

Таблица 1 – Технико-экономическая оценка различных технологий по обезвреживанию «дурнопахнущих» выбросов

Технические параметры и стоимость	Технология очистки/ Марка установки		
	Адсорбционно-каталитический / «УЛОВ-500»	Плазмо-каталитический / «ПЛАЗКАТ 0,5/2»	Слоевое пульсирующее горение
Производительность по воздуху, м ³ /час	500	500	500
Аэродинамическое сопротивление, кПа	0,5	0,3	0,1-0,2
Диапазон концентраций вредных веществ, мг/м ³	до 10	до 100	не ограничен
Количество сорбента-катализатора, кг	20	10	—
Температура очищаемого воздуха, °С	20-30	20-130	не ограничена
Межрегенерационный период, ч	350-400	10000	—
Энергопотребление	нет данных	2 кВт·ч	0,76 м ³ /чпр.газа[6]
Стоимость установки, \$	1922	2600	660 [5]

Определенную сложность представляет собой определение эксплуатационных затрат при использовании сорбционно-каталитического и плазмо-каталитического метода, так как в установках этих методов необходимо производить регенерацию и периодически полную замену загрузки. Затраты энергии на регенерацию и периодичность полной замены загрузки предприятия-изготовителя, как правило, не указывают. Например, в сорбционно-каталитической установке «УЛОВ-500» необходимо производить регенерацию алюмохромфосфатного сорбента-катализатора через каждые 350-400 часов работы в течение 0,5-1 часа при температуре 350-400°С.

Температура воздуха (газа) на входе в установки «УЛОВ-500» и «ПЛАЗКАТ 0,5/2» не должна превышать 30°С и 130°С соответственно, запыленность (содержание взвешенных веществ) не более 20 мг/м³, влажность воздуха не должна превышать 95%. При превышении данных параметров необходимо перед установкой применить оборудование для снижения температуры, запыленности и влажности соответственно.

Приведенные в таблице 1 данные показывают значительную дешевизну предлагаемой технологии по сравнению с существующими аналогами.

Заключение

1. На основании теоретических и экспериментальных исследований разработаны рекомендации по применению установок слоевого пульсирующего горения.
2. Предложенные варианты установок со слоевым пульсирующим горением для термического обезвреживания «дурнопахнущих» выбросов в атмосферу, характеризуются простотой конструкции, изготовления и сборки.

3. Технико-экономическая оценка различных технологий по обезвреживанию «дурнопахнущих» выбросов показала экономическую целесообразность применения предлагаемой технологии с установками слоевого пульсирующего горения.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Установка для обезвреживания газовых выбросов: пат. 9801 Респ. Беларусь, F 23G 7/06 / В.С. Северянин, Д.В. Новосельцева; заявитель Брестский гос. ун-т. – № и 20130593; заявл. 15.07.2013; опубл. 30.12.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 6(95). – С. 224.
2. Северянин, В.С. Предотвращение загрязнения атмосферного воздуха газовыми выбросами / В.С. Северянин, В.Г. Новосельцев, Д.В. Новосельцева // Изобретатель – 2013. – № 9 – С. 31–32.
3. Северянин, В.С. Огневой фильтр / В.С. Северянин, В.Г. Новосельцев, Д.В. Новосельцева // Изобретатель – 2015. – № 1 – С. 16–17.
4. Устройство для предотвращения распространения продуктов загрязнения: пат. 10697 Респ. Беларусь, В 08В 15/00 / В.С. Северянин, Д.В. Новосельцева, В.Г. Новосельцев; заявитель Брестский гос. ун-т. – № и 20150007; заявл. 05.01.2015; решение о выдаче патента от 12.02.2015.
5. Новосельцев, В.Г. Разработка корректирующего водонагревателя со слоевым пульсирующим горением в системах теплоснабжения: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.04 / В.Г. Новосельцев. – Брест, 2003. – 89 с.
6. Тимошук, А.Л. Разработка контактного водонагревателя со слоевым пульсирующим горением газообразного топлива: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.04 / А.Л. Тимошук. – Брест, 2005. – 112 с.

Материал поступил в редакцию 20.04.2016

SEVERYANIN V.S., NOVOSELTSEVA D.V. The use of plants with layer pulsing burning for disposal of "odorous" substances gaseous emissions

The article suggests the installations of thermal neutralization of gas and air emissions and using the workflow layer pulsating combustion.

