

УДК 534.142

УСТАНОВКА ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ГАЗОВЫХ И ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д.В. НОВОСЕЛЬЦЕВА*(Брестский государственный технологический университет)*

Предложена установка для термического обезвреживания газовых и вентиляционных выбросов с использованием процесса слоевого пульсирующего горения, отличающаяся маложумностью работы, возможностью дожигания вредных газообразных компонентов низких концентраций в выбросах, с наличием встроенного теплообменника-утилизатора теплоты уходящих газов и возможностью частичной рециркуляции выбросного газа в зону горения.

Введение. Одной из важнейших проблем в природоохранной деятельности является защита атмосферы от загрязнений, которые в значительных масштабах выбрасываются различными источниками, в основном промышленными. Присутствие в атмосфере дурнопахнущих веществ создает дискомфортные условия жизни людей. В то же время границы такой зоны дискомфорта не являются фиксированными, а зависят от направления и скорости ветра.

Химический состав дурнопахнущих веществ биологического происхождения многократно изучался учеными разных стран, 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. Концентрации каждого компонента в составе дурнопахнущих веществ часто низкие и часто не превышают ПДК. Единственный способ решения этой проблемы – очистка газообразных отходов от дурнопахнущих веществ перед его выбросом в атмосферу. Очистка технологических выбросов осуществляется уже много десятилетий, поэтому накоплен большой опыт, позволяющий в каждом конкретном случае выбрать оптимальный вариант такой очистки. В любом случае это не улавливание (накопление) дурнопахнущих соединений, а их деструкция – окисление в конечном счете до CO_2 и H_2O , а сернистых соединений – до сульфатов. Наиболее простым и самым известным 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 том числе для термического обезвреживания промышленных отходов, на основе процесса пульсирующего горения. В [1] и [2] было показано, что при пульсирующем горении скорость химической реакции увеличивается, а следовательно увеличивается и эффективность очистки.

Установка со слоевым пульсирующим горением. Топочные устройства, применяемые для обезвреживания газовых выбросов отходов, использующие известные способы сжигания топлив, имеют некоторые недостатки. Для сжигания газовых выбросов целесообразно использование высокоэффективного способа сжигания топлива – пульсирующего горения. Физическая картина слоевого пульсирующего горения следующая [5]. В любой трубе могут происходить свободные колебания газового столба. Если в момент сжатия нагревать газ, то газовая система способна производить работу расширения, по аналогии с циклом тепловой машины. В момент расширения теплоподвод к газу должен быть минимальным. Проникая через слой, воздух получает тепло при движении снизу вверх и почти не подогревается в противоположном направлении (при смещениях, о которых идет речь). Акустическое смещение максимально по

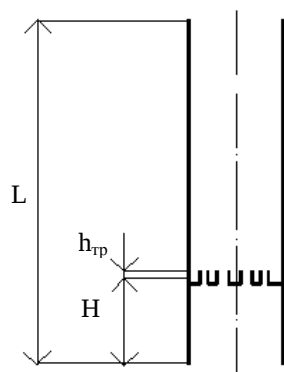


Рис. 1. Устройство со слоевым пульсирующим горением

торцам трубы, поэтому эффект переменного теплоподвода максимален в этих местах, однако он должен реализовываться в фазе сжатия, т.е. зону горения необходимо размещать между пучностями давления и скорости (пучность акустических смещений и узел давлений находятся на торце трубы, а узел смещений и пучность давления – посередине трубы). Таким образом, горящее топливо должно располагаться на $\frac{1}{4}$ от нижнего торца трубы.

На рисунке 1 показан пример возможного автоколебательного пульсационного устройства со слоевым пульсирующим горением. В вертикальном канале на $\frac{1}{4}$ от нижнего торца трубы установлена горелка в виде плоскости с трубками. В пространство между трубками подается жидкое топливо или жидкие горючие отходы, которые поджигаются снизу или сверху пусковым факелом, пары топлива загораются над горелкой, за счет самотяги или принудительной тяги продукты сгорания движутся вверх, воздух поступает снизу. В канале устанавливается стоячая акустическая волна.

