

где V – рабочий объём приёмного резервуара насосной станции, м³;
 S – площадь приёмного резервуара насосной станции, м;
 h – высота рабочей части приёмного резервуара насосной станции, м;
 D – диаметр приёмного резервуара насосной станции, м;
 t – время работы насосного агрегата, сек.

Сравнение работы дождевых насосных станций без применения технологии Self-Clean и с ее применением приведено ниже. Мы определили, насколько уменьшится остаточный объём приёмного резервуара насосной станции.

1 Вариант сравнения. Дождевая насосная станция с обыкновенным плоским дном на примере погружных насосных агрегатов Hidrostat. Расход дождевых вод $Q=21$ л/с, давление $P=0,088$ Мпа ($H=9$ м).

По расходу и напору подбираем погружной насосный агрегат C0CQ-RL-3,5 кВт. У данного насоса всасывающий патрубок DN=100 мм. Исходя из этого, рассчитываем скорость во всасывающем патрубке:

$$v = \frac{1273,24 \cdot 21}{100^2} = 2,674 \text{ м/с.}$$

Определим минимальную высоту отключения насоса:

$$h_{\min} = 1,1 \cdot \frac{2,674^2}{2 \cdot 9,81} = 0,401 \text{ м} = 40,1 \text{ см.}$$

2 Вариант сравнения. Дождевая насосная станция с теми же исходными данными, но с применением технологии Self-Clean. Скорость во всасывающем патрубке составляет:

$$v = \frac{1273,24 \cdot 21}{150^2} = 1,188 \text{ м/с.}$$

Диаметр всасывающего патрубка принимаем DN=150 мм, т. к. на всасывающей патрубке насоса устанавливается специальная расширительная воронка. Для данного насоса воронка устанавливается с диаметром входного отверстия 150 мм.

Минимальная высота отключения насоса составит:

$$h_{\min} = 1,1 \cdot \frac{1,188^2}{2 \cdot 9,81} = 0,072 \text{ м} = 7,193 \text{ см.}$$

Сравнение вариантов показало, что минимальная высота отключения насоса в первом случае значительно выше (в 5,575 раза), чем во втором. Из этого следует, что и остаточный объём в первом случае будет значительно выше. Также в самом зумпфе дождевые воды приводятся во вращение, которое предотвращает отложения в нём. Из-за низкого уровня остаточной воды в резервуаре насосной станции постоянно удаляется вся жидкость и все твердые вещества. Применение технологии Self-Clean позволит значительно сократить затраты на обслуживание насосных станций и уменьшить регулирующий объём, тем самым сокращая затраты на строительство.

Данный пример рассмотрен для погружного насоса с рубашкой охлаждения, в котором минимальная высота отключения насоса не влияет на охлаждение двигателя. Применяя погружные насосы без рубашки охлаждения, необходимо учитывать, какое время двигатель насоса может работать, не находясь в жидкости. В зависимости от фирмы производителя и величины двигателя это время может варьироваться от 5 до 20 минут.

Для того чтобы оградить насосы от попадания в них крупных плавающих предметов, которые могут приноситься потоками дождевой воды, перед сливом в приемный резервуар согласно ТКП устанавливаются решетки (корзина). Ширина прозоров решетки не должна превышать значение условного шарового прохода насосов, используемых для перекачки поверхностных сточных вод. Решетки принимаются с прозорами не более 50 мм (прозор решетки зависит от насосов, установленных в насосной станции). Решетки требуют постоянного надзора. Обследование и обслуживание дождевых насосных станций обычно производится два раза в год перед весенним паводком и в летний период. На обслуживание одной насосной станции в среднем тратится за год до 7,0 млн бел. рублей. Эта сумма включает затраты на удаление мусора из корзины (решетки), плановый осмотр насосов, при необходимости, затраты на опорожнение шахты насосной станции специальными техническими средствами, очистку дна приёмного резервуара.