УДК 697.1, 697.9, 699.86

Новосельцев В.Г., Новосельцева Д.В., Черников И.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Введение. Мониторинг функционирования инженерных систем энергоэффективных домов необходим с первого дня запуска этих систем. Актуальность этого не вызывает сомнений, так как позволит получать реальные экспериментальные данные, которые возможно будут расходиться с проектными, выполнить их анализ и учесть их впоследствии, при возведении аналогичных домов.

В данной статье приведены результаты исследования работы систем отопления и горячего водоснабжения энергоэффективных домов Брестской области: два дома в г. Пинске (2011 год постройки), один дом

в г. Малорите (2012 год постройки).

Строительными проектами этих домов предусмотрено следующее инженерное обеспечение здания: холодное централизованное водоснабжение, поквартирное горячее водоснабжение и отопление, механизированная система приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией тепла (централизованная по подъездам в домах № 34 по ул. Юной (г. Пинск) и № 2 по ул. Несенюка (г. Малорита), поквартирная – в доме № 36 по ул. Юной (г. Пинск)).

Новосельцев Владимир Геннадьевич, к.т.н., доцент, зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.

Черников Игорь Анатольевич, к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Описание системы отопления и горячего водоснабжения. Источниками теплоты для систем отопления и горячего водоснабжения каждой квартиры этих домов служат двухконтурные газовые котлы АОГВ-24-ЗП производительностью $Q_{\text{пл}} = 24$ кВт.

Внутренняя сеть горячего водоснабжения монтируется из полипропиленовых труб.

Система отопления запроектирована двухтрубная с разводкой по каждой квартире полипропиленовыми трубами, проложенными в конструкции пола. Теплоноситель – для системы отопления – вода с параметрами 80–60°C. В качестве нагревательных приборов приняты алюминиевые радиаторы «МИСОТ-Стиль», в ванных комнатах – полотенцесушители.

Отопление лестничных клеток и подвальных помещений не предусматривается. Проектами предусматривается регулировка теплоотдачи приборов термостатическими клапанами. Подводки к отопительным приборам – трубы полипропиленовые, проложенные в штрабе. На всех отопительных приборах устанавливаются краны Маевского.

Отвод дымовых газов от отопительных аппаратов осуществляется посредством изолированных газоходов в трубы дымоудаления Ø250 мм. Забор воздуха изолированной трубой Ø80 через балкон.

Методика исследований. Исследование работы систем отопления и горячего водоснабжения энергоэффективных домов выполнялось поэтапно:

- 1) на первом этапе осуществлялось изучение проектной документации;
- 2) на втором этапе осуществлялись выезды на места и проведение осмотров систем отопления и горячего водоснабжения с целью выявления их технического состояния, соответствия проектным решениям и правильности функционирования. Во время осмотра проводились замеры температуры и влажности воздуха в квартирах при помощи термогигрометра ТГЦ-МГ4, скоростей движения воздуха в воздуховодах термоанемометром testo 410-1 и тепловизионная съемка отопительных приборов. В это же время осуществлялось анкетирование жильцов и сбор данных о потреблении ресурсов (газа, электрической энергии, воды) каждой квартирой;
- 3) на третьем этапе была осуществлена обработка полученных данных.

База для анкетирования. Для выявления возможных проблем работы систем отопления и вентиляции, дефектов строительных конструкций энергоэффективных домов важным является опрос и анкетирование жильцов. Подготовленная для этого база включала вопросы, позволяющие на основании наблюдений постоянно проживающих в квартирах людей найти возможные дефекты строительных конструкций и инженерных систем, а также проанализировать характер использования жильцами систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Опрос и анкетирование проведены в зимнее время при обследовании строительных конструкций и изучении работы инженерных систем. Анкетирование проводилось анонимно – без указания фамилий и номеров квартир.

