

концентратор воздушного потока в виде поворачивающегося по ветру раструба, действие потока может быть усилено вспомогательной крыльчаткой. Принцип работы – обратный вентилятор (в режиме выработки, а не потребления энергии, аналогия с тормозным эффектом транспортных средств).

- **Ветроаэратор.** ВЭУ с вертикальной осью вращения и поворачивающимися лопастями. Вращение передается на блок элементов, перемешивающих приповерхностный слой воды с образованием струй и капель, чем производится обогащение воды воздухом с образованием струй и капель, и циркуляция воды по водоему. Остро необходим для рыбоводческих целей.

- **Ветродвижитель** (4429) для водных судов, где известные вертикальные вращающиеся роторы (корабли Флетнера, Кусто) заменены на группу поворачивающихся вертикальных лопастей, при движении которых усиливается эффект Магнуса, создающего движущее судно усилие.

- **Топки для сжигания растительных ВИЭ** (2875, 3052, 4733, 6264, 3835, 4422) состоят из футерованного топочного объема и различных внутритопочных приспособлений (съёмная ступенчатая колосниковая решетка, пирамиды и конуса с воздухоподводящими отверстиями, ворошители, воздушные пульсаторы и т.д.). Позволяют эффективно сжигать низкокачественное (влажное, зольное) топливо и специальное топливо (пеллеты, гранулы), отходы деревопроизводства (опилки, обрезки, кора, иголки, листья).

- **Способ теплоснабжения с доводчиками** (4691). При централизованном теплоснабжении в теплотрассе удерживается минимальная температура (снижение теплопотерь), у потребителя необходимые параметры создаются индивидуальным газовым прибором. При этом общий расход топлива существенно снижается.

- **Радиационный обогреватель** (3260). Теплоотдача от прибора усиливается действием лопастного вентилятора, приводом для которого служит турбина в излучающей панели. Является дублиром солнечных нагревателей.

Рассматривая эти и другие примеры технологий и устройств с ВИЭ, надо сказать об их не только прикладном значении, но пусть не покажется странным в наше утилитарное время, и об архитектурно-эстетическом аспекте. Красота технических решений, положительное эмоциональное воздействие украшают материальное благополучие. Ярким примером может служить Эйфелева башня, своим техническим величием, целесообразностью линий, благоприятными пропорциями отдавшая часть своего существования материальным потребностям человека.

Заключение. Учитывая особенности экономического состояния Беларуси, которое является устойчивым, но не допускающим расточительности, энергетический и экономический уровень ВИЭ, которыми располагает республика, политические, территориальные, промышленные, кадровые возможности государства и частного предпринимательства, можно высказать следующие выводы.

1. Лозунги об истощении традиционных энергоресурсов – блеф, распространяемый заинтересованными субъектами. Другое дело – их использование с экономической, экологической, практической точек зрения. Их замена ВИЭ должна быть обоснована с учетом многих обстоятельств, но целиком альтернативой они в настоящее время быть не могут, особенно это касается Беларуси.
2. Для большой энергетики ВИЭ не могут быть базовым ресурсом из-за ряда их недостатков, четко проявляющихся в Беларуси. Кроме того, в данном применении капитальные и текущие затраты слишком велики.
3. Приоритеты в развитии энергетики Беларуси должны быть представлены следующим ранжиром:
 - *ядерная энергетика;*
 - *энергосбережение* (правильнее – энергоэффективность) в традиционной энергетике и в потребляющем комплексе;
 - *энергетика на ВИЭ* для удовлетворения маломощных потребителей или отдачей энергии в общую сеть;
 - *автономные аппараты на ВИЭ* как дублиры обычных энергогенераторов и для различных частных технологий.
4. Используя научно-технический потенциал Беларуси, целесообразно создавать энергоустановки на ВИЭ как экспортный товар для соответствующих покупателей. При этом желательно базироваться на отечественных новшествах и изобретениях, нужно создавать опытные производства для доводки разработок до конкурентного мирового уровня, вести маркетинговые исследования, организовывать рентабельную реализацию.
5. Поэтому встает насущный вопрос о кооперации для реализации инновационных проектов. Например, солнечный и ветрообильный Казахстан может использовать наши идеи, создать у нас с нами совместное производство соответствующих агрегатов и после установки у себя использовать с максимальным эффектом. Безусловно, необходимы определенные совместные организационные усилия.