Заключение. На основании изложенного можно сделать следующее заключение: применяя технологию Self-Clean совместно с погружными насосами и винтовым рабочим колесом, можно сократить затраты на обслуживание насосной станции до 85 %. Оставшиеся 15 % будут составлять затраты на плановый осмотр насосов и очистку корзины. Применяя насосы с большими шаровыми проходами (насосы с винтовым рабочим колесом марки Hidrostat), можно устанавливать решётку с большими прозорами и тем самым сократить затраты на обслуживание решётки. При стоимости технологии Self-Clean примерно 30,0 млн бел. рублей ее окупаемость составляет порядка пяти лет. Поэтому, учитывая, что эксплуатация насосных станций составляет 20–30 лет и более, применяя технологию Self-Clean, можно существенно сэкономить.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Системы дождевой канализации. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-57-2012 (02250).
2. Системы наружной канализации. Сети и сооружения на них. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-56-2012 (02250).
3. Системы канализации населённых пунктов. Основные положения и общие требования. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-53-2012 (02250).

Материал поступил в редакцию 05.01.2016

YALOVAYA N.P., KORNEICHUK A.N. Development of an effective system for the drainage of surface runoff of the city of Brest

The technology Self-Clean in conjunction with submersible pumps and screw impeller will reduce the maintenance costs of the pumping station treatment of surface runoff by up to 85 %.

УДК 534.142

Северянин В.С., Новосельцева Д.В.

ПРИМЕНЕНИЕ УСТАНОВОК СО СЛОЕВЫМ ПУЛЬСИРУЮЩИМ ГОРЕНИЕМ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ «ДУРНОПАХНУЩИХ» ВЕЩЕСТВ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЫБРОСОВ

Введение. Установки со слоевым пульсирующим горением рекомендуется применять для обезвреживания «дурнопахнущих»

веществ газообразных выбросов предприятий:

- коммунального хозяйства: городских очистных сооружений, систем

Северянин Виталий Степанович, д.т.н., профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.

Новосельцева Дина Владимировна, к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.

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

локальной очистки на производственных предприятиях, насосных станций систем канализации;

- сельского хозяйства: птицефабрик, животноводческих ферм, свиноводческих комплексов, перерабатывающих цехов этих предприятий;
- по производству продуктов из отходов животного происхождения (мясокостной муки, животного кормового и технического жира) сельскохозяйственных и мясоперерабатывающих предприятий;
- производящих химические средства защиты растений (протравливатели семян, гербициды, фунгициды, инсектициды).

Следует отметить, что установки могут эффективно работать при переменных концентрациях и составе отходов, наличии в них пыли и смолистых веществ. Целесообразно использовать установки со слоевым пульсирующим горением, осуществляющие нагрев вторичного теплоносителя, то есть с теплообменниками.

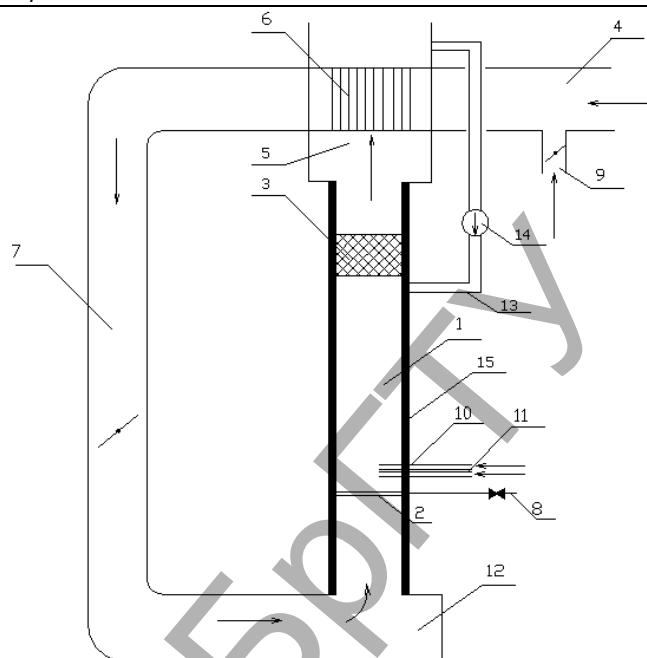
В зависимости от конкретных условий возможно применение установок со слоевым пульсирующим горением в различных технологических схемах.