При анкетировании жильцам были предложены следующие вопросы, имеющие отношение к системам отопления и горячего водоснабжения:

1. Сколько человек проживает в Вашей квартире?
2. Являетесь ли Вы собственником квартиры?
3. Промёрзают ли в Вашей квартире стены и конденсируется ли на них влага?
4. Устраивает ли Вас качество воздуха в помещениях квартиры?
5. Имеется ли в квартире в течение отопительного сезона повышенная влажность?
6. Вносили ли Вы изменения в систему отопления квартиры?
7. Объясняли ли Вам как эксплуатировать систему отопления при заселении в квартиру?
8. Пользуетесь ли Вы дополнительными электрическими обогревателями в межсезонье или включаете систему отопления (осенью и весной)?
9. Пользуетесь ли Вы дополнительными электрическими обогревателями в отопительный период?

10. Довольны ли Вы работой Вашей системы отопления? Если нет, то почему?
11. Регулируете ли Вы теплоотдачу термоголовками, установленными перед отопительными приборами Вашей системы отопления?
12. Устанавливаете ли Вы термоголовками, находящимися перед отопительными приборами Вашей системы отопления, пониженную температуру воздуха в квартире (в целях экономии), если долго отсутствуете?
13. Бывает ли, что в Вашей квартире надолго никого не остается (например, все работают, учатся и др.)?
14. Члены Вашей семьи принимают чаще ванну или моются под душем? Как часто?
15. Сколько ориентировочно киловатт-часов электроэнергии Ваша квартира потребляет в месяц (зимой, осенью или весной, летом)?
16. Сколько ориентировочно кубометров газа Ваша квартира потребляет в месяц (зимой, осенью или весной, летом)?
17. Сколько ориентировочно кубометров холодной воды Ваша квартира потребляет в месяц (зимой, осенью или весной, летом)?
18. Стараетесь ли Вы уложиться в льготный норматив по холодной воде (4 кубометра воды на человека в месяц)?
19. Стараетесь ли Вы экономить электроэнергию (установили энергосберегающие лампочки, рационально пользуетесь светом и т.д.)?
20. Когда ориентировочно Вы начинаете отопительный сезон?
21. Довольны ли вы работой котла на горячее водоснабжение Вашей квартиры? Если нет, то почему?
22. Какие проблемы, дефекты, не затронутые в анкете, имеются в Вашей квартире, в доме?

Результаты исследований. В результате исследования системы отопления энергоэффективных домов установлено следующее:

- 1) в домах имеются нежилые квартиры, которые отапливаются в дежурном режиме (наибольшее количество в доме № 34 по ул. Юной – 5 квартир);
- 2) температура воздуха в помещениях квартир, как правило, поддерживается выше нормируемого значения 18°C на уровне теплового комфорта жильцов и находится в пределах от 20,3°C до 24,0°C при влажности воздуха в пределах 40–59,1% (в некоторых квартирах (менее 1% квартир) температура воздуха составляет 18,3–18,6°C). Температура воздуха на улице на время проведения исследований составляла от -1 до 0°C;
- 3) температуры воздуха в неотапливаемых лестничных клетках составляют 12–12,5°C при влажности воздуха в пределах 40–42,6%;
- 4) в среднем около 24% жильцов (22–26%) вносили изменения в системы отопления квартир (замена и увеличение количества радиаторов);
- 5) от 38% до 61% жильцов не используют установленные термостатические клапаны для регулирования теплоотдачи отопительных приборов (данные анкетирования). В части квартир (до 5%) термостатические клапаны на некоторых отопительных приборах отсутствуют или на самих клапанах не закреплены термоголовки);
- 6) тепловизионное обследование, проведенное выборочно для части отопительных приборов систем отопления квартир, показало проблемы при их работе (недостаточная теплоотдача части секций) во всех трех домах (см. пример термограммы на рис. 1). Необходимо отметить, что проблемы наблюдаются только в установленных по проекту алюминиевых радиаторах «Мисот-стиль», в замененных радиаторах других марок вышеуказанный недостаток отсутствует;
- 7) в целом работой системы отопления не довольны от 32 до 55% (данные анкетирования) квартир (основной указываемый недостаток – малое количество секций радиаторов и их прогрев (19–27%)).

