

- Inc., Clemenson Lyle J..N 09/514197; Заявл. 25.02.2000; Опубл. 06.08.2002; НПК 502/404.
11. Sun Qing-ye Удаление хрома из водных растворов модифицированным торфом / Sun Qing-ye, Yang Lin-zhang // Chengshihuanjingyuchengshishengtai=Urban Environ and Urban Ecol., 2002. – N 3. – С. 5–8.
 12. Баженова, Э. В. Экспериментальное обоснование способов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов торфяными модификациями : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Тверь : Твер. гос. техн. ун-т, 2002. – 22 с.
 13. Томсон, А. Перспективы использования торфа для решения комплексной проблемы охраны окружающей среды / А. Томсон, А. С. Самсонова, З. М. Алещенкова, А. И. Николаенков, Б. А. Мелещенко, Т. В. Соколова, Ю. Ю. Навоша, В. С. Пехтерева, Е. И. Чистякова, В. В. Кухарчик // Физика и химия торфа в решении проблем экологии : тезисы докладов Международного симпозиума. – Минск, 3–7 нояб., 2002. – Минск : Тонпик, 2002. – С. 158–160.
 14. Вялкова, Е. И. Очистка сточных вод с использованием природных материалов и отходов производства / Е. И. Вялкова, А. А. Большаков // Актуальные проблемы современного строительства : сборник научных трудов 32 Всероссийской научно-технической конференции, Пенза, 25-27 марта, 2003. – Ч. 1. Строительные материалы и изделия. – Пенза : Изд-во ПГАСА, 2003. – С. 194–198.
 15. Ma, W. Удаление из сточных вод тяжелых металлов методом биосорбции / W. Ma, J. M. Tobin // Development of multimetal binding model and application to binary metal biosorption onto peat biomass. WaterRes. – 2003. – N 16. – С. 3967–3977.
 16. Ho, Y. S. Сорбция Cu(2+) из водных растворов торфом. Sorption of copper (II) from aqueous solution by peat / Y. S. Ho, G. McKay // Water, Air, and Soil Pollut. – 2004. – N 1–4. – С. 77–97.
 17. Sun, Q. Y. Адсорбция свинца и меди из водных растворов модифицированным торфом / Q. Y. Sun, P. Lu, L. Z. Yang // The adsorption of lead and copper from aqueous solution on modified peat-resin particles. Environ. Geochem. and Health. – 2004. – N 2. – С. 311–317.
 18. Дремичева, Е. С. Изучение кинетики сорбции на торфе ионов железа (III) и меди (II) из сточных вод // Вестн. Моск. ун-та. – Сер. 2. Химия. – 2017. – Т. 58. – № 4.

Материал поступил в редакцию 10.04.2019

ZHITENEV B. N., SENCHUK D. D. Study of sorption properties of briquetted peat for wastewater treatment from heavy metal ions

The studies of sorption kinetics piketirovaniy peat iron ions. Established that the sorption process is the most inten-zivno for the first 20-30 minutes. Using the equations of diffusion and chemical kinetics, it is established that the sorption process takes place in the diffusion regime, while the stage of chemical interaction of metal ions with the functional groups of peat contributes to the overall speed of the process. The possibility of using briquetted peat as a sorbent for wastewater treatment from iron ions is established.

УДК 628.1

Северянин В. С.

ОБРАБОТКА АНТРОПОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Введение

Второй закон термодинамики, применимый ко всем природным и антропогенным явлениям и технологиям, утверждает безусловное наличие отходов при получении и образовании какого-либо энергетического или материального эффекта за счет использования исходных ресурсов. Переход к результату от высокого энергетического, химического и т. д. потенциала ресурса только тогда дает соответствующий результат, когда получается низкий потенциал начального, разница между ними и есть образующийся эффект. Различные формулировки второго закона термодинамики (с использованием понятий «энтропия», «хаос», «температура», «фазовые переходы», «тепловые двигатели» и т. д.) подчеркивают глобальность этого утверждения.