Конструкции установок со слоевым пульсирующим горением.

По результатам исследований получен патент на полезную модель установки для обезвреживания газовых выбросов [1], представленной на рисунке 1.

В установке газы движутся вверх в пульсирующем режиме. В качестве слоевой горелки в ней предлагается применять коробку с соплами для жидкого или газообразного топлива и отверстиями для воздуха, расположенную на 1/4 длины цилиндрического резонирующего канала. Для дополнительной очистки в установке использован слой огнеупорного кускового материала, занимающий все сечение цилиндрического резонирующего канала и расположенный на 3/4 длины от нижнего торца канала. Эта установка работает следующим образом. В слоевую горелку по топливопроводу подается топливо, а воздух поступает из приемного газохода вместе с обезвреживаемым газовым выбросом, подаваемым по патрубку 9, в количестве, необходимом для горения топлива и окисления обезвреживаемых веществ (коэффициент избытка воздуха больше 1). При помощи электросвечи или любым другим запальником, не показанным на чертеже, топливо загорается. Обезвреживаемый выброс и воздух, необходимый для горения топлива и окисления газовых выбросов, подается к горелке снизу – из короба 12 по соединительному газоходу. В том случае, когда обезвреживается особо ядовитый выброс с малой концентрацией и расходом, во избежание его разбавления и утечки, предусмотрена подача выброса непосредственно в зону горения по патрубку 10 и воздуха по патрубку 11. Продукты сгорания топлива и основная часть прореагировавшего выброса движутся по цилиндрическому резонирующему каналу. Непрореагировавшие органические вещества разлагаются на поверхности кускового огнеупора под действием высокой температуры и пульсаций.

Обработанные газовые выбросы далее проходят через поверхностный теплообменник, нагревая поступающий на обезвреживание выброс и воздух для горения, и выбрасываются наружу через выхлопной газоход. При наличии в входящих из установки дымовых газах большого количества остаточных концентраций вредных веществ, включается осевой вентилятор и по трубопроводу для частичной рециркуляции газовых выбросов подает непосредственно перед слоем огнеупорного кускового материала в цилиндрический резонирующий канал на дожигание до 50% общего удаляемого объема выбросов. За счет утеплителя, который расположен с обеих сторон цилиндрического резонирующего канала, отсутствуют бесполезные потери теплоты установки в окружающую среду и за счет этого устойчивее режим слоевого пульсирующего горения.



1 – цилиндрический резонирующий канал; 2 – слоевая горелка; 3 – слой огнеупорного кускового материала; 4 – приемный газоход; 5 – выхлопной газоход; 6 – поверхностный теплообменник; 7 – соединительный газоход; 8 – топливопровод; 9, 10 – патрубки подачи обезвреживаемого выброса; 11 – патрубок подачи воздуха; 12 – короб; 13 – трубопровод для частичной рециркуляции газовых выбросов; 14 – осевой вентилятор; 15 – утеплитель

Рисунок 1 – Установка для обезвреживания газовых выбросов со слоевым пульсирующим горением

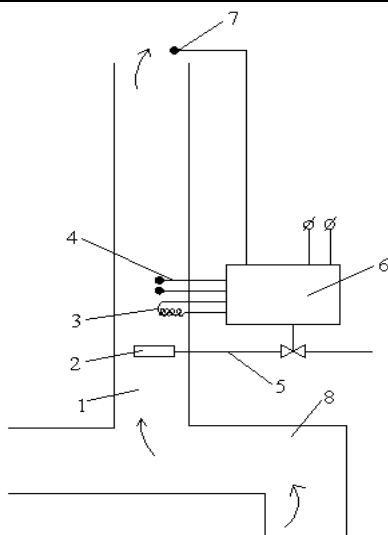
В работе [2] предложен способ очистки, в котором сочетается горение топлива, турбулизация потока, электронагрев и использование озона, с целью снижения энергоемкости процесса.

