

А.В. ЕФИМОВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
А.Л. ГОНЧАРЕНКО, ассистент, НТУ «ХПИ»,
Т.А. ГАРКУША, н. сотр., НТУ «ХПИ»

АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Показано, что в умовах постійного зростання цін на природний газ й недостатнього фінансування та інвестицій в розвиток систем теплопостачання, а також наявність великого енергозберігаючого потенціалу на підприємствах комунальної теплоенергетики застосування автономних джерел теплоти конденсаційного типу є актуальним й своєчасним

Показано, что в условиях постоянного роста цен на природный газ и недостаточного финансирования и инвестиций в развитие систем теплоснабжения, а также наличия большого энергосберегающего потенциала на предприятиях коммунальной теплоэнергетики применение автономных источников теплоты конденсационного типа является актуальным и своевременным

The positive role of heat sources of condensing type in energy saving for municipal energy systems is discussed taking into account the gas prices increasing and lack of investations

В соответствии с основными положениями концепции Национальной стратегии теплообеспечения населенных пунктов Украины и стратегии коммунальной электроэнергетики Украины на период до 2030 г. ситуация в сфере жилищно-коммунального хозяйства характеризуется как напряженная и даже критическая [1, 2]. Связано это с дефицитностью и дороговизной природного газа и низкой эффективностью производства теплоты с помощью большого количества морально и физически устаревших котлов небольшой мощности типа «Универсал», НИИСТУ-5 и т.п., КПД которых не превышает 60-80 % [2, 3]. Перспективным направлением технического перевооружения систем теплоснабжения является вывод из эксплуатации нерентабельных котельных, внедрение автономных источников теплоснабжения и воплощение программы децентрализации теплоснабжения [1, 2]. В последние годы в Украине наблюдается увеличение доли децентрализованных систем теплоснабжения и горячего водоснабжения [3, 4]. Это обусловлено тем, что, как указывается в [3], существенно возросла стоимость энергетических услуг, предоставляемых предприятиями централизованного теплоснабжения, что, в свою

очередь, связано с удорожанием дефицитных видов топлива, таких как природный газ и мазут. В этих условиях индивидуальное теплоснабжение является экономически более выгодным и поэтому привлекательным. Как правило, автономные системы теплоснабжения и горячего водоснабжения внедряются на промышленных предприятиях относительно небольшой мощности: в агропромышленном комплексе, в пищевой промышленности, в торговых центрах, в больницах, в административных зданиях и офисах, в индивидуальных жилых постройках и т.п., где для технологических целей требуются пар и вода различных параметров.

В качестве источников генерации пара и горячей воды применяются паровые и водогрейные котлы небольшой производительности как отечественного, так и зарубежного производства, которые работают на природном газе и устанавливаются непосредственно в зоне их эксплуатации. Экономический эффект от внедрения децентрализованного теплоснабжения может быть достаточно весомым, так как нет необходимости в строительстве здания котельной; из-за отсутствия протяженных теплотрасс практически исключаются потери теплоты в окружающую среду; существенно уменьшаются капитальные затраты на оборудование и его монтаж; повышаются возможности ведения оптимальных режимов эксплуатации; растет уровень безотказности и надежности систем теплоснабжения. Например, в среднем в Украине, только из-за аварийного состояния устаревших конструкций трубопроводов, расположенных в бетонных каналах, и их тепловой минераловатной изоляции в системах централизованного теплоснабжения теряется около 30 % вырабатываемой теплоты [3]. В то же время себестоимость теплоты, вырабатываемой в автономной системе теплоснабжения, в 1,5÷1,6 раза меньше по сравнению с централизованной [5]. В связи с повышенным интересом к автономным системам теплоснабжения в Украине, России, Белоруссии и в других странах СНГ появилось большое количество фирм, производящих водогрейные котлы мощностью 50-1200 кВт (в основном газотрубные), паровые котлы паропроизводительностью 1-5 т/ч, водонагреватели различной теплопроизводительности. Коэффициент полезного действия таких котлов, рассчитанный по низшей теплоте сгорания топлива, не превышает 89-92 %. В котлах, использующих в качестве топлива природный газ и мазут, температура уходящих продуктов сгорания топлива

составляет 150-230 °С. В связи с этим КПД котла определяется практически величиной потерь теплоты с уходящими газами, которая достигает 7-10 %. По данным, приведенным в [6], автономные генераторы теплоты покрывают порядка 17 % потребности России в паре и горячей воде. В [3] сообщается, что индивидуальные котлы и котельные предприятия Украины потребляют более 30 % топлива, расходуемого на теплоснабжение, горячее водоснабжение и технологические нужды.

