

зависят от физико-географического расположения бассейнов и уровня хозяйственного освоения на них.

Необходимо отметить, что оценке воздействия хозяйственной деятельности на водные ресурсы мешает отсутствие надежных сведений о водопотреблении и особенно по водоотведении различными отраслями экономики.

Выполненный анализ позволяет наметить основные направления исследований влияния хозяйственной деятельности на водность рек различных природных зон Украины:

1. В первую очередь должны быть выполнены исследования по объективной современной и перспективной оценке изменения речного стока и гидрологического режима под влиянием различных видов хозяйственной деятельности в годы с разной водностью. Эти исследования должны быть основаны на широком использовании материалов фактических наблюдений за многолетний период. Одновременно должны проводиться исследования динамики качества воды в реках. Результаты таких оценок являются основой в планировании водохозяйственных мероприятий, которые направлены на устранение количественного и качественного истощения водных ресурсов.

2. В связи с крайне неравномерным распределением речного стока во времени и на территории различных природных зон и несоответствием данного распределения с размещением населения, промышленности и сельского хозяйства, перераспределение водных ресурсов становится объективной необходимостью и в настоящее время и на перспективу, а также является наиболее реальным способом для устранения дефицита воды, который возникает на таких территориях.

3. Вопрос истощения рек и изменения их гидрологического режима под влиянием хозяйственной деятельности, а также оптимального регулирования и управления водными ресурсами территорий, не в достаточной мере обеспеченных водой, являются логическим продолжением исследований по проблеме влияния человека на водные ресурсы.

Поэтому первостепенное значение приобретает разработка теоретических вопросов влияния хозяйственной деятельности на гидрологический режим рек различных природных зон посредством использования современных ГИС-технологий, спутниковых данных,

а также математического моделирования трансформации гидрометеорологических процессов за последние десятилетия для объективной оценки изменения водности рек под влиянием отдельных видов и всего комплекса хозяйственной деятельности и глобальных изменений климата.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балюк, С.А. Научные основы охраны и рационального использования орошаемых земель Украины / С.А. Балюк, М.И. Ромащенко, В.А. Сташук – К.: Аграрна наука, 2009 – 624 с.
2. Бондар, А.Е. Влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы // *Materiały międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji.* – Vol. 9. Ekologia. Geografia i Geologia. Rolnictwo. Weterynaria. – Przemysł: Nauka i studia – S. 34–36.
3. Водогрецкий, В.Е. Учет влияния малых искусственных водоемов на весенний сток / В.Е. Водогрецкий, Г.В. Голфаст // *Труды ГТИ.* – 1986. – Вып. 324. – С. 52–58.
4. Водогрецкий, В.Е. Оценка влияния агротехнических мероприятий на сезонный сток рек // *Труды ГТИ.* – 1981. – Вып. 273. – С. 3–8.
5. Запольский, И.А. Влияние мелиорации на водный баланс Украинского Полесья. – К.: Наукова думка, 1991. – 168 с.
6. Каркуцкий, Г.Н. Гидрологические аспекты осушительных мелиораций. – К.: Наукова думка, 1982. – 158 с.
7. Кордюм, А.Б. Оценка изменений нормы речного поверхностного стока в условиях хозяйственной деятельности // *Вестник аграрной науки* – 2006. – № 7. – С. 48–51.
8. Кордюм, А.Б. Методологические проблемы количественной оценки изменений нормы речного стока под влиянием антропогенной деятельности человека в современных условиях // *Гидрология, гидрохимия и гидроэкология.* – К.: БГЛ «Горизонти», 2006. – Том 10. – С. 42–48.
9. Харченко, С.И. Гидрология орошаемых земель. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 246 с.
10. Шикломанов, И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 335 с.

