающих на природном газе, составляет, как правило, 130 – 350°C. Эффективность работы котлов можно и нужно повышать за счет уменьшения температуры отходящих газов. Однако для предотвращения конденсации водяных паров из продуктов сгорания топлива в газоходах и дымовой трубе температура отходящих газов должна быть не менее 85 – 90°C. С этой целью отходящие газы разделяются на два потока. Один поток в количестве 35% от общего расхода газов с температурой 130°C подается на дымосос 13. Другой поток с расходом 65% поступает в контактный экономайзер 2. В контактном экономайзере охлаждающая вода разбрызгивается форсунками 4 и далее тонкой пленкой стекает по жалюзийным каналам насадки 5, контактируя с отходящими газами.

В результате охлаждения газов, водяные пары, входящие в состав продуктов сгорания, конденсируются и вместе с охлаждающей водой, которая подогревается до 50°C, собирается в поддоне КЭ. Газы охлаждаются до температуры 65°C, проходят сквозь сепаратор 3 и поступают во всасывающую линию дымососа 13. Перед дымососом образуется смесь газов с температурой

93 – 95°C, которая выбрасывается в дымовую трубу. Из поддона КЭ вода циркуляционным насосом 6 прокачивается через испаритель ТНУ 7, где охлаждается до 30 – 35°C и вновь направляется на форсунки 4. За счет теплоты, подведенной в испаритель 7, холодоагент ТНУ испаряется, а сухой насыщенный пар его поступает в компрессор 8, который вращает электродвигатель 9. Сжатый пар холодоагента поступает в конденсатор ТНУ 11, где конденсируется и отдает теплоту сетевой воде, которая прокачивается сетевым насосом 10. Подогретая сетевая вода поставляется тепловым потребителям системы отопления и горячего водоснабжения. Конденсат холодоагента дросселируется в дроссельном вентиле 12 и вновь поступает в испаритель ТНУ 7.

Исследовалась эффективность работы предложенной установки с типовым водогрейным котлом ПТВГ-30 мощностью 34,86 МВт. Рабочее топливо – природный газ с теплотой сгорания на сухую массу 33,4 МДж/м³, ценою 2500 грн за 1000 м³. Расход топлива и отходящих газов составляет 1,1344 м³/с и 16,359 м³/с, соответственно. Считалось, что в отопительный и межотопительный период котел работает с номинальной нагрузкой. Продолжительность отопительного периода составляла 4500 час, а межотопительного – 3600 час. Цена потребляемой электроэнергии равнялась 650 грн за 1 МВт·час. В процессе исследований варьировалась температура сетевой воды $t_{св}$ на выходе из конденсатора. Рабочим телом в ТНУ выбран аммиак. Методика расчетов разработана и изложена в [4, 5].

Основные показатели работы комбинированной установки приведены на рисунках 2, 3 и 4. На рис. 2 показано изменение тепловой мощности Q_k , которая отводится из конденсатора ТНУ в тепловую сеть и коэффициента преобразования энергии (отопительного коэффициента) ϕ , характеризующего эффективность работы ТНУ.