В соответствии с вышеизложенным, в условиях постоянного роста цен на топливо, недостаточного финансирования и ограниченных инвестиций в развитие систем теплоснабжения важным и актуальным звеном государственной стратегической политики становится энергосбережение, основным направлением которого является экономия топливно-энергетических ресурсов. Зарубежный опыт показывает, что замена небольших отопительных котлов традиционного типа на конденсационные котлы в системе индивидуального теплоснабжения позволяет снизить стоимость отопления почти на 30 % [3], применение автономных конденсационных водонагревателей, по мнению авторов [3] дает возможность уменьшить стоимость вырабатываемой теплоты в 2÷3 раза по сравнению с централизованной системой теплоснабжения. Поэтому, одним из решений задач энергосбережения является модернизация и реконструкция существующих котлов путем их перевода в конденсационные. Во многих публикациях, например, в [3, 7–9], отмечается, что глубокая утилизация теплоты уходящих из котлов газов за счет их охлаждения до температур 30-40 °С (ниже точки росы), позволяет на 10-15 % снизить расход топлива при относительно небольших капитальных затратах на модернизацию. Реализация идеи глубокой утилизации теплоты уходящих газов осуществляется с помощью различных теплотехнологических схем, предусматривающих использование конденсационных котлов, контактных теплообменных аппаратов (ТА), ТА поверхностного типа, ТА с тепловыми трубами и термосифонами, ТА с промежуточными теплоносителями, водонагревателей конденсационного типа и др. При этом основными требованиями, предъявляемыми к ним, являются: простота конструкции, низкая материалоемкость, дешевизна материалов и теплоносителей, компактность (в связи с отсутствием, как правило, площадей в котельных для размещения дополнительного оборудования), высокое каче-

ство нагреваемой воды с точки зрения ее использования потребителями, небольшие капитальные и эксплуатационные затраты, небольшой срок окупаемости, надежность и долговечность и т.п.

Учитывая это, авторы работы [9] предложили теплоутилизационную систему, в состав которой входят: котел, конденсационный воздухоподогреватель (КВП) и конденсационный теплообменный аппарат (КТА) для нагрева воды, используемой в системе горячего водоснабжения. Нагрев воздуха, подаваемого в горелочные устройства котла и в газоотводящий тракт для его защиты от коррозии, осуществляется в КВП, в котором с целью обеспечения высокой компактности применяется промежуточный шарообразный теплоноситель, обладающий высокой удельной поверхностью теплообмена. Нагрев воды осуществляется за счет низкопотенциальной теплоты, выделяющейся при конденсации водяных паров из дымовых газов. В этих условиях наиболее приемлемым вариантом теплообменной поверхности являются оребренные трубные пучки с антикоррозионной защитой. Так как коэффициенты теплопередачи при конденсации водяных паров из продуктов сгорания могут достигать 160-220 Вт/м²К, это позволяет обеспечить относительно низкие массогабаритные характеристики КТА. Применение предлагаемой теплоутилизационной системы в процессе модернизации котельных установок позволяет осуществить экономию природного газа на 12–15 % [9].

В качестве примера, подтверждающего целесообразность применения данного варианта глубокой утилизации теплоты уходящих газов, на кафедре парогенераторостроения НТУ «ХПИ» разработана теплоутилизационная система на базе парового котла. Е-1,0-0,9 ГЗ, работающего на природном газе и не имеющего в своем составе воздухоподогревателя. Котел вырабатывает насыщенный пар в количестве 0,278 кг/с (1 т/ч), который используется для технологических нужд. В соответствии с тепловым расчетом котла температура уходящих газов составляет 200 °С и поэтому КПД котла, рассчитанный по низшей теплоте сгорания топлива, не превышает 88,73 %, т.к. потеря теплоты с уходящими газами высока (8,77 %). С целью снижения потери q_2 предлагается снизить температуру уходящих газов до 35 °С, используя в качестве охлаждающих сред воздух и воду с температурой 10 °С. Выполненный тепловой расчет системы «котел-КВП-КТА» подтверждает высокую эффективность глубокой