Материал поступил в редакцию 23.03.15

BONDAR A. Effect of separate types of economic activity on river flow of different natural zones of Ukraine

The article discusses modern condition of the economic impact on the river flow in different zones of Ukraine. The main types of economic activities on river catchments and analyzed their impact on river flow. In the process of anthropogenic pressures in the river basins the territory under consideration, a change occurs in their availability of water resources. Noted, that the effects of this loads can lead to substantial loss of river flow, which obeys the law of geographical zonality and depends on the physical and geographical location basins and level of economic development against such there.

УДК 620.9

Северянин В.С.

ФИЗИКА УСТРОЙСТВ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ

Введение. В научно-исследовательской лаборатории ПУЛЬСАР кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета в течение многих лет ведутся теоретические и практические разработки высокофорсированного топочного процесса – так называемого пульсирующего горения. Многочисленные публикации, изобретения, ряд промышленных применений в виде специальных аппаратов показывают возможности и перспективы нового теплотехнического метода, предлагаемого лабораторией.

Впервые теория пульсирующего горения (под названием «вибрационное горение») была представлена Борисом Викторовичем Раушенбахом, одним из корифеев советской космонавтики [1]. При создании мощных ракетных двигателей возникали интенсивные разрушительные огневые режимы, что потребовало их глубокого изучения с целью не только их предупреждения, но и полезного использования. Это стало базой дальнейшего развития метода как в СССР, так и за рубежом [2].

Процессы, объединенные понятием «пульсирующее горение»,

настолько сложны, что математическое описание не обходится без некоторых условностей и допусков, а изучение физики явлений зачастую опирается на логические построения, взятые из практических наблюдений.

Техническое оформление метода. Пульсирующее горение проявляется двумя его разновидностями, как процесса с периодически меняющимися параметрами:

- гармонические автоколебания и вынужденные колебания основных материальных потоков (топлива, окислителя, продуктов сгорания), когда изменения описываются синусоидальными или близкими к ним закономерностями;
 - релаксационные, или взрывные, импульсные изменения, когда имеется резкая нелинейность, т.е. отклонения от среднего уровня ступенчатые, скорости изменения выше первого порядка.
- Конструкция гармонически действующих устройств, как правило, подчинена законам акустики, ибо автоматичность колебаний газового столба в устройстве существует благодаря физическим автоколе-

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

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

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

баниям. Это подразумевает необходимость некоего резонирующего канала или объема, создающего правильные соотношения по фазам колебаний теплоподвода и давления. Необходимо реализовать совпадающие максимумы этих переменных параметров, в чем и заключается инженерное искусство.

Эти устройства, в свою очередь, делятся на факельные камеры пульсирующего горения и камеры со слоевым пульсирующим горением [3].

Устройства с вынужденными (внешними, принудительными) источниками колебаний меньше зависят от автоколебательных характеристик (объема, длины, формы и т.д.), но режимы задаются по другим требованиям. Например, прерывистая подача воздуха на горение может не столько интенсифицировать процесс горения, сколько увеличить подачу (расход) воздуха, что увеличивает тепловую мощность топki. Конструкция воздушного шибера, открытие/закрытие обусловлены конкретными условиями.

Релаксационные устройства пульсирующего горения состоят из объема, накапливающего взрывную смесь, и системы топливо- и воздухоподачи. Зажигание может быть только пусковым и самопроизвольным в постоянной работе, или действующим по заданной программе, эти устройства можно сравнить с пусковыми агрегатами [3].

Важным конструкционным элементом является механизм, позволяющий реализовать вентильный эффект, т.е. «запирание» потока при обратном его движении в гармоническом колебании. Это так называемые механические или аэродинамические клапаны. Они устанавливаются на воздушном потоке, форма и вид их весьма разнообразны.

Топливо чаще всего подается обычными форсунками или горелками. Прерыватели используются в особых случаях.

Так как устройства пульсирующего горения излучают звук значительной силы, целесообразны шумогасящие и звукоизолирующие средства. Объект воздействия (например, внешний теплообменник) также может служить звукопоглощающей частью.

