

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTI

УДК 683.974:621.8.03–027.236:681.5

**ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАЦИОННОГО ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ
ENERGY EFFICIENCY EVALUATION OF THE GAS CONDENSING WATER BOILER AS A CONTROL OBJECT**

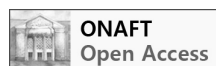
**Ковальчук Д. А., аспирант, Мазур А. В., канд. техн. наук, доцент, Гудзь С. С., магистрант
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса**

**Kovalchuk D. A., Mazur A. V., Gudz S. S.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine**

Copyright © 2016 by author and the journal “Scientific Works”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



В статье проводится анализ энергетической эффективности работы конденсационного газового водогрейного котла в течение отопительного сезона. Выделены характерные возмущающие воздействия, определены диапазоны их изменения. Также оценено их влияние на энергетическую эффективность работы газовых конденсационных водогрейных котлов в различных типах систем отопления. Рассмотрена структура математической модели, позволяющей оценить основные параметры работы системы отопления в различных условиях эксплуатации, возникающих в течение отопительного сезона. Приведены результаты математического моделирования режимов работы и параметров системы отопления с газовым конденсационным водогрейным котлом для погодных условий двух регионов Украины отопительных сезонов 2012...2015 годов. Для подтверждения адекватности модели проведено сравнение полученных результатов с данными наблюдения за работой газового конденсационного водогрейного котла в составе системы отопления многоквартирного жилого дома. Сделаны выводы об уровне коэффициента полезного действия конденсационных газовых котлов, при работе в реальных условиях и даны рекомендации по его повышению.

The energy efficiency analysis of the gas condensing water boiler was performed during the heating season in current study. The typical disturbance variables were allocated, and the ranges of their changed were defined. In addition, their impact on the energy efficiency of the gas condensing boilers in different types of heating systems was evaluated. The structure of a mathematical model allowing to estimate the basic parameters of the heating system in a variety of operating conditions that occur during the heating season was reviewed. The results based on mathematical simulation of operating modes and parameters of the heating system with gas condensing water boiler for the weather conditions relating to two Ukrainian regions were shown for heating season of 2012...2015 years. To confirm the adequacy of the model, simulation results were compared with the data of work monitoring of the gas condensing water boiler as a part of heating system of an dwelling—house. The conclusions about the level of condensing gas boiler performance during working in real conditions were provided and the recommendations towards its improvement were proposed.

Ключевые слова: конденсационный газовый котел, эффективность

Key words: condensing gas boiler efficiency

Введение. В последнее время при проектировании жилых и промышленных зданий наблюдается тенденция к использованию автономных теплогенерирующих агрегатов для систем отопления и горячего водоснабжения. Основная часть таких агрегатов строится на базе газовых водогрейных котлов (ГВК). Максимальный коэффициент полезного действия (КПД) обычных ГВК, рассчитанный от высшей (полной) теплоты сгорания топлива, колеблется в диапазоне 78...85 % [1, 2]. Основные виды удельных потерь тепла автономных ГВК, рассчитанные от высшей (полной) теплоты сгорания топлива, составляют:

- тепловые потери с уходящими дымовыми газами — до 18 %;
- потери, связанные с неполным сгоранием топлива — 1...2 %;
- потери в окружающую среду, связанные с несовершенством теплоизоляции ГВК — 2...3 %.

Для повышения эффективности отопительных систем разработаны и выпускаются промышленностью конденсационные газовые водогрейные котлы (КГВК), которые оснащаются специальным конденсационным эко-

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

номайзером, отбирающим дополнительное тепло от дымовых газов, охлаждая их и частично конденсируя часть из 1,6 кг водяного пара, образующегося при сжигании 1 м³ природного газа. Стоимость КГВК обычно в 1,5...2 раза выше, чем ГВК той же мощности. Заявляемый производителями максимальный КПД достигает 97 %. При этом, обычно в рекламных целях, приводятся значения «так называемого КПД», рассчитанного от «нижней» теплоты сгорания без учета потерь на парообразование и нагрев продуктов сгорания. Он может «достигать» значения 108 %. Однако эти максимальные значения могут быть достигнуты не во всех режимах.