В результате исследования системы горячего водоснабжения энергоэффективных домов установлено следующее:

- 1) время ожидания горячей воды из самой удаленной точки водоразбора составляет в среднем 37 секунд, при ожидании горячей воды с температурой нормативного значения 55°C – более 60 секунд при установке котла на режим 55°C;

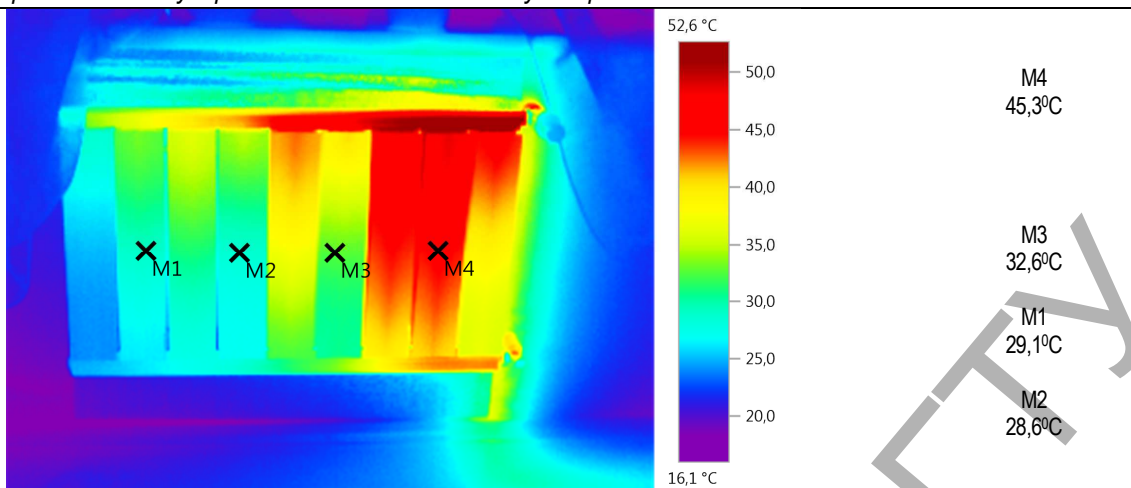


Рисунок 1 – Пример термограммы радиатора, иллюстрирующей неудовлетворительную теплотдачу части секций

2) в целом работой системы горячего водоснабжения не довольны от 51 до 62% (данные анкетирования) квартир (основной указываемый недостаток – долгое время ожидания горячей воды и большой при этом перерасход воды (32–41%).

Определение удельного расхода тепловой энергии на отопление. Для определения удельного расхода тепловой энергии на отопление энергоэффективных домов на основании данных о ежемесячном потреблении газа каждой квартирой в течение срока эксплуатации зданий определены средние расходы газа по годам (за вычетом подсчитанных для каждой квартиры средних расходов газа, использованного на нужды горячего водоснабжения). Результаты расчетов представлены на рис. 2–4.

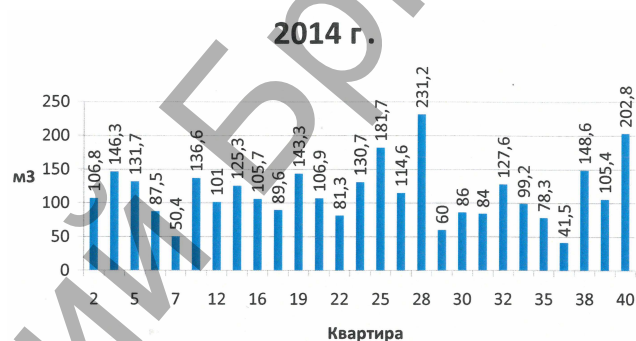
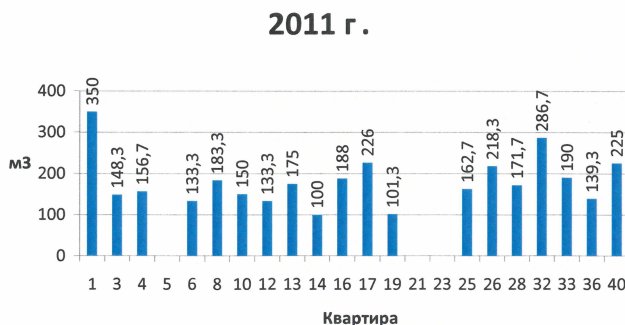
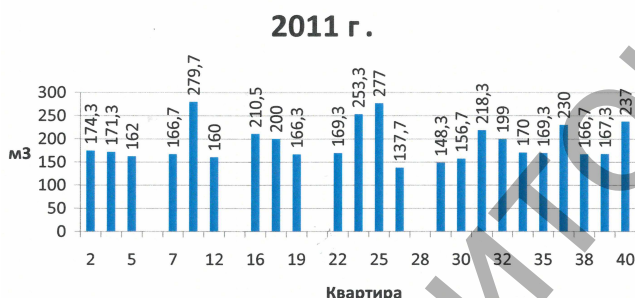