Физические схемы устройств пульсирующего горения. Процесс горения в рассматриваемых устройствах настолько интенсивен, что без опасения возникновения недожогов и загрязнений возможен теплосъем непосредственно из факела. Это проявляется в видимом отсутствии собственно топki, агрегат состоит только из компактного теплообменника с небольшой камерой воспламенения.

Интенсивный теплообмен на поверхностях нагрева приводит к переохлаждению продуктов сгорания, при холодном теплоносителе возможно выпадение конденсата. Это требует применения высококачественного материала для труб и газопроводов.

Устройства пульсирующего горения, кроме малых габаритов, допускают любую ориентацию, изменение формы, различные стыковки и сочетания.

Мощная турбулизация при смесеобразовании позволяет сжигать низкосортные загрязненные топлива, распыляющие действие колеблющегося газового потока допускают уменьшение давления перед форсункой, безнапорную подачу топлива.

В одной и той же конструкции можно сжигать широкую гамму топлив. Это объясняется, в частности, сближением эмиссионных характеристик факелов.

Габаритное масштабирование при пульсирующем горении ограничено физическими условиями. Поэтому устройства имеют определенные размеры и формы. Для увеличения тепловой мощности таких агрегатов нужно использовать модульный принцип, т.е. компоновать группами объединенные устройства.

Физическую схему гармонического пульсирующего горения можно представить следующим образом. В любом канале самопроиз-

вольно возникают акустические колебания: канал выделяет из белого шума окружающей среды колебания, соответствующие его собственным частотам, это резонансное явление четко фиксируется приборами. Эти колебания газового столба выражены стоячей акустической волной. Если канал открыт с обоих концов, то в середине канала наблюдается максимум, т.е. пучность давления, по концам – нулевые значения (узел давления), а пучность акустического смещения – по концам канала, узел – в середине. Так устанавливается попуолна стоячей волны. Для канала, закрытого с одного конца, аналогичные рассуждения дают четверть стоячей волны. Речь идет о первых гармониках, но могут возникать и обертоны.

Второй важный момент – необходимость подвода теплоты в момент сжатия газа, т.е. термодинамическое условие получения механической работы из теплоты по аналогии с тепловыми двигателями всех типов. Только в этом случае колебания усиливаются до тех пор, пока потери акустической энергии не сравняются с получением системой тепловой энергии.

Эксперимент показывает, что именно в положительной фазе давления процесс горения максимален в факельных камерах пульсирующего горения. Объяснения этому лежит в кинетических свойствах реагирования топлива и окислителя (запаздывание, сближение молекул, тепломассообмен и т.п.).

В камерах слоевого пульсирующего горения большее влияние оказывают физические факторы. При движении газа через слой горящего топлива происходит интенсивный теплоподвод, он совпадает с положительной фазой давления. При обратном ходе газов, уже нагретых, теплоотдача меньше. Это позволяет «раскачать» столб газа в виде стоячей волны. Здесь нужно сочетать пучности давления и смещения, но они в разных местах, поэтому выбирается промежуток между ними: одна четверть длины от входного конца канала. Другое важное требование – подаваемый воздух должен быть холодным, чтобы разница между теплоподводами при движении вперед и назад была максимальной.

Следующее важное физическое условие – необходимость «открытых» концов канала, чтобы образовать пучности смещения и узлы давления стоячей акустической волны. Это означает наличие полостей на входе и выходе из канала.

Если перекрыть подачу воздуха, герметизировать канал горения со стороны корня факела, то в этом объеме возникает разряжение от действия самотяги (естественное давление за счет разности плотностей горячего внутреннего газа и холодного наружного воздуха и вертикальных габаритов канала): при резком открытии воздушного отверстия оно становится под увеличенный перепад давлений, что увеличивает расход среды через него за это время. Перепад быстро сравнивается с перепадом стационарного течения. При наличии дымососа эффект роста расхода в таких условиях выше. Естественно, потребляемая дымососом электроэнергия тоже несколько возрастает, но общая выгода заключается в увеличении тепловой мощности устройства без увеличения габаритов, благодаря возможности сжигания большего количества топлива. Кроме того, растет скорость химических реакций, улучшается смешение топлива с воздухом и удаление продуктов сгорания из-за импульсного воздействия.

