

Энергосберегающие технологии

УДК 662.65.096.5

Модернизация водогрейных отопительных котлов мощностью до 1 МВт

*Сигал И.Я.¹, Лавренцов Е.М.¹, Сигал А.И.²,
Кучин Г.П.², Скрипко В.Я.², Быкорез Е.И.²*

¹ *Институт газа НАНУ, Киев*

² *Институт технической теплофизики НАНУ, Киев*

В коммунальной теплоэнергетике Украины большое количество котлов мощностью до 1 МВт, сжигающих газообразное топливо или уголь, работает с КПД 70–75 %. Рассмотрены технические решения, которые позволяют вместо демонтажа малоэффективных котлов НИИСТУ-5 произвести их модернизацию с повышением КПД до уровня современных котлов: до 91,5 % при работе на газе и до 85 % при работе на угле. Показано, что установка дополнительной конвективной поверхности дает возможность повысить КПД до 91,6 % и теплопродуктивность до 0,9 Гкал/ч. Установка промежуточных керамических излучателей повышает КПД котла на 4–5 %. Срок окупаемости котлов составляет 1,5–2 года.

Ключевые слова: коммунальная теплоэнергетика, котел, газ, уголь, мощность, КПД.

У комунальній теплоенергетиці України велика кількість котлів потужністю до 1 МВт, що спалюють газоподібне паливо або вугілля, працює з ККД 70–75 %. Розглянуто технічні рішення, які дозволяють замість демонтажу малоєфективних котлів НИИСТУ-5 провести їх модернізацію з підвищенням ККД до рівня сучасних котлів: до 91,5 % при роботі на газі та до 85 % при роботі на вугіллі. Показано, що встановлення додаткової конвективної поверхні дає змогу збільшити ККД до 91,6 % та теплопродуктивність до 0,9 Гкал/ч. Встановлення проміжних керамічних випромінювачів збільшує ККД котла на 4–5 %. Термін окупності котлів складає 1,5–2 роки.

Ключові слова: комунальна теплоенергетика, котел, газ, вугілля, потужність, ККД.

В коммунальной теплоэнергетике Украины на теплоснабжающих предприятиях работает около 42 тыс. котлов мощностью от 0,5 до 100 МВт. До 20 % всего тепла производится малоэффективными котлами типа НИИСТУ-5, НР-18, Надточия, Универсал, Минск и др. [1–3]. Среди котлов малой теплопроизводительности (0,5–1,0 МВт) котлов типа НИИСТУ-5 более 7 тыс. шт. Кроме того, тысячи котлов типа НИИСТУ-5 эксплуатируются в сельском хозяйстве и на промышленных предприятиях. Котлы

в основном работают на природном газе и лишь около 300 из них — на угле.

Котлы НИИСТУ-5 на сегодня не выпускаются отечественными заводами и ремонтируются теплоснабжающими предприятиями за счет плановых ремонтов. Некоторое количество котлов НИИСТУ-5 и других мощностью до 1 МВт демонтируется и заменяется на новые относительно дорогостоящие котлы, например, на жаротрубные. Котлы типа НИИСТУ-5 имеют преимущества над жаротрубными котлами: боль-

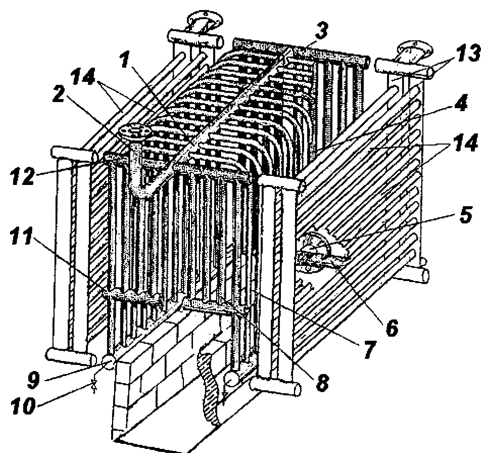


Рис.1 Модернизация теплообменной поверхности котла НИИСТУ-5: 1 — коллектор выхода воды на потребление; 2 — коллектор верхний; 3 — коллектор заднего топочного экрана; 4 — трубы заднего топочного экрана; 5 — коллектор входа воды в котел; 6 — коллектор нижний заднего топочного экрана; 7 — трубы бокового топочного экрана; 8 — трубы переднего топочного экрана; 9 — коллекторы нижних боковых топочных экранов; 10 — вентили на продувочных линиях; 11 — коллекторы нижние переднего топочного экрана; 12 — коллектор верхний переднего топочного экрана; 13, 14 — дополнительные конвективные поверхности нагрева.