Принцип работы установки, реализующей данный способ, следующий (рисунок 2). В резонирующем канале 1, представляющим собой вертикальную трубу длиной 1,8...3 м, диаметром 0,1...0,3 м из огнеупорного материала, наводится акустическая стоячая волна (частота 20...50 герц, амплитуда давления 0,1-5 кПа), благодаря тепловыделению на слоевой горелке 2, где горит топливо с избытком воздуха больше единицы (газ или жидкое) и на электронагревателе 3 (нихромовая спираль, температура ее 500...800 °С), нагретый воздух поднимается вверх. Между электродами 4 – искровой разряд, выделяющий озон. Энергопотребление (расход топлива и электроэнергии) регулируется топливопроводом 5 с вентилем и регулятором 6 с датчиком 7 содержания удаляемого газа. Важно отметить, что электронагрев уменьшает расход топлива, а наличие озона каталитически действует на процесс окисления кислородом воздуха (в котором находится обезвреженный газ или пар). При малых расходах среды топливо вообще отключается.

Действие озона позволяет отказаться от керамической насадки, необходимой в аналогичных установках, обладающей большим аэродинамическим сопротивлением.

В работе [3] предложена установка, основным элементом которой является огневой фильтр. Благодаря тому, что не требуется нагревать весь воздух до температуры реакции, а достаточно лишь многократного соприкосновения с развитой огневой поверхностью, при применении огневого фильтра можно достигнуть существенной экономии топлива по сравнению с другими огневыми методами обезвреживания.

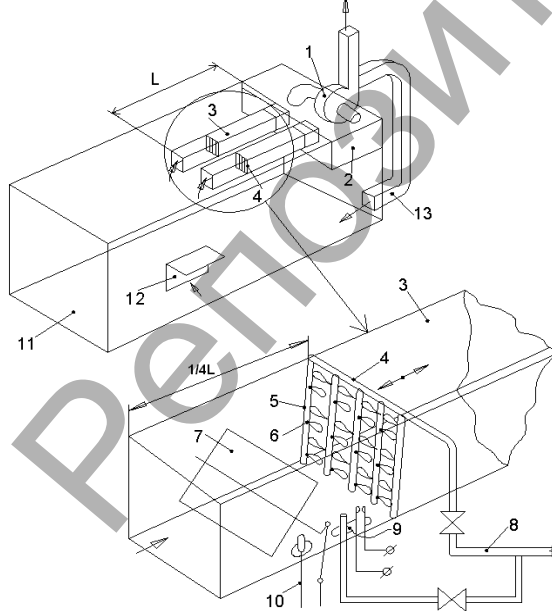
Установка состоит из центробежного вентилятора, установленного на вытяжной камере. В нее введены каналы огневых фильтров, изготовленные из листовой стали толщиной 1–2 мм, длиной L около 2 метров, поперечное сечение 0,2×0,2 м.



1 – резонирующий канал; 2 – слоевая горелка; 3 – электронагреватель; 4 – электроды; 5 – топливопровод; 6 – регулятор; 7 – датчик; 8 – газоходы

Рисунок 2 – Установка со слоевым пульсирующим горением с применением озона

Огневых фильтров может быть несколько (рис. 3) в зависимости от общего расхода воздуха. На противоположном конце огневого фильтра, внутри него, установлена горелка 4 (рис. 3) трубчатого типа. Трубки 5 имеют отверстия 6, направленные из соседних трубок друг на друга со смещением. В каналах огневого фильтра 3 могут быть установлены заслонки 7. Горелка 4 подсоединена к газопроводу 8 низкого давления. Около горелки 4 со стороны ближайшего конца монтируется электрозапал 9 в виде электросвечи и газовой трубки. Горелка 4 расположена на $\frac{1}{4}$ длины огневого фильтра 3, на стороне, противоположной вытяжной камере. Датчик пламени 10 (фотоэлемент или др.), электрозапал 9, заслонки 7, вентили на газопроводе 8 могут иметь или ручное или автоматическое управление. Обслуживаемое помещение 11 может иметь приточные фрамуги 12. Выход из вентилятора 1 соединен с обслуживаемым помещением 11 линией рециркуляции 13, это канал, имеющий шибер для отключения.