Таким образом, физические схемы действия устройств пульсирующего горения объединены нестационарным влиянием на основные теплотехнические процессы.

Горение и тепломассообмен. Поведение частицы топлива в пульсирующем закрученном, наиболее сложном для анализа газовом потоке выражается следующей системой уравнений (движение, выгорание, обдувание) [4]:

$$\begin{aligned} \frac{dW_m}{d\tau} &= \frac{A}{\delta^2} \left[(V_{om}^{cp} + V_m^a \sin \omega\tau) \left(\frac{r_o}{r} \right)^k - W_T \right] \pm 2 (V_{om}^{cp} + V_m^a \sin \omega\tau) \left(\frac{r_o}{r} \right)^k \frac{z_p}{r} + \left(2 + 0,16 \left[\frac{z\delta}{v} \right]^{2/3} \right) W_T \frac{B}{\delta^2}; \\ \frac{dW_p}{d\tau} &= \frac{A}{\delta^2} \left[(V_{om}^{cp} + V_p^a \sin \omega\tau) \left(\frac{r_o}{r} \right)^k - W_p \right] \pm 2 (V_{om}^{cp} + V_p^a \sin \omega\tau) \left(\frac{r_o}{r} \right)^k \frac{z_m}{r} + \left(2 + 0,16 \left[\frac{z\delta}{v} \right]^{2/3} \right) W_p \frac{B}{\delta^2} - \frac{W_m^2}{v}; \\ \delta &= \sqrt{\delta_0^2 - \frac{2}{3} \left(2 + 0,16 \left[\frac{z\delta}{v} \right]^{2/3} \right) B\tau}; \\ z &= \sqrt{\left[(V_{om}^{cp} + V_m^a \sin \omega\tau) \left(\frac{r_o}{r} \right)^k - W_T \right]^2 + \left[(V_{om}^{cp} + V_p^a \sin \omega\tau) \left(\frac{r_o}{r} \right)^k - W_p \right]^2}, \end{aligned} \quad (1)$$

В формуле (1): V – скорость потока, W – скорость частицы, δ – её размер, z – обдувание частицы, $z = v-w$, R – радиус-вектор, v , ω – частота пульсаций, ρ – плотность частицы или газа, u – вязкость газов; параметры увлечения частицы газом

$$A=0,75cReu_{\rho}/\rho; B=6\rho_{\alpha}C_{O_2}D/(\rho_{\alpha}M\beta),$$

где Re – число Рейнольдса, C_{O_2} – концентрация кислорода, D – коэффициент диффузии, M, β – стехиометрические коэффициенты; индексы: cp – среднее, T – тангенциальное, P – радиальное движение, α – амплитуда, O – начальное; α, γ – газ, частица.

Система (1) характеризует диффузионный процесс выгорания частицы топлива в пульсирующем закрученном газовом потоке, наиболее характерном для применяемых устройств.

Автором с сотрудниками получено следующее выражение для описания физики интенсификации и для кинетического режима горения (например, газозадушной смеси) [5].

$$\Delta = \frac{\int_0^{2\pi} \left\{ 1 + \sum_{n=1}^k \frac{[-E/R]^k}{n!(T_{cp} + T_a \sin \omega \tau)^k} \right\} \left(\frac{P_{cp} + P_a \sin \omega \tau}{T_{cp} + T_a \sin \omega \tau} \right)^N d\tau}{2\pi e^{-E/RT} \cdot P_{cp}^N / T_{cp}^N} - 1. \quad (2)$$

здесь Δ – относительный прирост скорости химической реакции при пульсациях давления P и температуры T (в опытах Δ выражается через начальные и конечные концентрации реагирующих веществ), N – порядок реакции.