Рисунок 2 – Средние за месяц расходы газа квартир дома № 34 по ул. Юной (г. Пинск)

По результатам расчетов получено среднее значение расхода газа на отопление в месяц, которое составляет: 2011 год – 183 м³, 2012 год – 169 м³, 2013 год – 135 м³, 2014 год – 115 м³, в среднем за 3 последних года – 139 м³. Для определения удельного расхода тепловой энергии на отопление основные параметры определены следующим образом:

- низшая теплота сгорания природного газа принята по данным, предоставленным УП “Брестоблгаз”, и составляет 7600 ккал/м³,
- коэффициент полезного действия (КПД) газового котла – 85%. КПД котла по паспортным данным для котла АОГВ-243П, установленных в исследуемых домах, составляет 93%, однако это максимальное значение в равномерном рабочем режиме. Действительный КПД котла при работе в течение достаточно долгого промежутка времени в аналогичной системе отопления принят из исследований [1].

Удельный расход тепловой энергии на отопление на основании проведенных расчетов составил 2011 год – 143 кВт·ч/м², 2012 год – 132 кВт·ч/м², 2013 год – 105 кВт·ч/м², 2014 год – 90 кВт·ч/м².



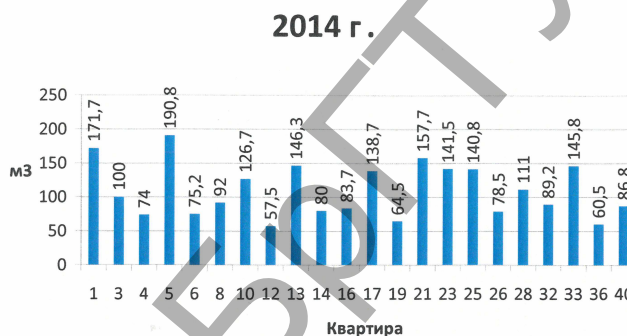
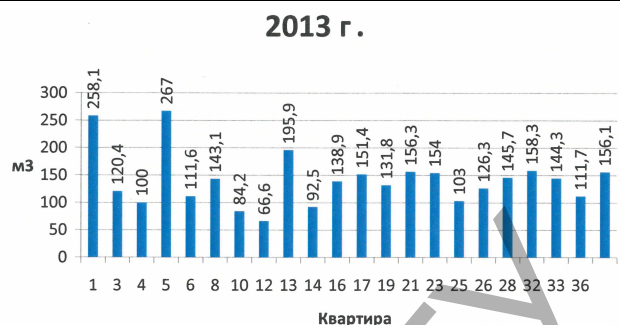
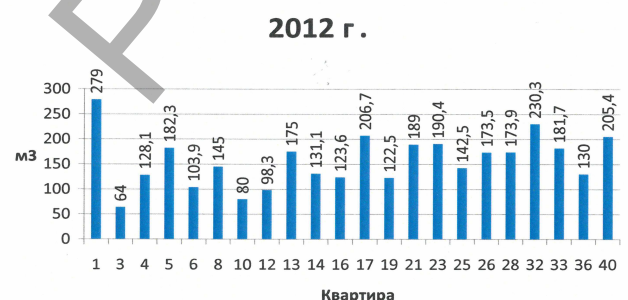
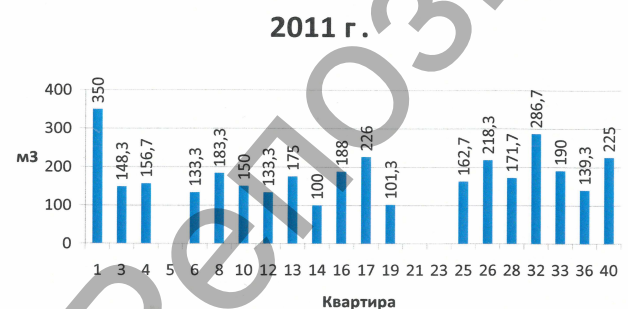


Рисунок 4 – Средние за год расходы газа квартир дома № 2 по ул. Несенюка (г. Малорита)



Рисунок 3 – Средние за год расходы газа квартир дома № 36 по ул. Юной (г. Пинск)

Удельный расход тепловой энергии на отопление на основании проведенных расчетов составил 2011 год – 156 кВт·ч/м², 2012 год – 135 кВт·ч/м², 2013 год – 122 кВт·ч/м², 2014 год – 95 кВт·ч/м².