Материал поступил в редакцию 16.12.13

SEVERYANIN V.S. Using of renewable energy sources in Belarus

Terminological remarks are discussed for correct using. Suggestion of renewable energy sources demand special study. Its may be used for small consumers and uncommon cases in Belarus conditions, but not for great energetic. New working outs are necessary by cooperation with other countries and employers. Some projects and installations are proposed for that.

УДК 534.142

Северянин В.С., Новосельцева Д.В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ В ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ПОТОКЕ

Введение. В последнее время загрязнение окружающей среды дурнопахнущими выбросами стало большой социальной проблемой, так как границы зоны дискомфорта не являются фиксированными, а зависят от направления и скорости ветра.

Химический состав дурнопахнущих веществ биологического происхождения многократно изучался учеными разных стран и, в результате, было показано, что это хорошо известные соединения: сероводород, меркаптаны, индол и скатол, одновременное присутствие которых в воздухе в определенных соотношениях вызывает резкий неприятный запах.

Хотя концентрация каждого компонента в составе дурнопахнущих веществ в вентиляционном воздухе часто не превышает ПДК, их присутствие в атмосфере создает дискомфортные условия жизни людей вокруг предприятий – источников таких выбросов.

Единственным способом решения этой проблемы является очистка вентиляционного воздуха от дурнопахнущих веществ перед его выбросом в атмосферу. Очистка технологических выбросов осуществляется уже много десятилетий, и поэтому накоплен большой опыт, позволяющий в каждом конкретном случае выбрать оптимальный вариант такой очистки. В любом случае это не улавливание (накопление) дурнопах-

Новосельцева Дина Владимировна, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.

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

нущих соединений, а их деструкция – окисление в конечном счете до CO_2 и H_2O , а сернистых соединений – до сульфатов.

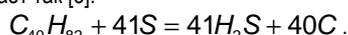
Наиболее простым и самым старым способом очистки таких газов является термическое дожигание. Однако при низких концентрациях загрязняющих веществ эффективность данного метода (как в принципе и других) существенно снижается.

Возможно создание высокоэффективных огневых устройств, в т.ч. для термического обезвреживания промышленных отходов, на основе процесса пульсирующего горения. В [1] было показано, что при пульсирующем горении скорость химической реакции увеличивается, а следовательно, увеличивается эффективность очистки. В настоящее время экспериментальные данные по данному вопросу отсутствуют.

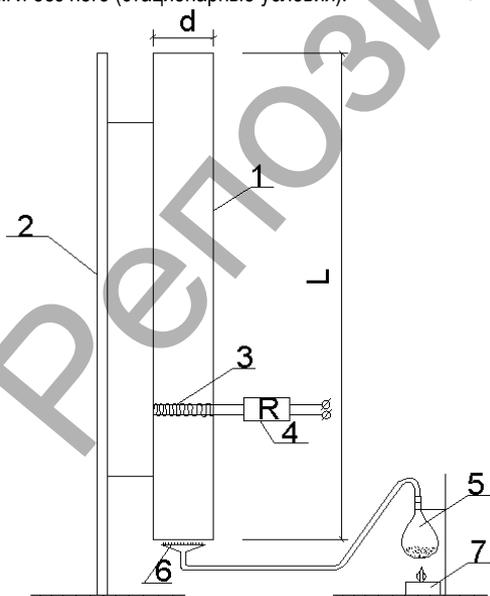
Экспериментальные исследования. Целью данных исследований является определение эффективности очистки газообразных отходов низкой концентрации термическим окислением в стационарных и нестационарных условиях на примере модельного газа, в качестве которого использовался сероводород.