Антропогенные отходы – это проявления второго закона термодинамики в человеческой как личной, так и общественной деятельности (промышленность, сельское хозяйство, энергетика, индивидуальная физико-химическая переработка). Например, в теплоэнергетике, действующей через свои тепловые электрические станции и котельные, основные отходы от исходного энергетического сырья – это низкопотенциальная теплота (40...90%).

Если образовавшиеся отходы имеет более высокий потенциал (температура, давление, эксергия, химия) относительно другой среды, их можно использовать уже в ней, возможно – иначе с другими техническими способами. Это и есть **утилизация отходов**.

Точечные газы после охлаждения можно подать растениям, которые благодаря фотосинтезу (потребляя световую энергию!) усваивают углекислый газ CO₂. По законам статистической физики такая цель утилизации может идти до установления полного термодинамического равновесия. Естественно, человеческая культура пока такой способ не использует. Поэтому выражения типа «безотходная технология» являются «фэйковыми», и приходится изыскивать при-

емлемые способы и приемы работы с отходами для удовлетворения желательных условий (благоприятное существование человека, гарантия отсутствия уничтожающих его факторов – это уже и политика, возможность воздействия не только на антропогенность, но и некоторые общепланетарные процессы).

Ниже представлен ряд перспективных возможных направлений для разработки новых методов утилизации различных отходов, разрабатываемых на основе проведенных теоретических и практических исследований и общепринятых технологий.

Существующие способы обработки отходов. Как правило, известные отходы – это многокомпонентный, разнообразный по свойствам и качествам, специфичный для конкретных выделений, часто непредсказуемый материал. Поэтому обработка его сопряжена не только с техническими затруднениями, но и организационными, экологическими и даже политическими проблемами.

Первый шаг – это **сортировка** отходов. Особенно это актуально для бытовых отходов, когда требуется не только разделить компоненты, но и предварительно обезвредить, подсушить и т. д., т. е. образуются вторичные отходы.

Затем – **транспортировка** собранного в разных местах мусора в желательные обособленные, малочисленные крупные сборники для непосредственной переработки. Это не только материальные затраты, но и загрязнения атмосферы и окружения путей сообщения.

Далее мусор может храниться на **полигонах (свалках)**, что долгое время считалось приемлемым решением избавления от выбросов. Но их воздействие на окружающую среду оказалось настолько отрицательным (самовозгорание, гниение, образование ядовитых веществ в виде хлор- и фторсодержащих компонентов, диоксинов, фуранов и т. д., их фильтрация в атмосферу и недра, воду), что принимаются решения, вплоть до правительственных, о недопустимости свалочного метода. **Подземные захоронения** или обсыпка

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

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

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

грунтом свеженных объектов многократно затратны и не исключают упомянутых недостатков. Некоторое улучшение метода **компостированием** можно использовать в редких случаях (из-за наличия вредных веществ, мусора намного больше, чем возможного полученного удобрения). **Газификация** захороненных отходов, когда тление мусора, т.е. пиролиз, позволяет создать источник газообразного топлива из свалки, открытой или подземной. Но в качестве энергоресурса такой **свалочный газ** применим как только вторичный, добавочный со всеми недостатками из-за непостоянства качества и расхода, не говоря о сложности энергетического обустройства такой схемы.

Общепринятым считается **термическое** воздействие на отходы с целью их обезвреживания или последующего использования [1]. При этом теплота генерируется или потреблением внешнего топлива, или благодаря горению некоторых видов в самом мусоре, или комбинацией этих процессов.

Для повышения качества и производительности термического метода развиваются различные технические приемы.

Плазменное сжигание позволяет исключить образование вредных недожогов благодаря очень высокой температуре процесса и потреблению электроэнергии для разжигания дуги. **Сжигание в шлаковом расплаве** так же высокоэффективно, но весьма сложная практическая схема ограничивает его использование.

Термическое воздействие можно интенсифицировать повышением качества процесса горения. Диффузионный режим горения, как показывают исследования, резко усиливается применением нестационарных режимов обдувания топлива.

