

Сравнительный анализ эффективности применения чугунных котлов в котельных малой мощности

Рецензия эксперта на статью получена 17.05.2022 [The expert review of the article received on May 17, 2022].

В настоящее время в большинстве регионов Российской Федерации используются отопительные котельные малой мощности, оснащённые бытовыми чугунными котлами, срок службы которых превышает 25 лет. В результате используемое горелочное оборудование и автоматика морально и физически устарели и не отвечают современным требованиям Федерального закона «О теплоснабжении» №190 [1], направленного на реформирование теплоэнергетики с целью повышения энергетических, экологических и экономических показателей оборудования. В условиях активного поиска резервов топливно-энергетических ресурсов необходимы исследования, связанные с использованием чугунных котлов малой мощности. Котельные малой мощности широко используются в качестве источника тепловой энергии для промышленных предприятий и жилого сектора, а также для реконструкции исторических районов крупных городов [2–5].

Чугунные отопительные котлы используются уже на протяжении 150 лет. Они высоко востребованы, даже на сегодняшний день, благодаря своим преимуществам по отношению к своим прямым конкурентам — стальным котлам [6].

Преимущества чугунных котлов [7]:

1. Чугунные котлы состоят из секционных конструкций или секций. Котёл можно легко собирать и разбирать на секции, перемещать, ремонтировать в случае необходимости.
2. Чугун обладает высокой коррозионной стойкостью. За время эксплуатации чугунные стенки котла покрываются слоем «сухой ржавчины», которая не позволяет коррозии продвигаться далее вглубь материала. Воздействию коррозии, а именно электрохимической, возникающей во влажной среде, подвержены в основном те части котла, в которых температура может быть ниже температуры точки росы.

Наиболее часто такая коррозия возникает в топке котла при выпадении на стенках конденсата, который образуется за счёт взаимодействия дымовых газов со стенкой котла, температура которой ниже температуры газов. Конденсат при этом содержит различные агрессивные соли и кислоты.

Чугунные котлы состоят из секционных конструкций или секций. Котёл можно легко собирать и разбирать на секции, перемещать и ремонтировать. Кроме того, чугун обладает высокой коррозионной стойкостью. Однако у чугунных котлов также есть и недостатки

Недостатки чугунных котлов [8]:

- большая масса котла, по сравнению со стальным котлом такой же мощности;
- необходимость наличия грамотного персонала для эксплуатации именно чугунных котлов, у которых есть много условий и ограничений, несоблюдение которых может привести к повреждению или разрыву котла (например, в чугунные котлы нельзя подавать холодную воду);
- сложность выполнения технически грамотной паспортной обвязки котла;
- невысокий коэффициент полезного действия (КПД) котла.

Несмотря на наличие ряда трудностей в эксплуатации чугунных котлов, они до сих пор охотно применяются в теплоэнергетике разного уровня — это и малая теплоэнергетика, направленная на подготовку тепловой энергии небольшой мощности для частных потребителей, и теплоэнергетика, связанная с обеспечением тепловой мощностью целых городов от теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) и теплоэлектростанций (ТЭС).

УДК 621.184.465. Научная специальность: 05.23.03.

Сравнительный анализ эффективности применения чугунных котлов в котельных малой мощности

М.А. Нефёдова, к.т.н., доцент, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ, г. Санкт-Петербург)

В большинстве регионов России используются отопительные котельные малой мощности. Многие из них оснащены бытовыми чугунными котлами. В результате длительного использования оборудование котельных устарело и не отвечает современным требованиям. В ходе исследований проводился сравнительный анализ всех характеристик работы чугунных отопительных котлов отечественного производства.

Ключевые слова: чугунные котлы, объекты теплоэнергетики, эффективность, энергоэффективность, котельные, котельные малой мощности, энергетические показатели, экологические показатели, отопительные котлы, отопительные котельные.

UDC 621.184.465. The number of scientific specialty: 05.23.03.

Comparative analysis of the efficiency of the use of cast iron boilers in low-power boilers

M.A. Nefedova, PhD, Associate Professor, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)

In most regions of Russian Federation, low-capacity boiler houses are used. Many of them are equipped with household cast-iron boilers. As a result of the long-term use of the boiler room equipment, it became obsolete and no deviations from the requirements were identified. In the course of the research, a comparative analysis of all the characteristics of the work of cast-iron boilers of domestic production was carried out.

Key words: cast iron boilers, thermal power facilities, efficiency, energy efficiency, boiler rooms, boiler rooms of low power, energy indicators, environmental indicators, heating boilers, heating boilers.

Источником теплоснабжения в небольших районных городах и посёлках городского типа служат ТЭЦ и котельные, в которых для выработки теплоносителя для нужд отопления эксплуатируются чугунные секционные котлы, обладающие невысоким коэффициентом полезного действия (КПД).