Показано, что при нелинейной функции (зависимости скорости горения от P и T) всегда $\Delta > 1$, т.е. в кинетическом режиме горения пульсации интенсифицируют реакцию.

Особенность диффузионного режима пульсирующего горения состоит в том, что при слабых пульсациях скорость горения может снизиться (облако продуктов сгорания «окутывает» частицу, снижая диффузию кислорода). Количественно вход в этот режим описывается экспериментальным уравнением [3]:

$$lg \left(\frac{K_{\xi} \delta}{C_{O_2} D} \right) = 0,5 [lg Pe + exp(-5,5Pe) - 1], \quad (3)$$

где K_{ξ} – поверхностная скорость горения частицы, Pe – критерий Пекле, $Pe = z\delta/D$.

Этот факт, впервые показанный автором, как теоретически, так и экспериментально, следует учитывать как с точки зрения полезного использования, так и подавления сверхфорсированных режимов в огневых устройствах.

Тепломассообмен в устройствах пульсирующего горения, изученный во многих известных работах, основывается в основном на привлечении свойств нестационарного газового потока. При этом резко возрастает конвективный теплообмен с различными поверхностями внутри устройства и вне его. Так, теплообменники трубчатого типа в этих условиях имеют коэффициент теплопередачи в пределах (100...450 Вт/(м² · К) [3]. Это существенно выше, чем в аппаратах после обычных камер сгорания. Для ламинарного и турбулентного течения газов теплообмен описывается следующими зависимостями:

$$Nu=0,4Re^{0,5}Pr^{0,4} \text{ и } Nu=0,028Re^{0,8}Pr^{0,4}, \quad (4)$$

Критерии Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля рассчитываются по пульсирующей скорости газа.

Радиационный теплообмен

$$Q = \epsilon C_o \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right],$$

сильно зависящий от температуры тел T_1 и T_2 , в устройствах пульсирующего горения, несколько снижен, (ϵ – степень черноты, C_o – физическая константа), т.к. часть кинетической энергии E потока идет на его пульсации, чем снижается энтальпия, т.е. температура потока, на ΔT :

$$\Delta T = 0,75pStWcpWa^2/(\Sigma vc), \quad (5)$$

S – сечение потока, t – период пульсации, $\Sigma(vc)$ – теплоёмкость газов.

В реальных условиях ΔT составляет 100-150°С, это способствует повышению надежности работы материала стенок топочной камеры.

Выражения (1...5) показывают физическое отличие рассматриваемого метода от стационарных режимов горения и тепломассообмена.

Технологические особенности пульсирующего горения. Кроме интенсификации основных факторов сжигания топлива (процессы горения и тепломассообмена), периодические явления дают ряд сопутствующих эффектов.

Самонадув. Устройство пульсирующего горения является как бы газовым насосом, что позволяет ему действовать в режиме самостоятельного обеспечения воздухом как для горения, так и удаления продуктов сгорания, более того – для прокачивания их через какую-либо аэродинамическую нагрузку в виде, например, теплообменника. При наличии дутьевого вентилятора расход энергии на него уменьшается.

Очищающее действие пульсаций на загрязнение поверхностей нагрева. Здесь проявляется двойное влияние на препятствие потоку: струйное и волновое, т.е. газодинамическое и акустическое. На основании этого качества автором был разработан метод акустической (импульсной) очистки энергетических котлов и котлов-утилизаторов.

Экологические достоинства проявляются в отсутствии недожогов в продуктах сгорания, уменьшении выхода окислов азота, достигается абсолютно беспламенное сжигание большой гаммы топлив.