Эксперименты [2] доказали резкое увеличение скорости горения угольной сферической частицы при наложении на стационарный поток со скоростью w_{cp} , обдувающий частицу, пульсаций скорости с амплитудой w_n . На рис. 1 дано влияние обдувания частиц разных размеров массой m гр, где $w_{cp}=7$ м/с с наложением пульсаций: 1- $w_n=0$ м/с, 2- $w_n=3,4$ м/с; 3- $w_n=9$ м/с. Определялась величина массовой скорости горения K_G и поверхностной скорости горения K_S :

$$K_G = \frac{m_1 - m_2}{m_1 \cdot \tau}; K_G = \frac{m_1 - m_2}{S_1 \cdot \tau}; K_S = K_G \frac{d \cdot \rho}{6}, \quad (1)$$

где m_1, m_2 – масса частицы до и после опыта, S_1 – поверхность частицы, τ – время опыта, ρ – плотность топлива, d – размер частицы. Параметры K_G и K_S необходимы для анализа общего выгорания топлива и локальных реакций горения.

Рис. 2 представляет ускорение выгорания топлива при разной температуре $t^\circ C$, когда пульсации газового потока особенно эффективны в диффузионной области реагирования.

На рис. 2: 1- $w_n=0$ м/с, 2- $w_n=2,3$ м/с; 3- $w_n=9$ м/с; $w_{cp}=3$ м/с – общая для всех опытов.

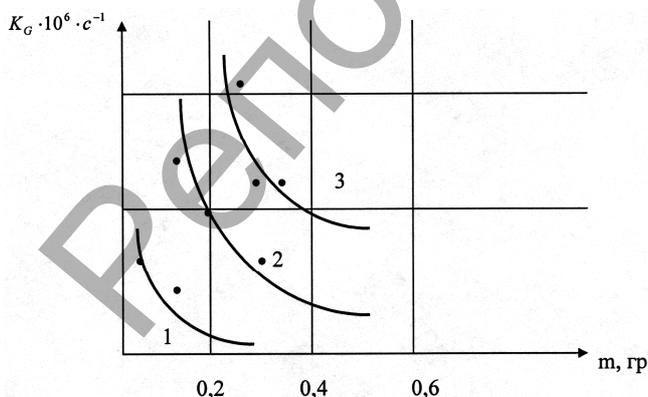


Рисунок 1 – Влияние обдувания горящих частиц на скорость горения

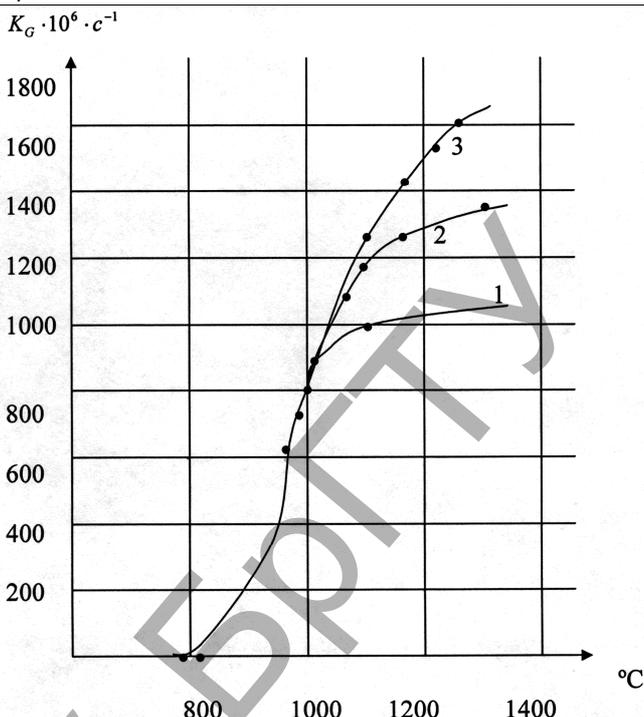


Рисунок 2 – Выгорание частицы топлива при разной температуре среды

Экспериментальные данные по интенсификации горения топлива (органическое горючее) обобщаются критериальной зависимостью, позволяющей оценить пульсационный метод [2]:

$$\lg \left(\frac{K_S d}{cD} \right) = 0,5 [\lg Pe + \exp(-5,5 \lg Pe) - 1], \quad (2)$$

где d – размер горящего элемента, c – концентрация кислорода в потоке, D – коэффициент диффузии, Pe – критерий Пекле: $Pe = zd / D$.

