

УДК 621.182

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А. С. Доронин¹, К. В. Трубицын², В. К. Ткачев³

^{1,2,3} Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

¹ doronin.as@samgtu.ru

Аннотация. В работе представлены итоги первого этапа проектирования и разработки нового типа газовых котельных с линейкой мощности от 200 до 1000 кВт при использовании исключительно отечественного оборудования. Необходимость ее выполнения связана с низкой эффективностью существующих котельных. Их основные недостатки: повышенная температура уходящих газов из-за низкой эффективности применяемых теплообменников; недожог газа из-за применения малоэффективных горелочных устройств; большие габариты и вес конструкции из-за низкоэффективных теплообменников; большие потери теплоты через несовершенную изоляцию.

Ключевые слова: водогрейный котел, энергетическая эффективность, отечественное оборудование, интенсификация теплообмена, теплообменник

DESIGN OF A HOT WATER BOILER TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

A. S. Doronin¹, K. V. Trubitsyn², V. K. Tkachev³

^{1,2,3} Samara State Technical University, Samara, Russia

¹ doronin.as@samgtu.ru

Abstract. This work represents the first stage in the design and development of a new type of gas boiler houses with a power range from 200 to 1000 kW using only domestic equipment. The need for its implementation is associated with the low efficiency of existing boiler houses. Their main disadvantages: increased flue gas temperature (due to the low effectiveness of heat exchangers); incomplete combustion

of gas (due to inefficient burners); large size and weight of the structure (dependent low-efficiency heat exchangers); large heat losses through imperfect insulation.

Keywords: hot water boiler, energy efficiency, domestic equipment, heat exchange intensification, heat exchanger

В настоящее время и в перспективе одним из важных путей повышения эффективности энерготехнологических установок является совершенствование теплообменного оборудования с помощью внедрения эффективных способов интенсификации теплообмена. Такие способы разработаны и исследованы в неодинаковой степени, лишь часть из них доведена до уровня промышленного использования. По этой причине проектирование нового эффективного теплообменного оборудования и модернизация существующего (даже на основе апробированных на практике методов интенсификации) требуют проведения дополнительных экспериментальных исследований теплообмена и гидродинамики течения в каналах, а также разработки моделей и методов для их теплогидравлического расчета.

Разработаны и исследуются различные методы интенсификации теплообмена. Принципиально их классифицируют на две категории: активные и пассивные.

Широко известным способом интенсификации теплообмена на границе жидкость — газ является применение теплообменных каналов, соединенных между собой вставками, ребрами, трубами разного сечения.

Общая картина обтекания трубы в пучке зависит от расположения труб и геометрических параметров пучка. В большинстве случаев трубы в пучках располагаются в шахматном или коридорном порядке [1].

Коэффициент полезного действия установок, предназначенных для нагрева жидкостей и газов, в наибольшей степени зависит от эффективности применяемых в них теплообменников. Для проведения такого вида исследований создана экспериментальная установка. Проверка работоспособности установки выполнена путем определения мощности стандартной чугунной радиаторной батареи отопления мощностью 1120 Вт. Исследования на установке показали ее мощность, равную 1160 Вт, т. е. погрешность прибора находится в пределах допустимых 5 %.

Экспериментальные исследования выполнялись для трех типов теплообменников, из которых первые два имели одинаковые размеры и отличались лишь тем, что один из них оребренный: поперечные ре-

бра высотой 17 мм и толщиной 2 мм приварены к корпусу трубы с шагом 5 мм. Третий тип теплообменника представляет собой последовательно соединенные секции, каждая из которых содержит четыре параллельно соединенные трубы малого диаметра [2].

Основная цель исследования заключалась в оценке влияния оребрения на изменение мощности по сравнению с аналогичным по размерам неоребранным теплообменником.

После проведения расчетов результаты позволяют сделать вывод, что семикратное превышение поверхности оребренного теплообменника по сравнению с неоребранным приводит к возрастанию мощности всего лишь в 1,5 раза.

При естественной конвекции мощность прибора с параллельно-последовательным соединением труб оказалась больше мощности оребренного теплообменника примерно на 100 Вт.

В довершение была разработана конструкция газовой котельной мощностью 200 кВт, включающая в себя: 1) неоребранные экранные трубы; 2) оребренные трубы потолочного экрана; 3) оребренные трубы экономайзера, расположенного в газоходе котла. Давление воды на входе в котел — 7 атм, температурный график теплосети — 95/70 градусов. Котел включает в себя корпус, горелочные устройства, экранные трубы, потолочный экран, экономайзер. Потолочный экран и экономайзер выполнены из оребренных труб диаметром 57 мм. Высота ребер — 17 мм, толщина ребра — 1,5 мм, расстояние между ребрами — 5 мм. Экранные трубы выполнены из гладких труб диаметром 57 мм.

Выполненный тепловой расчет котла показал, что для обеспечения заявленной мощности 200 кВт длина экранных труб ($57 \times 3,5$ мм) должна составить 30 м; оребренных труб потолочного экрана ($57/911$) — 3,52 м; оребренных труб экономайзера ($57/911$) — 8,8 м. Выполненный гидравлический расчет котла показал, что потеря напора по водяному тракту составляет 31 000 Па; из них экранные трубы — 18 000 Па; трубы потолочного экрана и трубы экономайзера с обвязкой — 12 500 Па. Аэродинамический расчет котла показал, что общее сопротивление котла по газу составляет 34 Па. При этом скорость течения газа в области потолочного экрана и в области экономайзера — 4,66 м/с [3].

Вес трубной части котла — 280 кг, вес обшивки с изоляцией — 200 кг, вес горелочных устройств (без учета кирпичной футеровки) — 30 кг. Общий вес котла, включая вес воды в трубах, составляет 560 кг (вес воды — 50 кг).

Представленные на российском рынке отопительной техники газовые водогрейные котлы имеют различные конструкции и массогабаритные характеристики, вес некоторых достигает свыше 750 кг, объем воды в котле — 300 л. Разработанный котел аналогичной мощности имеет средний вес 510 кг, при этом площадь поверхности, занимаемая котлом, составляет всего 1,1 м², что выгодно для размещения его в небольших котельных, удобству для управления и обслуживания.

Список источников

1. Кудинов В. А., Карташов Э. М., Стефанюк Е. В. Техническая термодинамика и теплопередача. М. : Юрайт, 2016. 566 с.
2. Ткачев В. К., Доронин А. С., Еремин А. В. Исследование тепловой эффективности теплообменников из оребренных труб // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : материалы Международ. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвящ. памяти проф. Данилова Н. И. (1945–2015) — Даниловских чтений (Екатеринбург, 11–15 декабря 2017 г.). Екатеринбург : УрФУ, 2017. С. 392–396.
3. Альтшуль А. Д. Гидравлические потери на трение в трубопроводах. М. ; Л. : Госэнергоиздат, 1963. 256 с.