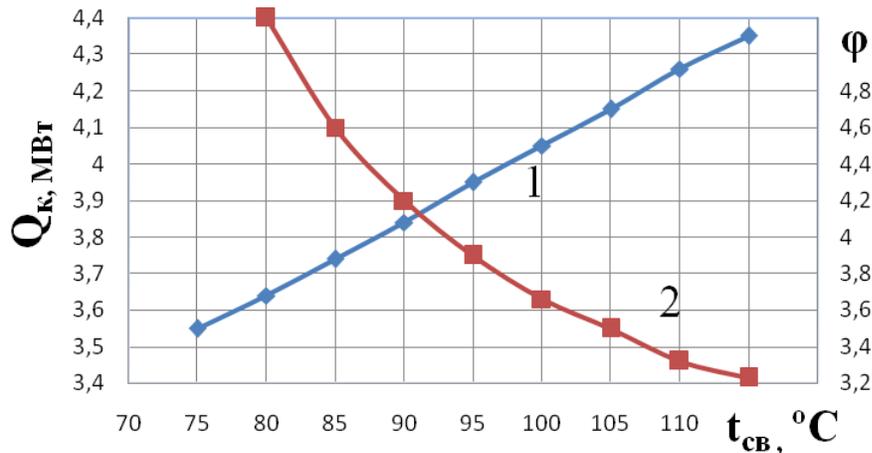
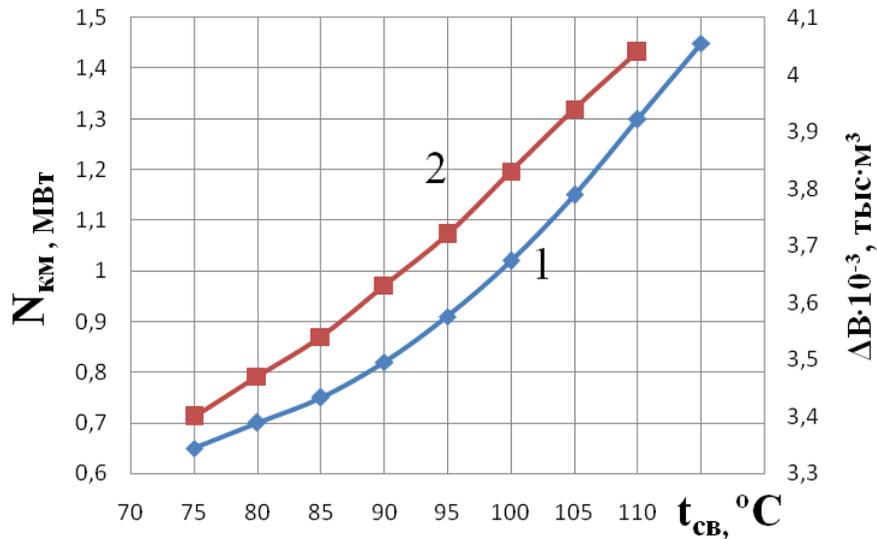


Рис. 2. Зависимости: $Q_k = f(t_{св})$ (линия 1); $\phi = f_1(t_{св})$ (линия 2)

На рис. 2 видно, что с увеличением температуры сетевой воды мощность отведенной из конденсатора ТНУ теплоты линейно растет, но в то же время снижается эффективность работы ТНУ вследствие возрастания мощности компрессора $N_{км}$ (см. рис. 3). Следует отметить также, что при $t_{св}=110^\circ\text{C}$ значение ϕ составляет 3,3 и является достаточно приемлемым для практики эксплуатации теплонасосных установок.

За счет утилизации теплоты отходящих газов и использования ТНУ необходимая мощность водогрейного котла уменьшается на величину Q_k , которая подводится в тепловую сеть из конденсатора ТНУ. Это обуславливает определенную годовую экономию топлива ΔB вследствие меньшего расхода рабочего топлива в котле. Значения величины ΔB и мощности компрессора ТНУ в зависимости от температуры сетевой воды показаны на рис. 3.

Рис. 3. Характер изменения $N_{км}$ (кривая 1) и ΔB (кривая 2)

Понятно, что благодаря экономии топлива уменьшаются денежные затраты на топливо ΔS . Вместе с тем возрастают годовые расходы на электроэнергию ΔZ вследствие работы циркуляционного насоса 6 и компрессора ТНУ 8. На рис. 4 приведены текущие значения ΔS и ΔZ .