Постановка проблемы. Так как в КГВК охлаждение дымовых газов осуществляется обратным теплоносителем, то количество снимаемого тепла, а, следовательно, эффективность всей установки будет зависеть от температуры обратного теплоносителя. Чем ниже температура теплоносителя, поступающего из обратного трубопровода, — тем выше, при прочих равных условиях, КПД КГВК. Температура обратного теплоносителя непостоянна. Она может изменяться в диапазоне от 22 °С до 60 °С в зависимости от типа системы отопления, заданного режима работы и температуры окружающей среды. Управление системой отопления, зачастую погодозависимое, — т. е. температура теплоносителя, подаваемого в систему отопления («подачи»), варьируется в зависимости от температуры окружающей среды. Следовательно, будет изменяться и температура теплоносителя, поступающего из обратного трубопровода («обратки»), а вместе с ней и эффективность работы КГВК и всей системы в целом.

Эффективность работы конденсационного котла при тех же погодных условиях будет зависеть от конструкции системы отопления и ее температурного режима. Наиболее эффективно такой котел будет работать с системой отопления в полу, с температурным режимом 25...40 °С на подаче и 20...30 °С на «обратке». В нашей стране такие системы еще мало распространены и не применяются в многоквартирных домах. В многоквартирных домах прошлого века постройки наиболее распространены традиционные радиаторные системы отопления с вертикальной разводкой и тепловым режимом 60...90 °С на подаче и 40...70 °С на «обратке». Однако, в новостройках, оснащенных «закрытыми» либо автономными системами теплоснабжения, применяется поквартирная двухтрубная разводка системы отопления с температурным режимом радиаторов 40...70 °С на «подаче» и 35...55 °С на «обратке».

Указываемый производителями КГВК максимальный КПД может быть достигнут при температуре обратного теплоносителя (порядка 25...30 °С). В реальных условиях такая температура достигается редко или вообще не достигается, и котел будет работать с КПД существенно ниже значения, указанного производителем.

Модель для оценки эффективности. Для оценки эффективности работы теплогенерирующей установки с конденсационным котлом в течение отопительного сезона в разные годы была разработана математическая модель.

Математическая модель была реализована в среде моделирования *Matlab Simulink*. Основной входной переменной для модели является температура окружающей среды. Выходными переменными являются: температура воды в обратном трубопроводе, потребляемая тепловая мощность, КПД теплогенерирующей установки, потребление топлива. Все переменные динамически изменяются на протяжении отопительного сезона. Модель также рассчитывает средний КПД установки в течение отопительного сезона. Блок—схема модели приведена на рис. 1.

Основными элементами модели являются:

— модель вычислителя требуемой температуры «подачи» — в зависимости от температуры окружающей среды, вычисляет необходимую температуру теплоносителя в подающем трубопроводе системы отопления.

— модель потребителя тепловой энергии — вычисляет потребляемую тепловую мощность и температуру обратного трубопровода, в зависимости от перепада температур снаружи и внутри помещения, температуры подачи и расхода теплоносителя. КПД КГВК рассчитывается по температуре обратного теплоносителя. Для этого была разработана отдельная модель, которая находится в подсистеме «*Performance*». Рассчитывается текущий и средний КПД КГВК за весь период моделирования.

С электронного ресурса [5] был получен архив данных о погоде в двух городах Украины в Одессе и Киеве, за период 2008...2016 годов. Для данного эксперимента из этого архива были выделены данные только по температуре в период отопительных сезонов (с 1 октября по 31 апреля) с шагом изменения данных 3 часа. Эти данные были импортированы в модель в виде массива и использовались в качестве информации о температуре окружающей среды, изменяющейся во времени.

Результаты экспериментов. Эксперимент проводился для погодных данных по двум городам Украины — Одессе и Киеву, за отопительные сезоны 2014...2015, 2013...2014, 2012...2013 годов. Значения средних КПД приведены в табл. 1. В целом средняя эффективность системы мало варьируется для разных лет и регионов, поэтому динамика изменения данных приведена по Одессе за отопительный сезон 2014...2015 годов (рис. 2—4).