Можно повысить КПД чугунных котлов за счёт исследования и выявления графика работы котлов на максимальной мощности, а также выявления величины КПД, который соответствует этим режимам работы [9]. Добиться такого повышения эффективности работы можно только за счёт решения организационных вопросов, без дополнительных капитальных вложений.

Другой способ повышения эффективности работы котельного оборудования связан с заменой морально и физически устаревшего горелочного оборудования и автоматики котельного агрегата на современное оборудование, отвечающее всем современным требованиям надёжности и долговечности работы [2]. Такой способ требует значительных финансовых вложений, которые не всегда могут обеспечить собственники малых отопительных котельных.

Решение задачи повышения эффективности чугунных секционных котлов без их замены может быть осуществлено за счёт недорогого, но эффективного технического перевооружения горелочного оборудования, которое сводится к применению отечественной разработки модернизированной конструкции горизонтально-щелевой (подовой) горелки низкого давления с принудительной подачей воздуха и комплексной автоматикой регулирования и безопасности [6]. Такое решение позволяет эксплуатировать отечественные чугунные секционные котлы ещё долгое время без их замены и повысить КПД котлоагрегата в долгосрочном промышленном режиме на 15–16%,



следовательно, оно является актуальным, отвечающим современным требованиям Федерального закона «О теплоэнергетике» №190 [1], направленного на реформирование теплоэнергетической отрасли с целью повышения энергоэффективности, экологичности и экономической эффективности оборудования.

Проведённые исследования показателей работы чугунных котлов, прошедших предложенную модернизацию, выявили высокие показатели по энергосбережению, эффективности использования топлива и соответствию экологическим требованиям (табл. 1 и 2).

Современные чугунные отопительные котлы отечественных и зарубежных производителей, оборудованные современными газогорелочными устройствами, уже имеют высокий КПД (около 91%) и широкую линейку типоразмеров, позволяющую использовать это оборудование для различных групп потребителей. Дополнительно имеется возможность применения не только природного газа, но и сжиженного, а также дизельного топлива, что является неоспоримым преимуществом [6, 10].

Проведённые исследования показателей работы чугунных котлов отечественного и зарубежного производства, а также отзывы эксплуатирующих организаций позволили выявить следующие особенности: невозможность запуска котла зарубежного производства при низких температурах воздуха (это не предусмотрено в принципе, согласно техническому паспорту), сложность ремонта и его высокая стоимость. В то же время котлы отечественных производителей рассчитаны на климатические особенности Российской Федерации, они проще в наладке и обслуживании, прочные и ремонтпригодные. При этом, однако, выбор того или иного производителя должен основываться на характеристиках оборудования и условиях эксплуатации.

Стоимость котельного оборудования зарубежных производителей в полтора-два раза превышает стоимость аналогичного отечественного оборудования. И этот показатель является в настоящее время определяющим.

Выполненные исследования наглядно показывают возможность дальнейшего использования чугунных отопительных котлов, находящихся в эксплуатации уже долгое время, после малозатратной модернизации газогорелочного оборудования и комплекса автоматики. Кроме того, показатели работы современных отечественных чугунных котлов не уступают зарубежным и являются вполне конкурентоспособными. ●

● Результаты исследования работы чугунных котлов до и после замены оборудования табл. 1

Показатели до замены оборудования			Показатели после замены оборудования		
КПД котельной установки, %	коэффициент избытка воздуха α	концентрация оксидов азота, мг/м ³	КПД котельной установки, %	коэффициент избытка воздуха α	концентрация оксидов азота, мг/м ³
75	1,35–1,75	110–135	91–92	1,10–1,15	90–135

● Показатели экономической эффективности модернизации оборудования табл. 2

Предложение по энергосбережению	Экономия природного газа на среднестатистический котёл	Экономия природного газа		Стоимость замены оборудования, тыс. руб.	Срок окупаемости, годы
		часовая, м³/ч	годовая за отопительный сезон, тыс. м³		
Модернизация газогорелочного оборудования с современными средствами автоматизации	12–15	60	не менее 10%	150	3