Сероводород – сильный яд, вызывающий острые и хронические отравления. Оказывает местное раздражающее и общетоксическое действие. Порог осязаемости запаха составляет 0,014–0,03 мг/м³. Основными источниками являются предприятия по изготовлению сахара, коксохимической, текстильной и кожевенной промышленности, нефтеперерабатывающие, нефтепромыслы, а также канализационные сети [2].

При проведении экспериментов сероводород был получен путем сплавления парафина с серой в соотношении 2:1. В этом случае реакция начинается при нагревании смеси до температуры 170°C и больше. Получение сероводорода можно контролировать путём повышения или уменьшения температуры: сероводород выделяется более интенсивно при повышении температуры, при уменьшении температуры – меньше или совсем прекращается. В процессе химической реакции водород, находящийся в парафине, взаимодействует с серой, при этом выделяется сероводород и образуется углерод. Реакция протекает так [3]:



Экспериментальная установка (показана на рис. 1) представляет собой вертикально расположенную стальную трубу $\varnothing 100$ мм и длиной $l=2$ м, внутри которой установлен источник тепла. Источником тепла является нихромовая проволока, пропущенная сквозь керамическую насадку и подключенная через реостат к источнику переменного тока. В процессе работы экспериментальной установки нихромовая проволока раскаляется при подведении электрического тока. Измерения были проведены для двух режимов: с пульсирующим режимом и без него (стационарные условия).



1 – стальная труба; 2 – стойка; 3 – источник тепла; 4 – реостат; 5 – колба; 6 – диффузор; 7 – спиртовка

Рис. 1. Экспериментальная установка

При расположении источника тепла на расстоянии равном $1/4l$ от нижнего конца трубы генерируется автоколебательный процесс, идентичный слоевому пульсирующему горению (СПГ), при котором наблюдается изменение во времени динамических характеристик процесса, имеющих периодическую составляющую [4]. Пульсации давления фиксировались осциллографом (рис. 2). Амплитудное значение давления определялось динамической тарировкой и составило 3500 Па. Изменяя положение источника тепла, добивались затухания автоколебательного режима и установления стационарных условий обработки.

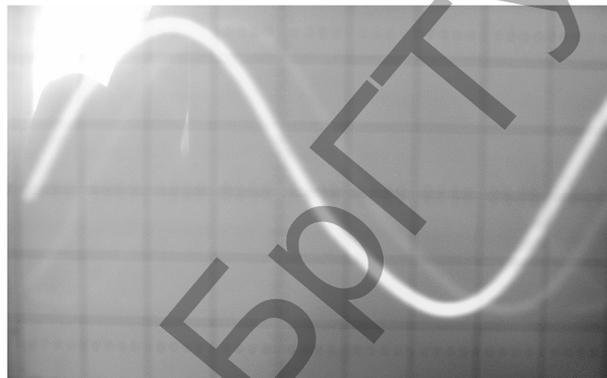
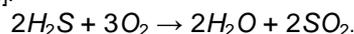


Рис. 2. Осциллограмма, иллюстрирующая пульсации давления во времени

Сероводород равномерно распределялся по нижнему сечению трубы при помощи диффузора (рис. 1). При температуре выше 400°C происходит окисление сероводорода кислородом воздуха до H_2O и SO_2 [3]:



Начальная концентрация и конечная (после очистки) концентрация сероводорода измерялась индикатором газов Variotec-B. Принцип работы данного прибора основан на изменении электрической проводимости полупроводника, состоящего главным образом из двуокси олова (SnO_2), при адсорбции на его поверхности горючих газов. Индикация распространяется на газы, в химической формуле которых отсутствует кислород.

Данные, полученные в ходе эксперимента, сведены в таблицу 1.