Эффективная скорость обдувания реагирующей частицы Z :

$$Z = 6\omega_{cp} / (\omega A \tau) + \omega_n / \sqrt{2(1 + A^2)}, \quad (3)$$

где ω – угловая частота пульсаций, A – параметр увлечения частицы потоком (неподвижная частица $A=0$, полностью увлекаемая потоком $A=1$)

$$A = \frac{45 \cdot \rho_f \cdot d^2}{4\pi \cdot \rho_c \cdot \tau_0 \cdot \omega_{cp}}, \quad (4)$$

где τ_0 – период пульсаций; ρ_f, ρ_c – плотность газа и частицы.

Выражения 2, 3, 4 применимы как для неподвижных горящих частиц, так и для несомых газовым потоком. Это дает возможность проектировать реакторы для выжигания горящих элементов из отходов, т.е. получать свою теплоту и обезвреживаться.

Крупномасштабные мероприятия. Имея в виду глобальные масштабные образования и накопления антропогенных отходов, можно показать несколько идей и предложений соответствующего характера.

Лучистый сброс теплоты в космическое пространство. Инфракрасное излучение любого тела, передавая теплоту другому объекту, охлаждается относительно последнего, причем интенсивность этого перехода зависит от температуры тел в четвертой степени. Поддерживая высокую температуру излучающего тела путем потребления внешней энергии, можно реализовать удаление тепловых отходов, которые, как указывалось выше, являются основными в ряде технологий.

Известен эффект Пельтье – термоэлектрическое явление, заключающееся в выделении и поглощении теплоты на стыке разнородных проводников при пропускании по ним постоянного тока: пер-

вый стык нагревается, второй – охлаждается. Таким образом, образовав большие поверхностные конструкции из стыков проводников (например, хромель-алюмелевые пары), можно в одном месте охладить поверхность Земли, в другом направить плоскость в небо (исключив линию на Солнце). Электроэнергию для действия метода следует получать с крупных гидроэлектростанций океанического типа. Таковыми могут служить гидрогенераторы на крупных океанических течениях, смонтированных на дне океанов. Естественно, стоимостные, материаловедческие, экологические, строительные и другие проблемы – дело будущего. Во всяком случае описываемая идея может использоваться для выбора средств борьбы с глобальным потеплением [3].

Захоронения в тектонических плитах. Интенсивность движения земных тектонических плит характеризуется, в частности, такими данными. Тихоокеанская литосферная плита входит под Евразийскую в районе Японских островов со скоростью 7,5–10,3 см/год; Индийская под Филиппинскую 6,7–7,6 см/год. С течением времени головная часть плиты, входящей под соседнюю, попадает в слой Мохоровичича, т. е. в магму, происходит усвоение его материалом планеты (расплавление, диссипация, химико-минералогические преобразования). Размещение в этой части плиты гарантирует безгранично долгое и надежное содержание различных отходов любой степени загрязненности не только химическими, но и радиоактивными веществами.

Для конкретной реализации способа может быть выбран Чилийский желоб, Японский желоб, желоб Рюкю. На дно океана в месте контакта плит и вхождения океанической плиты под материковую в слой Мохоровичича опускается соответствующая технологическая аппаратура и механизмы, закладывается ядерный заряд на глубине порядка 1 км. Производится взрыв (такие взрывы технически освоены), образуется полость. Могут быть использованы другие способы ее образования. Верхняя часть полости имеет горловину, сообщающуюся с океаном, она заполняется водой, готовится к принятию отходов. Морским транспортом в полость доставляются контейнеры с отходами, они затопляются в ней. После заполнения до определенного уровня (при емкости полости в 1 кубокилометр в течение нескольких лет из многочисленных источников разных стран) производятся направленные вспомогательные взрывы так, чтобы продуктами этих взрывов закрыть горловину. Полость, заполненная отходами, закупоривается. Затем действуют описанные выше геологические процессы, время которых можно оценить по скорости перемещения плит [4].