1 – вентилятор; 2 – вытяжная камера; 3 – огневого фильтр; 4 – горелка; 5 – трубки; 6 – отверстия; 7 – заслонки; 8 – газопровод; 9 – электрозапал; 10 – датчик пламени; 11 – обслуживаемое помещение; 12 – приточные фрамуги; 13 – линия рециркуляции

Рисунок 3 – Установка с огневым фильтром

Действует установка с огневым фильтром следующим образом. Открываются фрамуги 12, включается вентилятор 1. Заслонками 7 открываются те огневые фильтры 3, которые будут действовать (определяется интенсивностью загрязнения, температурой внешней и внутренней, допустимым уровнем показаний загрязнений). Включается электрозапал 9, открывается вентиль на газопроводе 8. Загораются микрофакелы горелки 4. В канале огневого фильтра 3 устанавливаются автоколебания в газозвдушном тракте. Частота пульсаций давления составляет 30...50 герц (зависит от длины огневого фильтра 3 и температуры в нем), амплитуда давления – 200...500 Па, колебательное смещение газа в районе горелки 5...20 мм. Шумоглушение происходит в вытяжной камере.

Воздух, содержащий «дурнопахнущие» соединения низкой концентрации, проходит возвратно-поступательным движением через микрофакелы из отверстий 6 трубок 5 горелки 4. Очищенный воздух выбрасывается в атмосферу. В зимнее время фрамуги 12 закрыты, включается линия рециркуляции 13 для возврата части очищенного воздуха.

На установку с огневым фильтром получен патент [4].

Целесообразно также применение предложенного в [5] водонагревателя, который возможно использовать для обработки «дурнопахнущих» выбросов и при этом утилизировать теплоту уходящих газов.

В вышеописанных установках может быть использовано как газообразное, так и жидкое топливо.

Технико-экономическая оценка различных технологий по обезвреживанию «дурнопахнущих» выбросов. Для определения экономической целесообразности применения предлагаемой технологии с установками слоевого пульсирующего горения проведена технико-экономическая оценка, заключающаяся в сравнении технических параметров и стоимости таких методов очистки как: слоевое пульсирующее горение, плазмокаталитический и сорбционно-каталитический (таблица 1).

Слоевое пульсирующее горение – колебательный режим горения с изменяющимися во времени динамическими характеристиками процесса, имеющими периодическую составляющую (температура, давление газов, концентрация компонентов, тепловыделение, светимость пламени и т. п.).

Плазмокаталитический метод – довольно новый способ очистки, который использует два известных метода – плазмохимический и каталитический. Установки, работающие на основе этого метода, состоят из двух ступеней. Первая – это плазмохимический реактор (озонатор), вторая – каталитический реактор. Газообразные загрязнители, проходя зону высоковольтного разряда в газоразрядных ячейках и взаимодействуя с продуктами электросинтеза, разрушаются и переходят в безвредные соединения, вплоть до CO_2 и H_2O . Глубина конверсии (обезвреживания) зависит от величины удельной энергии, выделяющейся в зоне реакции. После плазмохимического реактора воздух подвергается финишному обезвреживанию в каталитическом реакторе. Синтезируемый в газовом разряде плазмохимического реактора озон попадает на катализатор, где сразу распадается на активный атомарный и молекулярный кислород. Остатки загрязняющих веществ (активные радикалы, возбужденные атомы и молекулы), не уничтоженные в плазмохимическом реакторе, разрушаются на катализаторе благодаря глубокому окислению кислородом.

Адсорбционно-каталитический метод. Суть данного метода состоит в концентрировании газообразных продуктов на сорбенте с последующим периодическим беспламенным каталитическим окислением накопленных органических веществ. Основные недостатки адсорбции – это необходимость утилизации отработанного адсорбента как отход не ниже 2-3 класса опасности; невозможность обезвреживания газов от аммиака.

Данные по установке «УЛОВ-500» (адсорбционно-каталитический метод очистки) предоставлены предприятием-изготовителем ЗАО «Машоборудование» РБ г. Минск.

Данные по установке «ПЛАЗКАТ 0,5/2» (плазмокаталитический метод очистки) предоставлены предприятием-изготовителем ООО «Электрoэкология» РФ г. Санкт-Петербург.

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-изготовители, 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, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.