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

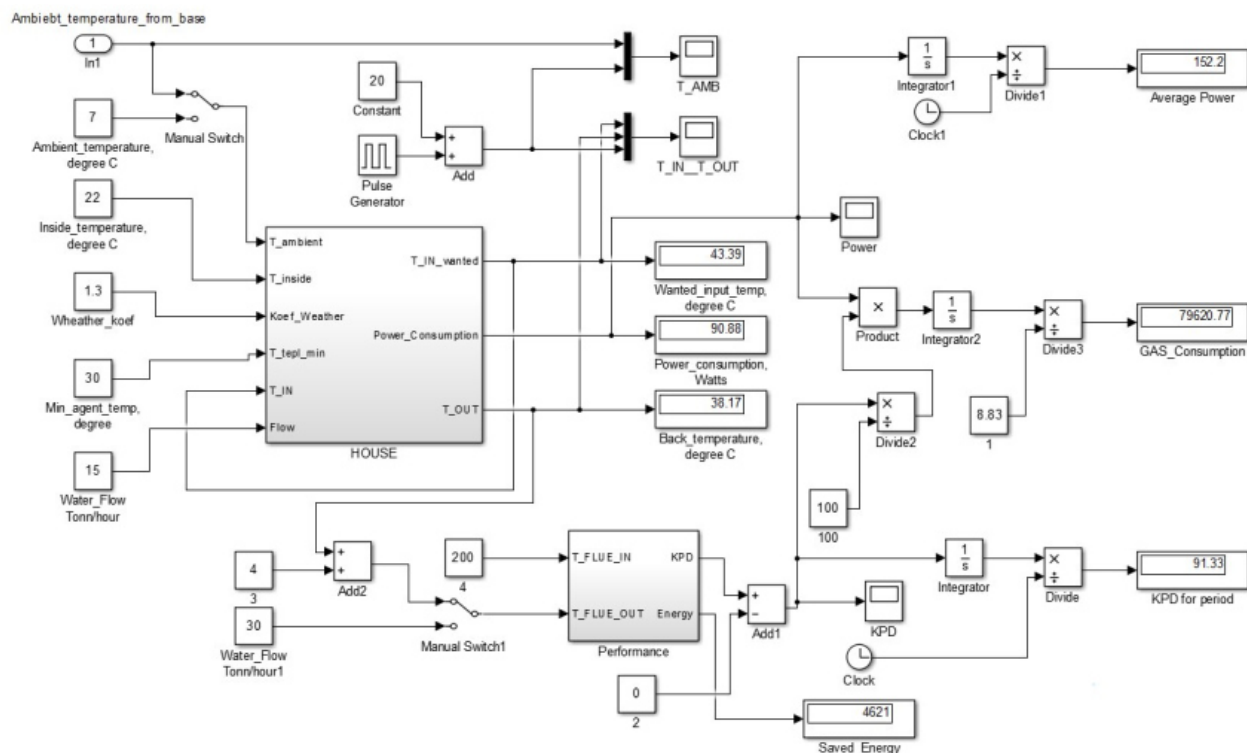


Рис. 1 — Блок—схема модели для оценки эффективности КГТА

Результаты моделирования были подтверждены экспериментально. По итогам наблюдений за отопительный сезон 2014...2015 годов автономная газовая котельная жилого дома в г. Одесса, оснащенная высокоэффективными КГВК С 230 Есо французской фирмы «De Dietrich» «сконденсировала» в среднем всего 326 г воды на 1 м³ сожженного газа из возможных 1500 г.

Таблица 1 — КПД КГТА в разных регионах в разные годы

Отопительный сезон, годы	Города	
	Одесса	Киев
2012...2013	91,5	90,4
2013...2014	91,6	90,8
2014...2015	91,3	90,7