шая надежность, ремонтпригодность (при выходе из строя любой трубы теплообменной поверхности нетрудно провести замену). Однако эффективность котлов НИИСТУ-5, на каком бы топливе они ни работали, нельзя считать удовлетворительной — котлы имеют КПД 75–80 % на газе и не выше 70 % на угле.

Причины малой эффективности этих котлов заключаются в конструктивных недостатках, а именно: в отсутствии конвективной поверхности нагрева, а угольных котлов еще и в несовершенстве колосниковой решетки. Заменить за 5–8 лет весь парк работающих котлов типа НИИСТУ-5 на современные эффективные с КПД 91 % сегодня нет возможности из-за нехватки средств у теплоснабжающих предприятиях. Так, на ноябрь 2008 г. стоимость котла типа КСВа теплопроизводительностью 0,63 МВт составляла около 100 тыс. грн. Если к стоимости котла прибавить стоимость демонтажных и монтажных работ, то замена одного котла обойдется предприятию около 140 тыс. грн (замена котла НИИСТУ-5, работающего на угле, на 15–20 % дешевле стоимости замены газового котла). Но далеко не все предприятия имеют такую возможность.

На сегодня актуальным становится вопрос экономии природного газа или замены его использования как топлива для отопительных котлов на отечественный уголь. В этой связи актуальной во многих случаях является задача не замены, а модернизации газовых котлов ти-

па НИИСТУ-5 для повышения их эффективности, а также возможности при необходимости сжигать уголь, особенно в районах, связанных с добычей угля (Донецкая, Луганская, Волынская обл.). Разработка и внедрение технических решений модернизации создаст возможность повысить эффективность работы котла при сжигании газа и угля и одновременно повысить надежность теплоснабжения в условиях непоставки природного газа.

Оснащение котлов дополнительной конвективной поверхностью

Для повышения эффективности использования топлива предусматривается установка дополнительной поверхности нагрева в конвективных газоходах котла. Конвективная поверхность нагрева может быть установлена в левом и правом газоходах котла и представляет собой двухрядный пакет из труб диаметром 57 × 3,0 мм, вваренных с шагом 85 мм в вертикальные стойки диаметром 76 × 3,5 мм (рис.1) [4, 5].

Трубы поверхности нагрева диаметром 57 × 3,0 мм размещаются поперечно потоку продуктов сгорания. Теплообмен между поперечно установленными трубами и продуктами сгорания более интенсивный по сравнению с продольным омыванием тыльной стороны труб промежуточного экрана котла, конвективные газоходы которого образованы с помощью соответствующего оребрения труб вышеназванных экранов. Вертикальные стойки со стороны входа и выхода воды торцами вварены в коллекторы из труб диаметром 168 × 5,0 мм. Для установки двухрядного пакета необходимо ширину боковых конвективных газоходов увеличить до 185 мм. Конвективный газоход заднего экрана ликвидируется его замуровкой. Таким образом, в реконструированном котле вместо трех будет два конвективных газохода.

Продукты сгорания из топki через два окна в верхней части промежуточного экрана поступают в расширенные газоходы конвективных шахт с установленными в них дополнительными двухпакетными теплообменниками. После теплообменников продукты сгорания поступают в лежаки котла, которые должны быть расширены в таких же пропорциях, как и конвективные шахты. Ожидается, что при использовании природного газа теплопроизводительность реконструированного котла увеличивается на 50 % с одновременным увеличением КПД котла до 91,6 %. При этом небольшое аэродинамическое сопротивление и увеличение гидравлического сопротивления всего лишь на 0,4 кгс/см² позволяет использовать при эксплуатации котлов

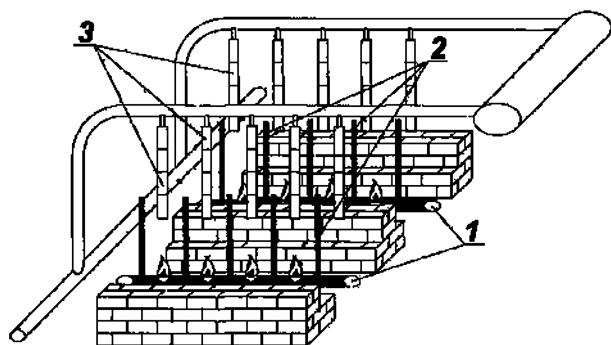


Рис.2. Реконструкция котла НИИСТУ-5: 1 – модернизированная подовая горелка; 2 – стержневые промежуточные излучатели; 3 – навесные промежуточные излучатели.