утилизации теплоты уходящих газов: КПД системы составляет 103,67 % (расчет осуществлен по низшей теплоте сгорания топлива), т.е. повышается на 14,94 %. Это дает возможность получить экономию топлива на 14.46 %. При сохранении расхода топлива на неизменном уровне количество полезно используемой теплоты увеличивается с 736,2 кВт в котле до 860,3 кВт в системе. В системе осуществляется нагрев воздуха от 10 °С до 173,2 °С расходом 0,3696 кг/с, который используется для подачи в топку котла с целью интенсификации процесса горения топлива и для повышения температуры уходящих из системы газов с целью защиты газоотводящего тракта от коррозии и разрушения.

Также система позволяет получить дополнительную продукцию в виде горячей воды расходом 0,4455 кг/с (1603,8 кг/ч) и температурой 49 °С. Кроме этого, конденсат расходом 0,029384 кг/с (105,8 кг/ч) после его дегазации может быть использован в качестве подпитки котла или системы теплоснабжения, снижая, тем самым, затраты на водоподготовку. В случае необходимости повышения температуры воды до 65 °С можно использовать насыщенный пар из котла в количестве 0,012 кг/с (4,3 % выработки пара). Аналогичные результаты получены для системы, созданной на основе водогрейного котла ТПВ-200.

Выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления.

1. Применение автономных источников теплоты позволяет существенно снизить затраты на теплоснабжение населенных пунктов по сравнению с централизованным теплоснабжением.

2. При решении задач энергосбережения путем модернизации и реконструкции существующих котлов высокоэффективной является технология глубокой утилизации теплоты уходящих дымовых газов.

Список литературы: 1. *Долінський А.А.* Основні положення концепції Національної стратегії тепло забезпечення населених пунктів України / *А.А. Долінський, Б.І. Басок, Є.Т. Базеев, Г.П. Кучин* // Промышленная теплотехника. – 2009. – т. 31. – № 4. – С. 68–77. 2. *Покровский Л.Л.* Стратегия коммунальной электротеплоэнергетики Украины на период до 2030 года / *Л.Л. Покровский, Г.М. Семчук, П.Ю. Зембицкий* // Новости теплоснабжения. –2010. – № 9. С. 5–19. 3. *Сезоненко Б.Д.* Децентралізоване виробництво теплової енергії та розробка енергоефективних водонагрівачів для його реалізації / *Б.Д. Сезоненко, В.Ю. Нікітін, О.Б. Сезоненко та ін.* // Екотехнологии и ресурсосбережение. – 1999. – № 3. – С. 30–36. 4. *Марченко Г.С.* Котлы средней мощности для автономных систем теплоснабжения / *Г.С. Марченко* // Эколо-

гия и ресурсосбережение. – 1999. – № 3. – С. 112–116. **5.** *Новгородский Е.Е., Мишнер Й. и др.* Экономическая и экологическая оценка применения автономных систем энергосбережения / *Е.Е. Новгородский, Й. Мишнер* // Энергосбережение и водоподготовка. – 2002. – № 3. – С. 89. **6.** *Ковылянский Я.А.* Развитие теплофикации в России / *Я.А. Ковылянский* // Теплоэнергетика. – 2000. – № 12. – С. 7–10. **7.** *Басин Г.Л.* Конденсационные отопительные котлы / *Г.Л. Басин*. // Водоснабжение и сантехника. – 1987. – № 10. – С. 25–27. **8.** *Ефимов А.В.* Повышение экономичности водогрейных газомазутных котлов ОАО “Дорогобужкотломаш” / *А.В. Ефимов, К.Э. Цымбал, Л.В. Гончаренко и др.* // Сб. ХГПУ Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье. – 1999. – Вып. 7. – Ч. 3. – С. 25–28. **9.** *Ефимов А.В.* Математическая модель системы «котел–теплоутилизатор» / *А.В. Ефимов, А.Л. Гончаренко.* // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ «ХПИ», – 2010. – № 21. – С. 76–87.

Поступила в редколлегию 07.06.11