Существует устройство для обезвреживания газовых выбросов [3], в котором обезвреживание происходит путем воздействия на газовые выбросы пульсирующего потока продуктов сгорания камеры *факельного* пульсирующего горения и в слое огнеупорного кускового материала, где реагенты окисляются кислородом воздуха при наличии высокой температуры и пульсаций. Однако в этой установке применяется камера факельного пульсирующего горения, которая излучает высокий уровень шума (110...120 дБА).

Известно устройство для обезвреживания газовых выбросов [4], в котором обезвреживание происходит путем воздействия на газовые выбросы пульсирующего потока продуктов сгорания камеры *слоевого* пульсирующего горения и в слое огнеупорного кускового материала, где реагенты окисляются кислородом воздуха при наличии высокой температуры и пульсаций.

Недостатки этих установок – отсутствие устройств для дожигания газовых выбросов, большие бесполезные теплотери корпуса устройства.

Таким образом, целесообразно создание простой и недорогостоящей установки для обезвреживания газовых выбросов с устройством по их дожиганию для снижения концентраций вредных веществ. Нами предлагается установка для обезвреживания газовых выбросов со слоевым пульсирующим горением, показанная на рисунке 2.

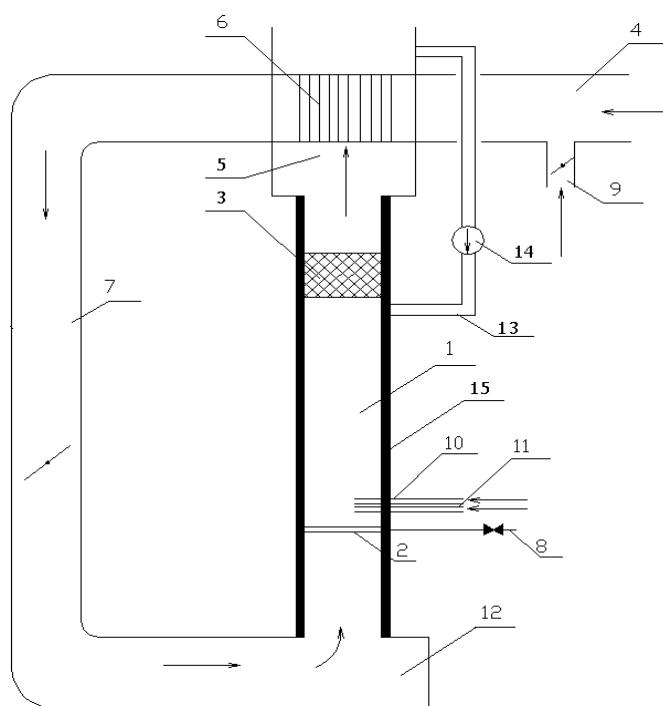


Рис. 2. Установка для обезвреживания газовых выбросов со слоевым пульсирующим горением

Установка для обезвреживания газовых выбросов работает следующим образом. В слоевую горелку 2, представляющую собой коробку с соплами для жидкого и газообразного топлива и отверстиями для воздуха, расположенную на $\frac{1}{4}$ длины цилиндрического резонирующего канала 1, по топливопроводу 8 подается топливо, а воздух поступает из приемного газохода 4 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 7. В том случае, когда обезвреживается особо ядовитый выброс с малой концентрацией и расходом, чтобы избежать его разбавления и утечки, предусмотрена подача непосредственно в зону горения выброса по патрубку 10 и окислителя топлива по патрубку 11. Продукты сгорания топлива и основная часть прореагировавшего выброса движутся по цилиндрическому резонирующему каналу 1 через слой огнеупорного кускового материала 3, занимающий все его сечение и расположенный на $\frac{3}{4}$ длины цилиндрического резонирующего канала 1 от его нижнего торца. Непрореагировавшие органические вещества разлагаются на поверхности кускового огнеупора под действием высокой температуры и пульсаций. В цилиндрическом резонирующем канале 1 газы движутся вверх в пульсирующем режиме.