На основании экспериментальных данных были рассчитаны эффективность очистки, абсолютный прирост эффективности и относительный прирост эффективности по следующим формулам [5]:

$$\mathcal{E} = 1 - \frac{c_k}{c_n} = \frac{c_n - c_k}{c_n}; \quad (1)$$

$$\Delta = \mathcal{E}_n - \mathcal{E}_c; \quad (2)$$

$$\delta = \frac{\mathcal{E}_n}{\mathcal{E}_c} - 1, \quad (3)$$

где \mathcal{E}_c и \mathcal{E}_n – эффективность удаления загрязняющих веществ в стационарных и нестационарных условиях соответственно;

c_n – начальная концентрация загрязняющих веществ;

c_k – конечная концентрация загрязняющих веществ.

Принимая во внимание, что скорость химической реакции равна:

$$W_c = \frac{c_n - c_k}{t}, \quad (4)$$

где t – время нахождения загрязняющих веществ в зоне реагирования, получаем (5) [1].

Как видно из формулы (5), относительный прирост эффективности δ не зависит от начальной концентрации загрязняющего вещества, что и подтверждается данными, полученными в ходе эксперимента (δ для различных значений начальной концентрации сероводорода равны) (табл. 1).

$$\delta = \frac{\int_0^{2\pi} \left(1 + \sum_{n=1}^k \frac{\left(\frac{-E_a}{R} \right)^n}{n! \cdot (T_{\text{н\delta}} + T_a \cdot \sin \tau)^n} \right) \cdot \frac{[p_{\text{н\delta}} + p_a \cdot \sin \tau]^N}{[T_{\text{н\delta}} + T_a \cdot \sin \tau]^N} \cdot d\tau}{2\pi \cdot e^{\frac{-E_a}{R \cdot T_{\text{н\delta}}}} \cdot \frac{p_{\text{н\delta}}^N}{T_{\text{н\delta}}^N}} - 1 \quad (5)$$

Таблица 1

Начальная концентрация		Условия обработки	Конечная концентрация		Эффективность очистки, %	Абсолютный прирост эффективности Δ, %	Относительный прирост эффективности δ, %
ppm	мг/м³		ppm	мг/м³			
31	44	без СПГ	23	33	25,8	9,7	38
		с СПГ	20	28	35,5		
46	65	без СПГ	31	44	32,6	13,1	40
		с СПГ	25	35,5	45,7		
58	82	без СПГ	37	52,5	36,8	14,9	40
		с СПГ	28	40	51,7		
90	128	без СПГ	40	57	55,5	22,3	40
		с СПГ	20	28	77,8		
120	170	без СПГ	42	60	65	26,7	41