существующее оборудование. При реконструкции действующего котла, который работает на угле (необходимо устанавливать конвективный пакет из вертикальных труб), ожидается повышение теплопродуктивности на 35–40 % и увеличение КПД котла до 85 %. Для повышения только КПД нужно установить вместо двухрядной дополнительной поверхности однорядную. В этом случае увеличение ширины газохода составляет 100 мм, КПД повышается для угольного котла до 85 %, а газового – до 91,6 %.

Применение промежуточных керамических излучателей

С целью повышения КПД котла НИИСТУ-5 и снижения выбросов токсичных веществ в атмосферу проведена реконструкция топки котла установкой промежуточных керамических излучателей (рис.2). Роль промежуточных излучателей заключается в том, что они воспринимают тепло селективным излучением и конвекцией от продуктов сгорания и передают его полным спектром излучения к водоохлаждаемым поверхностям, расположенным в топке [6].

Применение промежуточных излучателей обеспечивает интенсификацию топочного теплообмена, за счет чего увеличивается теплоотдача в топке и соответственно повышается КПД котлов и уменьшается расход топлива. Введение в зону факела промежуточных излучателей позволяет снизить максимальные температуры в зоне горения, за счет чего уменьшаются образование и соответственно выбросы оксидов азота, а также повышается надежность и увеличивается срок эксплуатации котла. Промежуточные излучатели целесообразно применять только в котлах, работающих на газе (так как

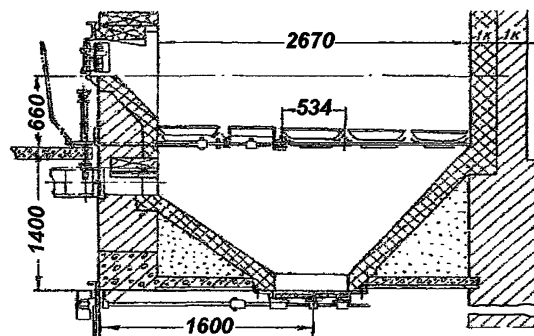


Рис.3. Колосниковая решетка.

газовый факел имеет малую степень черноты $a_f \approx 0,3-0,4$). Предприятия, у которых в настоящее время нет возможности провести полноценную модернизацию, могут провести малую модернизацию за счет средств на текущий ремонт и установить в топках котлов только промежуточные излучатели. Это даст возможность повысить КПД котлов на 4–5 %. При проведении полной модернизации с установкой конвективных поверхностей нагрева установка промежуточных излучателей целесообразна в основном только с точки зрения уменьшения образования токсичных веществ в дымовых газах.

Использование промежуточных излучателей позволяет: а) увеличить теплоотдачу в топке котла; б) увеличить КПД котла на 3–5 % и следовательно уменьшить расход природного газа; в) снизить максимальную температуру в зоне горения на 30–70 °С; г) снизить образование оксидов азота на 20–30 %; д) повысить надежность эксплуатации и увеличить срок службы котлов на 10–20 %, или на 5–8 лет.

Для изготовления излучателей используется легковесный материал на основе кремнеземистых волокон. Технология не требует больших капиталовложений и эксплуатационных расходов. Срок окупаемости 1–2 года.

Показатели работы реконструированных котлов НИИСТУ-5

Показатель	Дополнительная поверхность	
	двухрядная	однорядная
Ожидаемая теплопродуктивность, Гкал/ч	0,8/0,9	0,50/0,55
Радиационная поверхность нагрева, м ²	17/17	17/17
Конвективная поверхность нагрева, м ²	35,7/35,7	18/18
Расход топлива: уголь/газ, (кг/ч)/(м ³ /ч)	178/113,2	90/66
Расход воды через котел, м ³ /ч при $t_{\text{вых}} = 95\text{ °C}$	26,5/26,5	12/12
Температура уходящих газов, °С	190/170	190/170
КПД котла, %	85/91	85/91
Гидравлическое сопротивление, кгс/см ²	0,4/0,4	0,4/0,4
Аэродинамическое сопротивление, кгс/м ²	100/3,0	100/3,0

Примечание. В числителе – показатели котлов, работающих на угле; в знаменателе – на природном газе.