Уменьшение эксергетических потерь. В обычных топках эксергетический КПД близок к нулю. Пульсирующее горение позволяет реализовать напрямую механическую работу, без конструкционных затрат. Аналог – действие пульсирующих воздушно-реактивных двигателей, бескомпрессионных газотурбинных установок.

Теплофикационный эффект заключается в передаче теплоты потребителю после производства механической работы, позволяет иметь экономично топлива в режиме самонадува по сравнению с наддувом вентилятором с электроприводом.

Стабилизирующее действие теплосъема на режим пульсаций. Колебательные процессы в устройстве реализуются так, что максимум теплопровода при горении почти совпадает с максимумом акустического давления в стоячей волне канала устройства. Поэтому удобно сочетать топочную часть агрегата с теплообменником, когда они «помогают» друг другу вести рабочий режим.

Выведение взвешенной фазы. Акустическая коагуляция трудноуловимой мелкой фракции зольных частиц объясняется разными скоростями колебаний частиц, обусловленными разными параметрами увлечения [3]:

$$\Delta A = -2K \frac{\rho_{\alpha}}{\rho_r} \frac{Tv}{\delta^2} \Delta \delta, \quad (6)$$

т.е. чем меньше размер частицы, тем ощутимее влияние пульсаций. Выражение (6) учитывает также полидисперсность через $\Delta \delta$. В стационарном потоке скорости частиц почти одинаковы. Поэтому устройства пульсирующего горения весьма перспективны как очистители потоков.

Снижение выхода окислов азота происходит благодаря снижению общей температуры, уменьшению времени пребывания в зоне горения, повышению равномерности температурных и концентрационных полей, коэффициенту избытка воздуха близком к единице.

Принцип расчета устройств. Перед конструированием необходимо определить следующие величины и параметры:

p – амплитуда давления газа, B – расход топлива, Q_H^p – теплота сгорания топлива, T – температуры, f – частота пульсаций, λ – длина звуковой волны, τ – время выгорания частицы топлива, $L_{ак}$ – длина аэродинамического клапана и резонансной трубы, $S_{ак,PT}$ – их сечение, V – объемы камеры, $V_{\alpha, \beta}^o$ – объемы газа и воздуха на 1 кг топлива, a – скорость звука, u – вязкость газа.

Предлагаются следующие зависимости [6]:

$$\begin{aligned}
 p &= Q_{\text{н}}^p B / (4Vf); \\
 p &= \frac{L_{\text{ак}} V_e^o B}{L_{\text{рм}} S_{\text{ак}}}; \\
 S_{\text{ак}} &= B(V_e^o - V_e^o) \frac{\rho_e L_{\text{рм}}}{\rho_e L_{\text{ак}} 10\sqrt{T}}; \\
 f &= \frac{20\sqrt{T}}{4L_{\text{рм}}}, a = \lambda f, \lambda = 4L_{\text{рм}}; \\
 \frac{4\delta f \rho_e a}{P} &\leq \frac{1}{\sqrt{1+A^2}}; \\
 \tau &= \frac{L_{\text{рм}} S_{\text{рТ}}}{V_e^o B T / 273} = \frac{\rho_e}{2} \int_0^{\delta} \frac{\partial(\delta)}{K_s}; \\
 S_{\text{рТ}} &= \frac{\tau V_e^o B}{L_{\text{рм}}}; \\
 L_{\text{ак}} &\approx 0,04\lambda; S_{\text{ак}} \approx 0,6S_{\text{рТ}}; L_{\text{рТ}} / d_{\text{рТ}} > 5.
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Эти зависимости (7), как теоретические, так и экспериментальные, положены в основу создания многих устройств пульсирующего горения, предложенных лабораторией ПУЛЬСАР.