Удельный расход тепловой энергии на отопление на основании проведенных расчетов составил 2012 год – 149кВт·ч/м², 2013 год – 98кВт·ч/м², 2014 год – 79кВт·ч/м². Снижение удельного расхода тепловой энергии на отопление по годам вызвано повышенными теплопотерями при эксплуатации здания в первый год после окончания строительства (наличие в строительных конструкциях влаги) и постепенным увеличением средней температуры наружного воздуха за отопительный период.

Основным параметром эффективности работы системы горячего водоснабжения является получение горячей воды необходимой температуры за достаточно короткий промежуток времени. Данные, полученные в результате исследования системы горячего водоснабжения, в целом соответствуют существующим данным о характеристиках котельного оборудования данного типа (двухконтурный котел). Таким образом, работа системы горячего водоснабжения является в целом удовлетворительной для использованного проектного решения, но приводит к перерасходу воды. Планировка угловых квартир такова, что ванная комната находится на значительном расстоянии от газового котла, находящегося на кухне, а это приводит к еще большему времени ожидания горячей воды за счет большой протяженности трубопроводов. Обработка данных по расходам газа трех домов показала, что среднее значение расхода газа, идущего на получение горячей воды, составляет 32 м³ в месяц для квартиры.

Заключение. Реальный удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию составляет по состоянию на 2014 год 79–90 кВт·ч/м², что значительно превышает нормативное значение. Для пятиэтажных энергоэффективных жилых домов с рекуперацией тепла удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию должен составлять 43 кВт·ч/м² для климатических условий Брестской области (таблица 2 изменений № 1 к [2], утвержденных с 1 апреля 2013 года). (Следует иметь в виду, что нормативные значения удельных расходов тепловой энергии получены при нормируемой температуре воздуха в помещениях 18°C при обеспечении нормативного воздухообмена и при средней температуре наружного воздуха за отопительный период, равной – 0,2°C для Брестской области). Так как в зданиях не функционирует система механической вентиляции с рекуперацией теплоты удаляемого воздуха, то нагрев приточного воздуха, проникающего за счет инфильтрации и при проветривании, осуществляется только системой отопления, на которую приходится дополнительная тепловая нагрузка.

Работа системы горячего водоснабжения квартир энергоэффективных домов является в целом удовлетворительной для использованного проектного решения, но приводит к перерасходу воды и вызывает недовольство жильцов долгим временем ожидания горячей воды.

Таким образом, рассматриваемые дома по реальному удельному расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию не соответствуют категории энергоэффективных.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новосельцев, В.Г. К вопросу об определении действительных тепловых потерь существующих жилых зданий с теплоснабжением от квартирных газовых котлов / В.Г. Новосельцев, К.В. Климович // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2015. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геозкология.
2. Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики. Правила определения: ТКП 45-2.04-196-2010 – Минск, 2010.

Материал поступил в редакцию 13.03.2016

NOVOSELTSEV V.G., NOVOSELTSEVA D.V., CHERNIKOV I.A. The study of the systems of heating and hot water energy efficient residential houses of the Brest region

The article presents the research results of work of systems of heating and hot water energy efficient residential houses of the Brest region.

УДК 621.438

Черников И.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ В ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

Введение. На протяжении всего XX века проводились исследования и разработки, оказавшиеся на стыке таких дисциплин как теплотехника, теория колебаний, химическая кинетика и акустика. Результатом такой деятельности явилось становление нового научного и технического направления, получившего название «пульсирующее горение (ПГ)». ПГ – периодический (колебательный) процесс химического взаимодействия компонентов топлива (горючего и окислителя), характеризующийся тем, что амплитуда изменения интенсивности горения соизмерима (имеет тот же порядок величины) со средним значением интенсивности, а период колебаний амплитуды не превосходит время пребывания компонентов топлива и продуктов сгорания в объеме устройства, где этот процесс осуществляется.