Установка колосниковой решетки

Для перевода газового котла на сжигание угля предлагается выполнить демонтаж горелки, отключить согласно правилам безопасности в газовом хозяйстве распределительную газовую сеть в котле и установить в топке котла колосниковую решетку (рис.3). Тип решетки будет определяться при разработке технической документации на модернизацию котла [7].

Для надежного обеспечения процесса сжигания угля необходимо установить дутьевой вентилятор, например, В-44-75 ($N = 1,5$ кВт, $W = 3000$ об./мин, $Q = 8500-4400$ м³/ч, $P = 170-1700$ Па). Вентилятор маломощный, дешевый, производится вентиляторным заводом «Горизонт» в г. Гадяч Полтавской обл. Стоимость вентилятора с электромотором на ноябрь 2008 г. составляла 950 грн.

Установка эффективной легкоразборной изоляции

КПД котла зависит от некоторых фактов, в том числе потерь теплоты в окружающую среду (q_5). Снижение q_5 можно достичь установлением разборной теплоизоляции вместо кирпичной. Возможность снятия теплоизоляции за короткий срок повысит ремонтпригодность котла и его надежность.

Обмуровка котлов НИИСТУ-5 состоит из задней, передней и боковых стенок, изготовленных из огнестойкого и строительного кирпича. Установка кирпичной изоляции — процесс трудоемкий. Периодически, раз в 2–3 года, обмуровка восстанавливается, при этом до 40 % кирпича выбрасывается в отвал.

Предлагается внедрить при модернизации котла технические решения облегченной конструкции тепловой изоляции котла с улучшением эстетичного вида котла, уменьшением подсоса через неплотности и уменьшением потери тепла в окружающую среду с использованием современных теплоизоляционных материалов [8]. При подборе теплоизоляционных материалов рассматривалось несколько вариантов: плиты мягкие теплоизоляционные ПМТБ (2А, 2В, 2Б); теплоизоляционные материалы на основе перлита (кирпич А3, А1, плита Б1, Б3, Б5); теплоизоляционные материалы польской фирмы «ROCKWOOL»; базальтоволоконистые плиты ПЖТЗ-Х (2А, 2В, 2Б). Технические характеристики: плотность — 280–300 кг/м³; прочность при изгибе — 0,5 МПа; прочность при расслоении — 0,05 МПа; теплопроводность — 0,046 Вт/(м·К). В результате сравнительного анализа для изоляции котлов НИИСТУ-5 были выбраны базальто-волоконистые плиты ПЖТЗ-Х.

Расчеты показали, что толщина изоляции задней, передней и боковых стенок котла составляет 24 мм. Расчетная толщина потолка из базальтоволоконистых плит ПЖТЗ составляет 54 мм. Так как толщина одной плиты равна 19 мм, то задняя, передняя и боковые стенки котла следует выполнить из двух слоев плит, то есть толщиной 38 мм, а потолок котла из трех слоев плит толщиной 57 мм.

Расчет потерь в окружающую среду показал, что с 1 м² поверхности котла при кирпичной обмуровке тепловые потери составляют 1400 Вт, а при изоляции плитами ПЖТЗ — 990 Вт.

На предприятии «Ирпеньтепелосеть» Киевской обл. проведена реконструкция 8 котлов НИИСТУ-5 с установкой дополнительных конвективных поверхностей и использованием облегченной высокоэффективной изоляции многократного использования на основе базальтовых плит. При этом КПД отопительных котлов составлял 91,5 %.

Таким образом, в результате реконструкции потери тепла в окружающую среду уменьшатся на 30 %, котлы станут более ремонтнопригодными и приобретут современный вид.

В таблице приведены технические показатели реконструированных котлов НИИСТУ-5 для работы на газе и угле.

По предварительным оценкам, стоимость модернизации одного котла составляет до 40 тыс. грн. Окупаемость котла — не более 2 лет.