1. О теплоснабжении: Фед. закон РФ от 27.07.2010 №190 (с Изм. от 01.05.2022).
2. Нефедова М.А. Энергосберегающие технологии при эксплуатации котлов малой мощности: Дисс. канд. техн. наук по спец. 05.23.03. — СПб.: СПбГАСУ, 2017. 168 с.
3. Палей Е.Л. Котельные. Нормативные требования и практические рекомендации при проектировании: справ.-практ. пособие. — СПб.: Газовый клуб, 2010. 119 с.
4. Сергеев А.В. Тепломеханическое оборудование котельных: справ. пособие. — СПб.: Изд-во ДЕАН, 2012. 256 с.
5. СП 89.1330.2016. Котельные установки. Актуализ. ред. СНиП II-35–76 / Дата введ. 17.06.2017.
6. Бирюзова Е.А. Совершенствование сжигания природного газа для отопления чугунных секционных котлов с горизонтально-щелевыми (нижними) горелками: Дисс. канд. техн. наук по спец. 05.23.03. — СПб.: СПбГАСУ, 2004. 265 с.
7. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий. — М.: Бастет, 2009. 528 с.
8. Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Витдорчик Д.Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. — Ленинград: Недра, 1990. 762 с.
9. Воликов А.Н. Тепловой расчёт паровых и водогрейных котлов: учеб. пособие. — СПб.: СПбГАСУ, 2006. 130 с.
10. Нефедова М.А. Разработка методов работы и повышение энергоэффективности газовых котельных малой мощности / Грант СПбГАСУ; научн. руковод. Е.А. Бирюзова. — СПб.: СПбГАСУ, 2015. 100 с.

References — see page 78.

Comparative analysis of the efficiency of the use of cast iron boilers in low-power boilers. Pp. 42–43.

Marina A. Nefedova, PhD, Associate Professor, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, [St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering \(SPbGASU\)](#)

1. *O teplosnabzhenii* [On heat supply]. *Fed. zakon RF ot 27.07.2010 №190 (s Izm. ot 01.05.2022)* [Federal Law of the Russian Federation of July 27, 2010 No. 190 (as Amended on May 1, 2022)]. [In Russian]
2. M.A. Nefedova. *Jenergoberegajushhie tehnologii pri jekspluatacii kotlov maloj moshhnosti* [Energy-saving technologies in the operation of low-power boilers]. *PhD dissertation in specialty No. 05.23.03*. St. Petersburg. *SPbGASU* [St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering]. 2017. 168 p. [In Russian]
3. E.L. Palej. *Kotel'nye. Normativnye trebovaniya i prakticheskie rekomendacii pri proektirovanii: sprav.-prakt. posobie* [Boiler rooms. Regulatory requirements and practical recommendations for design: A reference and practical guide]. St. Petersburg. *Gazovyy klub* ["Gas Club" Publishers]. 2010. 119 p. [In Russian]
4. A.V. Sergeev. *Teplomexanicheskoe oborudovanie kotel'nyh: sprav. posobie* [Thermal mechanical equipment of boiler rooms: A reference guide]. St. Petersburg. *Izd-vo DEAN* ["DEAN" Publishers]. 2012. 256 p. [In Russian]
5. *SP 89.1330.2016* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 89.1330.2016]. *Kotel'nye ustanovki. Aktualiz. red. SNiP II-35–76* [Boiler installations. Updated edition of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. II-35–76]. Data of init.: June 17, 2017. [In Russian]
6. E.A. Birjuzova. *Sovershenstvovanie szhiganiya prirodno gaza dlja otopeniya chugunnyh sekcionnyh kotlov s gorizonta'no-shhelevymi (nizhnimi) gorelkami* [Improving the combustion of natural gas for heating cast-iron sectional boilers with horizontal slot (lower) burners]. *PhD dissertation in specialty No. 05.23.03*. St. Petersburg. *SPbGASU* [St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering]. 2004. 265 p. [In Russian]
7. L.N. Sidel'kovskij, V.N. Jurenev. *Kotel'nye ustanovki promyshlennyh predpriyatij* [Boiler installations of industrial enterprises]. Moscow. *Bastet* ["Bastet" Publishers]. 2009. 528 p. [In Russian]
8. N.L. Staskevich, G.N. Severinec, D.Ja. Vigdorchik. *Spravochnik po gazosnabzheniju i ispol'zovaniju gaza* [Handbook on gas supply and use of gas]. Leningrad. *Nedra* ["Bowels of the Earth" Publishers]. 1990. 762 p. [In Russian]
9. A.N. Volikov. *Teplovoj raschet parovyh i vodogreynyh kotlov: ucheb. posobie* [Thermal calculation of steam and hot water boilers: A textbook]. St. Petersburg. *SPbGASU* [St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering]. 2006. 130 p. [In Russian]
10. M.A. Nefedova. *Razrabotka metodov raboty i povysenie jenergojeffektivnosti gazovyh kotel'nyh maloj moshhnosti* [Development of working methods and improvement of energy efficiency of gas boilers of low power]. Under a grant of SPbGASU. Scientific adviser: E.A. Birjuzova. St. Petersburg. *SPbGASU* [St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering]. 2015. 100 p. [In Russian]