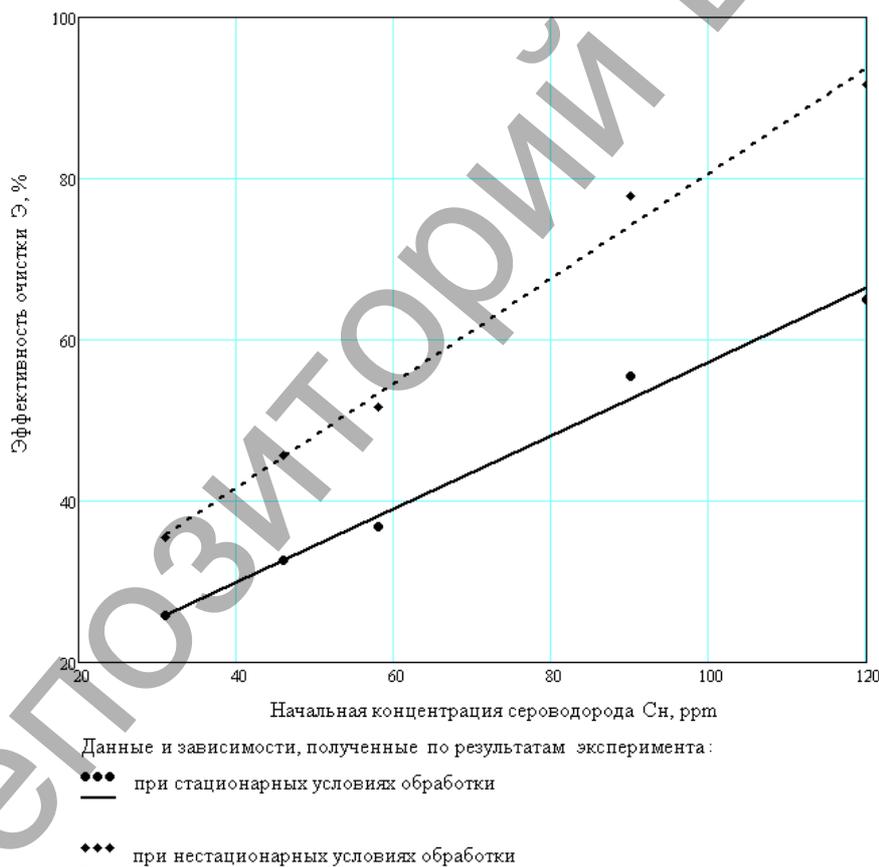


Рис. 3. Влияние начальной концентрации сероводорода на эффективность очистки

Путём аппроксимации экспериментальных данных были получены зависимости эффективности очистки от начальной концентрации сероводорода при стационарных и нестационарных условиях очистки (рис. 3).

Заключение. На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Эффективность очистки в значительной степени зависит от начальной концентрации загрязняющего вещества.

2. Результаты эксперимента согласуются с теоретическими данными, полученными авторами в [1].
3. В нестационарных условиях (при наличии пульсаций температуры и давления) эффективность очистки увеличивается на 10–30%.
4. Применение устройств на основе пульсирующего горения для очистки выбросов низкой концентрации (например, для термического обезвреживания запахов) более эффективно по сравнению с устройствами, использующими традиционные способы сжигания.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Новосельцева, Д.В. Суммарное действие нестационарного давления и температуры на скорость химической реакции // Вестник БрГТУ. – 2013. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геоэкология.
- Общая токсикология / Под ред. А.О. Лойта. – СПб.: ЭЛБИ-СПб., 2006.
- Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия. – 7-е изд. – М.: Высшая школа, 2009. – 743 с.
- Технологическое пульсационное горение // В.А. Попов, В.С. Северянин, А.М. Аввакумов, В.Я. Лысков, Я.М. Щелоков / Под ред. В.А. Попова – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 320 с.
- Северянин, В.С. Оценка эффективности нестационарных топочных процессов // Вестник БГТУ. Водохозяйственное строительство. Теплоэнергетика. Экология. – 2003, №2(20). – С. 33–36.

Материал поступил в редакцию 20.03.14

SEVERYANIN V.S., NOVOSELTSEVA D.V. Experimental researches of efficiency of neutralization of gas emissions in a pulsing stream

The description and results of experiments on efficiency of neutralization of gas emissions in a pulsing stream are resulted- is presented in the paper.

УДК 621.311.25, 620.9

Янчилин П.Ф.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНЦЕНТРАТОРА «ЛУЧ»

Введение. Для повышения эффективности существующих гелиоустановок используются сложные конструкции и дорогие материалы, что повышает срок окупаемости солнечных энергетических установок. Серьезным препятствием на пути эффективной реализации высокого энергетического потенциала солнечного излучения является его низкая плотность, обусловленная большой удаленностью Земли от Солнца. Преодолеть это противоречие можно лишь путем концентрирования излучения.

В научно-исследовательской лаборатории «ПУЛЬСАР» БрГТУ разработана под руководством профессора, д.т.н. Северянина Виталия Степановича гелиоустановка «ЛУЧ». Основными особенностями этой установки являются расщепление параболоида вращения на отдельные конусы и состоящий из них гелиоконцентратор (в виде группы концентрических конусов, имеющих общий фокус на теплоприёмнике), и ориентирование на Солнце механизмом слежения.