Выводы

Рассмотрены технические решения, которые позволяют вместо демонтажа работающих малоэффективных котлов НИИСТУ-5 произвести их модернизацию с повышением КПД до уровня современных котлов: до 91,5 % при работе на газе и до 85 % при работе на угле. Большинство решений проверено экспериментально на нескольких котлах.

Показано, что наиболее эффективным является установление дополнительных конвективных поверхностей в газоходах котла. При переводе газового котла для работы на угле предлагается использовать стандартную провальную решетку или разработать такую газораспределительную решетку, которая бы позволяла эффективно сжигать уголь и не мешала бы эффективной работе на газе. Предлагается обязательное использование дутьевого воздуха с целью эффективного использования угля.

Приведены результаты модернизации котла НИИСТУ-5. Показано, что установка дополнительной конвективной поверхности дает возможность повысить КПД до 91,6 % и теплопродуктивность до 0,9 Гкал/ч. Установка приме-

жуточных керамических излучателей повышает КПД котла на 4–5 %.

Список литературы

1. Долінський А.А., Басок Б.І. та ін. Комунальна теплоенергетика України : Стан, проблеми, шляхи модернізації. — Київ, 2007.
2. Долинский А.А., Сигал А.И. Коммунальная энергетика. Комплексная модернизация или замена // Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики. — Севастополь, 2002. — С. 7–13.
3. Сигал А.И. Обзор рынка украинского котлостроения // Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики. — Севастополь, 2002. — С. 13–17.
4. Пат. 30902А Укр., МКІ⁷ F 24 Н 1/00. Котел водогрійний / Г.П.Кучин, В.Я Скрипка та ін. — Оpubл. 16.04.02, Бюл. № 3.
5. Пат. 36402А Укр., МКІ⁷ F 24 Н 3/00. Котел водогрійний / В.Я.Скрипка, Г.П.Кучин та ін. — Оpubл. 15.12.01, Бюл. № 7.
6. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. — Л. : Недра, 1988. — 311 с.
7. Борщов Д.Я. Чугунные и стальные отопительные котлы. — М. : Энергоатомиздат, 1992. — 253 с.
8. Власюк А.В., Кифорук А.Н., Скрипка В.Я. и др. Высокоэффективная тепловая изоляция отопительных котлов мощностью до 1 МВт // Новости теплоснабжения. — 2004. — № 2.

Поступила в редакцию 01.06.09

Modernization of Water-Heating Boilers with Capacity up to 1 MW

Sigal I.Ya.¹, Lavrencov E.M.¹, Sigal A.I.², Kuchin G.P.², Skripko V.Ya.², Bykorez E.I.²

¹ The Gas Institute of NASU, Kiev

² The Institute of Technical Thermophysics of NASU, Kiev

A plenty of boilers with capacity up to 1 MW for gaseous fuel or coal combustion with efficiency factor 70–75 % in municipal power system of Ukraine are operated. The technical solutions which allow NIISTU–5 ineffective boilers modernization with efficiency increase up to a level of modern boilers (up to 91,5 % by operation on gas and up to 85 % by operation on coal) instead of the boilers deinstallation are considered. It is displayed that additional convective surfaces installation enables efficiency factor increase up to 91,6 % and thermal efficiency up to 0,9 gcal/h. The installation of intermediate ceramic radiators increases boiler efficiency on 4–5 %. The payback period of boilers makes 1,5–2 years.

Key words: municipal power system, boiler, gas, coal, capacity, efficiency.

Received June 1, 2009

УДК 666.3.041

Повышение эффективности работы туннельных печей для обжига кирпича

Пилипенко Р.А., Пилипенко А.В., Логвиненко Д.М.

Институт газа НАН Украины, Киев

Рассмотрены проблемы тепловой работы газовых туннельных печей для обжига кирпича и пути их решения. Разработаны эффективные горелки для отопления высокотемпературной зоны туннельных печей обжига керамического кирпича, а также горелка для подогрева воздуха (теплогенератор) низкотемпературных зон туннельной печи, позволяющая создать внутренние рециркуляционные контуры греющих газов и уменьшить неравномерность нагрева садки кирпича.

Ключевые слова: туннельная печь, обжиг кирпича, равномерность нагрева, горелка, теплогенератор.