Заключение

- Несмотря на многолетнее изучение и использование метода пульсирующего горения топлив, требуются дальнейшие как теоретические, так и практические разработки с целью повышения эффективности применения топливных ресурсов в различных отраслях. В первую очередь необходимо снизить акустическое воздействие на окружающую среду малозатратными способами. Открывающиеся новые свойства и качества метода позволяют его рекомендовать не только в энергетических технологиях, но и

- при производстве различных материалов, обезвреживании различных объектов, в авиации и воздухоплавании.
- Природа, т.е. физика пульсирующего горения, аналогична действию высокофорсированных энергетических агрегатов, таких как ракетные двигатели, двигатели внутреннего сгорания, поэтому при практическом применении следует использовать материаловедческие и конструкционные достижения передовых технологий.
 - Сложные огневые условия затрудняют вести экспериментальные разработки, поэтому проявляются чаще теоретические исследования метода. Однако нельзя ослаблять внимания продвижению промышленных и коммунальных аппаратов пульсирующего горения.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Раушенбах, Б.В. Вибрационное горение / Б.В. Раушенбах. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. – 500 с.
- Proceedings of Symposium on Pulse Combustion Applications. Volume 1. Atlanta, Georgia, USA, 1982. GRI – 82/0009.2. gas Research Inst. U.S. Department of Energy.
- Попов, В.А. Технологическое пульсационное горение / В.А. Попов, В.С. Северянин, А.М. Авакумов, В.Я. Лысков, Я.М. Щелоков. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 318 с.
- Северянин, В.С. Горение частицы топлива в пульсирующем потоке / В.С. Северянин // Известия ВУЗов и энергообъединений СНГ. Энергетика. – 1987. – № 8. – С. 66–70.
- Северянин, В.С. Экспериментальные исследования эффективности обезвреживания газовых выбросов в пульсирующем потоке / В.С. Северянин, Д.В. Новосельцева // Вестник БрГТУ – 2014. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геоэкология – С. 79–86.
- Северянин, В.С. Котлы с пульсирующим горением / В.С. Северянин // Известия ВУЗов и энергообъединений СНГ. Энергетика. – 2001. – № 1. – С. 79–86.

Материал поступил в редакцию 04.02.15

SEVERYANIN V.S. Pulsating Combustion installations Nature

This article presents information about science – technical investigations in laboratory PULSAR on new burning of fuel – so called Pulsating combustion. Intensifications of burning and massheat transferring are described. Another peculiarities of pulsating combustion installations are listed, there is high quality of this method.

УДК 697.12

Новосельцев В.Г., Климович К.В.

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕМ ОТ ПОКВАРТИРНЫХ ГАЗОВЫХ КОТЛОВ

Введение. Достаточно сложно определить достоверные теплотери эксплуатируемого жилого дома с теплоснабжением от поквартирных газовых котлов. Объясняется это тем, что в этих зданиях, в отличие от зданий, получающих тепловую энергию от тепловой сети, отсутствуют счетчики теплоты, установленные в тепловых пунктах. Поквартирный учет тепла в этих зданиях отсутствует, а у потребителей установлены индивидуальные счетчики газа. Определение действительных тепловых потерь существующих жилых зданий с теплоснабжением от поквартирных газовых котлов – довольно сложная задача и возможна только по данным мониторинга, осуществляемого в течение продолжительного времени. Эта работа является весьма важной для изучения закономерностей работы

систем отопления и горячего водоснабжения таких домов, она позволит осуществить более всеобъемлющий подход при проектировании таких домов в будущем.

Описание системы поквартирного теплоснабжения. При поквартирном теплоснабжении в каждой квартире устанавливается настенный газовый двухконтурный котел, обеспечивающий и отопление, и горячее водоснабжение. Для этой цели используют котлы мощностью 24 кВт. Они бывают с открытой (воздух для поддержания процесса горения поступает из помещения, в котором расположен котел) или закрытой камерой сгорания (подвод воздуха для горения и отвод продуктов сгорания осуществляется газоплотными воздухо-

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

Климович Кирилл Владимирович, студент группы ТВ-5 факультета инженерных систем и экологии Брестского государственного технического университета.

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