Расчёт модели. В работах [1, 2] при разработке концентратора было принято условие, что принимаем за основу концентратора форму параболоида и требуется её изменить так, чтобы упростить конструкцию, процесс изготовления и эксплуатации. В ходе геометрических преобразований, показанных на рисунке 1, получаем новый вид концентратора, показанный на рисунке 2. Используя графоаналитический метод, основанный на геометрических построениях, будем отображать лучи, падающие и отраженные зеркалом. При этом используем закон зеркального отражения и будем рассматривать параллельный пучок лучей, распределение излучения в пучке по направлениям принимаем равномерным. Упрощать конструкцию будем расщеплением параболоида вращения на отдельные конусы [3]. Получаем, что концентратор представляет собой совокупность концентрических конусов. Каждый конус – это лента из листового материала, согнутая в виде усечённого конуса, внутренняя поверхность которой выполнена зеркальной. Угол образующей конуса к его оси выбираем таким, чтобы солнечный луч после отражения был направлен в фокус. Понятно, что все конуса имеют один и тот же фокус.

Оптическая система или концентратор гелиоустановки «ЛУЧ» состоит из трех основных элементов: радиусов, конусов, крепежных колец. Их конструктивные размеры определяются при геометрических построениях. Конусы дистанционируются относительно друг друга радиусами, при этом образуется продуваемая прочная пространственная конструкция, имеющая меньшую парусность. Радиусы представляют собой плоские элементы, имеющие специально вырезанные формы, для крепления конусов под требуемым заданным углом, что является необходимым условием для наилучшего приема потока солнечных лучей. Радиусы закреплены на опорных кольцах, которые крепятся к стойкам. Полный расчёт гелиоконцентратора приведен в [3].

Концентраторы, у которых образующая отражающей поверхности является кривой второго порядка – окружностью, параболой, гиперболой и т.п., относятся к группе сильноконцентрирующих систем. Идеальный параболоидный концентратор фокусирует параллельный пучок лучей в точку, что соответствует бесконечно большой степени концентрирования ($K_C \rightarrow \infty$). Геометрию параболоидного отражателя характеризуют двумя независимыми параметрами: диаметром концентратора D_K (или фокусным расстоянием f_K) и углом полуоткрытия U_K (или отношением D_K/f_K) [4]. Третий параметр всегда является зависимым и определяется из уравнения:

$$D_K = \frac{4 \cdot f_K \cdot \sin U_K}{1 + \cos U_K} \quad (1)$$

Данные параметры показаны на рисунке 1, отличаются только индексами: p – для параболоидного концентратора, $л$ – для концентратора «ЛУЧ».

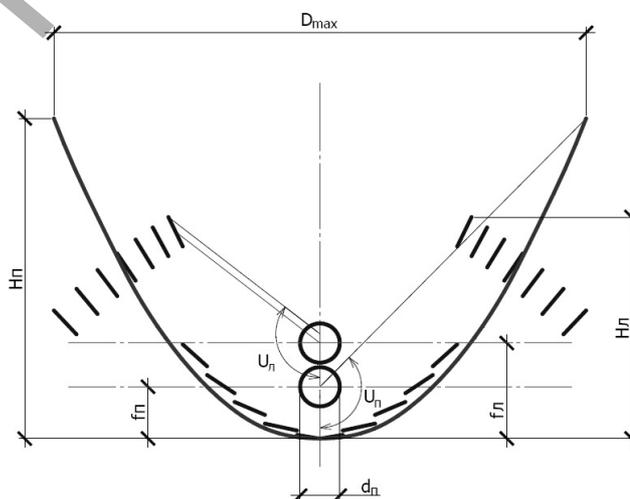


Рис. 1. Совмещение двух концентраторов и их основные размеры

Данные геометрические преобразования параболоидного концентратора проводились в целях упрощения конструкции для процесса изготовления и эксплуатации. Поэтому необходимо сопоставить геометрические характеристики этих двух концентраторов. Важным параметром будет отношение площади отражающей поверхности концентратора (зеркала) $S_{пов.}$ к площади улавливаемого солнечного потока $S_{с.п.}$:

Янчилин П.Ф., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.

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