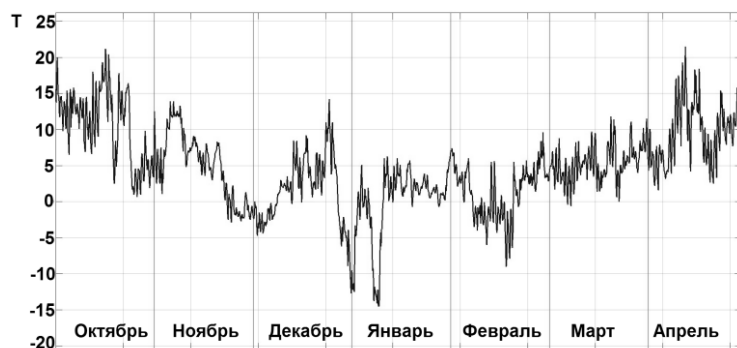


Рис. 2 — Изменение температуры окружающей среды в течение отопительного сезона

Выводы. Из результатов экспериментов следует, что конденсационный котел хоть и эффективнее обычного, но он также не использует всю теплоту сгорания топлива, т. к. температура обратного теплоносителя варьируется в течение отопительного сезона и имеет недостаточно низкую температуру для глубокой утилизации тепла дымовых газов. Эффективность теплогенерирующей установки с конденсационным котлом может быть повышена путем подачи в секцию конденсации теплоносителя с более низкой температурой. На рис. 4 прямыми линиями показано, каким был бы КПД системы при температуре теплоносителя на входе котла на уровне 25 °C и 30 °C. Таким образом, можно сделать вывод, что даже наиболее эффективный КГВК при работе в реальных условиях не добирает 7...8 % до максимальных значений, заявляемых производителями.

Для повышения эффективности работы КГВК имеет смысл принять меры для снижения температуры теплоносителя, используе-

мого для охлаждения дымовых газов.

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ



Рис. 3 — Изменение температур «подачи» и «обратки» в течение отопительного сезона

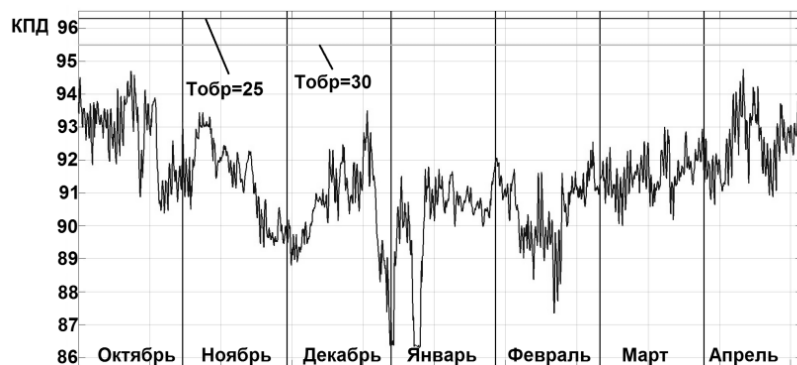


Рис. 4 — Изменение КПД КГВК в течение отопительного сезона

Литература

1. Панарин, В. М. Контроль энерго— и теплотер на объектах, вырабатывающих тепловую энергию [Текст] / В. М. Панарин, О. А. Дабдина // Молодые учёные в решении актуальных проблем науки: Всероссийская научно—практическая конференция, 12–13 мая 2011 г.: материалы конференции / Сибирский государственный технологический университет. – Красноярск, 2011. – № 2. – С. 174–176.
2. Райш, М. Полное использование теплоты сгорания топлива в промышленных котельных [Текст] / М. Райш // Аква—терм. —2008.— № 3 (43). — С. 20—24.
3. Петрикеева, Н. А. Использование полной теплоты сгорания топлива в котельных установках [Текст] / Н. А. Петрикеева // Инженерные системы и сооружения. – 2014. – № 4, Т. 2. – С. 76—80.
4. Расписание погоды [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – Электр. дан. – Режим доступа: \www/ URL: <http://www.rp5.ua/> – Назва з екрана.

References

1. Panarin, V. M., Dabdina, O. A. (2011). Kontrol energo— i teplopoter na ob'ekтах, vyirabatyivayuschih teplovuyu energiyu / Molodye uchjonye v reshenii aktual'nyh problem nauki: Vserossiyskaja nauchno—prakticheskaja konferencija, Sibirskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet. Krasnojarsk, 2, 174–176.
2. Rajsh, M. (2008). Polnoe ispol'zovanie teploty sgoraniya topliva v promyshlennyh kotel'nyh. Akva—term, 3 (43), 20—24.
3. Petrikeeva, N. A. (2014). Ispol'zovanie polnoj teploty sgoraniya topliva v kotel'nyh ustanovkah. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija, № 4 (2), 76—80.
4. Raspisanie pogodyi. Available at: <http://www.rp5.ua/>.