Теоретически возможность осуществления пульсирующего горения была обоснована Ч. Стретом (лордом Рэлеем) в конце XIX века в Англии. В начале XX века были созданы первые устройства ПГ на смеси паров бензина и воздуха.

Существенное влияние на развитие науки о ПГ оказали работы в многочисленных «закрытых» учреждениях («почтовых ящиках»), посвященные колебаниям в камерах реактивных двигателей. Новый всплеск интереса к ПГ начался в 80–90-е гг. XX в. вместе с развитием малой энергетики на новом технологическом уровне на фоне обострения внимания к экологическим проблемам.

Котлы, работающие на основе пульсирующего горения, имеют следующие достоинства:

- предельная простота конструкции, отсутствие дымохода;
- малые габариты и масса на единицу теплопроизводительности, что обусловлено высоким коэффициентом теплоотдачи от продуктов сгорания к стенкам теплообменного аппарата и высокими скоростями течения газовых сред;
- экономичное использование энергетических ресурсов (обеспечивается за счет отсутствия дымохода и постоянно действующего вентилятора (электроэнергию потребляют только КИПиА);
- малое гидравлическое сопротивление (экономию электроэнергии в насосном хозяйстве);
- высокий КПД (93–95%);
- малая поверхность теплообменного аппарата и малая собственная теплоемкости котлоагрегата (малые потери тепла временно остановленным и повторно запускаемым котлом);
- малый расход тепла на собственные нужды;
- работа в системе «старт-стопного» регулирования;
- возможность строить котельные установки на малых площадях за счет компактного их размещения (например, возможна установка двух котлов ПВ-400 друг на друга, для чего в конструкции предусмотрены специальные установочные элементы);

Обзор имеющихся схем пульсирующего горения

1. Котел пульсирующего горения. Один из вариантов котла, использующего пульсирующее горение, предлагается ниже [1]. Общий вид котла показан на рис. 1.

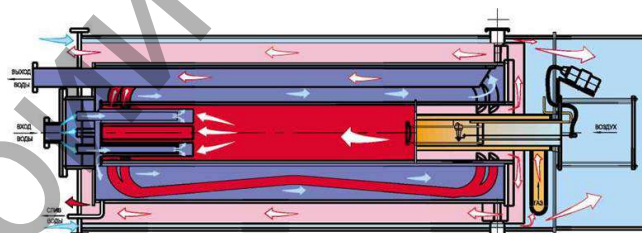


Рисунок 1 – Общий вид котла пульсирующего горения ПВ-400

Камера сгорания котла (1) совместно с дымогарными трубами (9) образуют объемный акустический резонатор. Для периодической подачи газа в камеру сгорания служат мембранные клапаны: воздушно-пульсирующий (5) и газопульсирующий (7), которые расположены в ресиверных камерах (6) и (3) соответственно. Дымовые газы из дымогарных труб поступают в выхлопной ресивер. Отсечной клапан (12) служит для включения и отключения подачи топливного газа. Для продувки камеры и дымогарных труб перед розжигом используется вентилятор (4). Для первичного воспламенения применяют электрозапальную свечу (8).

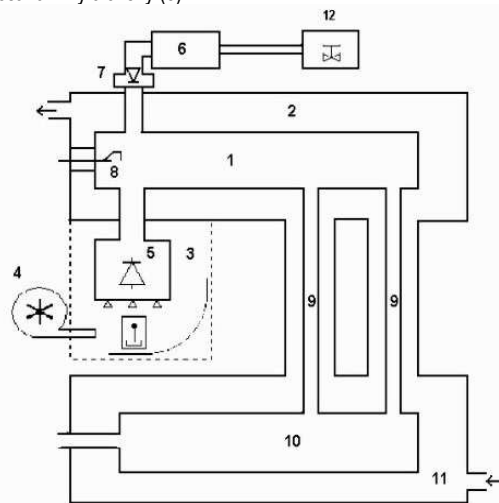


Рисунок 2 – Схема котла пульсирующего горения ПВ-400