Обработанные газовые выбросы далее проходят через поверхностный теплообменник 6, нагревая поступающий на обезвреживание выброс и воздух для горения, и выбрасываются наружу через выхлопной газоход 5. При наличии в уходящих из установки дымовых газах большого количества остаточных концентраций вредных веществ включается осевой вентилятор 14 и по трубопроводу для частичной рециркуляции газовых выбросов 13 подает непосредственно перед слоем огнеупорного кускового материала 3 в цилиндрический резонирующий канал 1 на дожигание до 50 % общего удаляемого объема выбросов. За счет утеплителя 15, который расположен с обеих сторон цилиндрического резонирующего канала, отсутствуют бесполезные потери теплоты установки в окружающую среду и устойчивее режим слоевого пульсирующего горения. Техничко-экономический эффект заключается в небольшой стоимости установки и ее стабильной работе по обезвреживанию газовых выбросов за счет применения процесса слоевого пульсирующего горения, утепления цилиндрического резонирующего канала, отсутствия проскока вредных веществ в уходящих дымовых газах за счет применения рециркуляции.

Целью проведенных нами экспериментальных исследований (рис. 3) являлось определение эффективности очистки газообразных отходов низкой концентрации термическим окислением в стационарных и нестационарных условиях на примере модельного газа.



а)



б)

Рис. 3. Экспериментальная установка:
а – измерение концентраций газа; б – измерение пульсаций давления

При проведении эксперимента в качестве модельного газа использовался сероводород – сильный яд, вызывающий острые и хронические отравления. Этот газ оказывает местное раздражающее и общетоксическое действие; порог осязаемости его 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.

Экспериментальные исследования показали, что 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 [2].

Заключение. В результате проведенных экспериментальных исследований предложена впервые усовершенствованная конструкция установки со слоевым пульсирующим горением для обезвреживания газовых выбросов. Эта установка может быть использована на промышленных предприятиях для обезвреживания газовых и вентиляционных выбросов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новосельцева, Д.В. Суммарное действие нестационарного давления и температуры на скорость химической реакции / Д.В. Новосельцева // Вестн. БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геоэкология. – 2013. – № 2.
2. Северянин, В.С. Экспериментальные исследования эффективности обезвреживания газовых выбросов в пульсирующем потоке / В.С. Северянин, Д.В. Новосельцева // Вестн. БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геоэкология. – 2014. – № 2.
3. Авторское свидетельство: а. с. СССР 1779882, F 23G 7/06.
4. Способ обезвреживания газовых выбросов: пат. 3430 Респ. Беларусь, F 23G 7/06, F 23J 15/00 / В.С. Северянин; заявитель Брестский политехн. ин-т. – № 970281; заявл. 29.05.1997; опубл. 30.06.2000 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2000.
5. Технологическое пульсационное горение / под ред. В.А. Попова. – М.: Энергоатомиздат, 1993.

Автор выражает благодарность своему научному руководителю профессору Северянину Виталию Степановичу за постановку задачи исследования, выбор направления дальнейших научных поисков.

Поступила 30.05.2014

INSTALLATION FOR NEUTRALIZATION OF GAS AND VENTILATION EMISSIONS OF AGRICULTURAL OBJECTS

D. NOVOSELTSEVA

The article suggests the installation of thermal neutralization of gas and air emissions and using the workflow layer pulsating combustion, differing by low-noisiness, possibility of harmful low concentration gaseous components reburning in air emissions, with the built-in utilizer of leaving gases heat and the possibility of leaving gases partial recirculation in a burning zone.