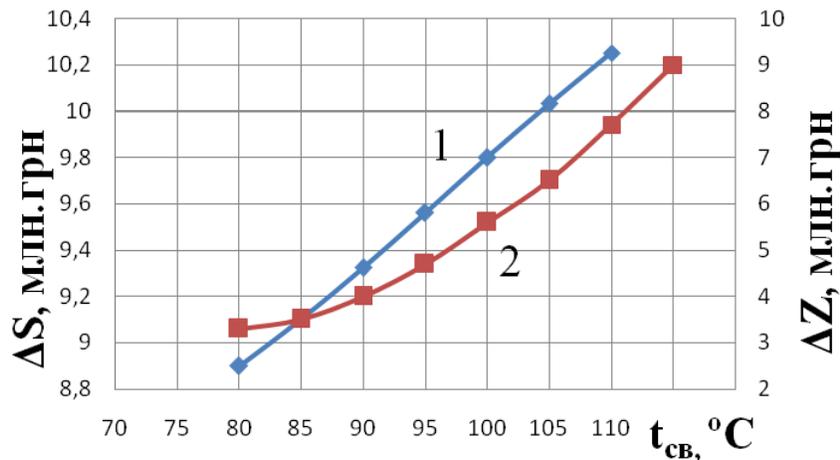


Рис. 4. Значения экономии средств на топливо (линия 1) и перерасходов средств на электроэнергию (линия 2)

Разница между ними составляет экономию средств на энергоносители. Эта экономия тем больше, чем меньше значения $t_{св}$. В рассмотренном диапазоне изменения $t_{св}$ она уменьшается на 32%. Для межотопительного периода температура сетевой воды, как правило, не превышает 75°C . В этот период экономия средств на энергоносители будет наибольшей, составляя 6,6 млн. грн. Расчеты показали, что в случае оплаты за поставляемую электроэнергию в ночные часы по льготному тарифу, который вдвое дешевле дневного, экономию средств на энергоносители можно увеличить еще на 10–12%.

Экономия условного топлива приводит к уменьшению расходов кислорода и вредных выбросов в атмосферу. По методике ГДК 34.02.305-2002 “ Викиди забруднючих речовин в атмосферу від енергетичних установок ” рассчитаны значения этих величин, результаты которых сведены в таблицу.

Показатели	Температура сетевой воды, °С			
	80	90	100	110
Газовая экономия топлива, %	10,46	11	11,66	12,21
Годовая экономия кислорода, тонн.	897,68	944,02	1001,62	1048,87
Уменьшение вредных выбросов, тонн:				
Окиси углерода,	0,482	0,508	0,541	0,563
Двуокиси углерода,	843,55	848,57	941,42	983,96
Оксидов азота.	9,555	10,05	10,61	11,14

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения установок предложенного типа и являются необходимой предпосылкой для оценки эффективности таких установок. При наличии теплофикационных нагрузок они могут использоваться и в промышленных котельных.

Выводы

Более полная утилизация теплоты отходящих газов из котлов и ее использование в теплонасосных установках может быть реализована без сложных преобразований тепловой схемы котельной.

Применение контактных экономайзеров с теплонасосными установками позволяет увеличить тепловую мощность котельной на 10 – 20%, одновременно на столько же уменьшить расходы топлива и количество вредных выбросов в атмосферу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Проценко В. П. Тепловые насосы в капиталистических странах / В. П. Проценко. // Теплоэнергетика, 1998. – №3. – С. 70 – 74.

Клер А. М. Сопоставление эффективности использования низкотемпературной теплоты для комбинированной теплопроизводящей установки с тепловым насосом / А. М. Клер, А. Ю. Мариненко // Сб. Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов. – Благовещенск, 2003. – Т.2. – С. 278 – 283.

Groff G. G. Heat pumps in the USA: 1950-1990. / G. G. Groff International edition, 1990. – A38. – 46 p.

Чепурний М. М. Аналіз енергетичної ефективності застосування теплонасосних установок в системах централізованого теплопостачання / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко // Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2002. – №4. – С. 52 – 55.

5. Чепурний М. М. Розрахунки тепломасообмінних апаратів / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 129 с.

Чепурной Марк Николаевич – к. т. н., профессор кафедры теплоэнергетики.

Ткаченко Станислав Иосифович – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой теплоэнергетики.

Куцак Ольга Владимировна – студентка института строительства, теплоэнергетики и газоснабжения.

Винницкий национальный технический университет.