Эффективность описанного способа захоронения отходов человеческой деятельности заключается в защите окружающей среды благодаря, во-первых, надежному удалению в глубины планеты нежелательных материалов с использованием движения тектонических плит земной коры и, во-вторых, возможности сбора отходов от очень многих источников загрязнения из-за достаточно крупного объема этого уникального хранилища, имеющего перспективу внутрипланетарной переработки, без выхода в зону обитания человека.

Использование при строительстве различных объектов. Накопление пластмассовых отходов достигло такой величины (целые острова в океанах, безграничные свалки, трудности прямого использования, затруднения при сжигании), что принимаются даже правительственные решения по ограничению производства этого материала как для бытовых, так и промышленных нужд. Однако имеются такие мероприятия, которые требуют большого количества низкокачественной пластмассы, при этом их утилизация не связана с большими конструктивными и энергетическими затратами, а изделиям не предъявляются высокие прочностные, экологические и другие качества.

Известно много публикаций по сооружению таких объектов, как искусственные острова, дороги, дамбы, плотины с использованием твердых бытовых и промышленных отходов. Здесь же дается описание малоизвестного метода использования наиболее значимых в количественном отношении – пластмассовых отходов. Речь идет о крупных водоводах, сопоставимых по расходам с каналами.

Известна неблагоприятная ситуация с водоснабжением Крыма, возникла проблема поиска и реализации водного ресурса, способного заменить бывший Северо-Крымский канал. Наиболее близкий географически к Крыму пресноводный ресурс – река Кубань.

Керченский полуостров отделен от устья Кубани Керченским проливом, акваторией Азовского моря, Таманским полуостровом. Это маршрут от устья реки Кубань, по морю вдоль Таманского полуострова, в районе порта Керчи к восточной оконечности бывшего Северо-Крымского канала.

Предлагается [5] проложить по дну водовод, чем исключаются большие грунтовые работы и ряд других проблем. Так как давление воды внутри водовода, лежащего на дне, равно давлению внешней воды, то перепад давления на стенке водовода, определяющей прочность и надежность устройства, будет почти нулевым (только добавляются незначительные внешние и внутренние динамические напоры из-за течений). Поэтому возможно применение недорогих и несложных материалов и сооружений. Стенка такого водовода – пленка соответствующей толщины и конструкции, изготовленная из сверхмногочисленных пластмассовых отходов. Основной компонент этих отходов – полиэтилен – физиологически безвреден, стоек к радиации, достаточно прочный и эластичный. Температура плавления $\approx 130^\circ\text{C}$. Технология переработки – механическое измельчение, плавление нагревом, образование пленки – достаточно проста и дешева.

Для данного конкретного случая расчеты показывают, что при ориентировочной длине водовода 100 км, поперечном сечении водного потока 10×2 м, толщине пленки 3 м (может быть меньше при ее армировании) общий объем пластмассы для русла водовода составит 7200 м^3 , т. е. оценочно 10000 т пластмассы на изготовление этого гидротехнического сооружения. При этом отсутствует потребность в бетоне, других строительных материалах, минимум земляных работ, нет энергозатрат на прокачку воды по водоводу (конечные пункты на уровне моря – это сообщающиеся сосуды). Эквивалент требуемого количества пластмассы, отсепарированной из отходов, – это «блок» шириной и длиной 100 м, толщиной 1 м (вполне достижимый по антропогенной деятельности).

Описываемое проектное решение способствует не только решению экологической проблемы успешной утилизации наиболее массовых отходов, но и улучшению политической, социальной ситуации.

Новые приемы работы с отходами. Совершенствование технологий разумного избавления от выбросов человеческой деятельности сводится, во-первых, к уменьшению количества и вредного качества уже ненужных ингредиентов, во-вторых – к возможному использованию их с минимальными капитальными и текущими затратами. Это требует новых физико-химических интенсивных технических процессов, воспринимаемых как существующей, так и разрабатываемой техникой.

Сочетание транспорта и утилизации мусора. Метод заключается в обработке по пути движения мусора от места его появления (в городах – мусорные площадки и т. п.) до складирования уже обработанного обезвреженного остатка. Обработка – термическая, сжигание. Топливо расходуется на транспортировку и горение [6].

При большом скоплении мусора на свалках, полигонах необходимы очень затратные мероприятия по предотвращению загрязнения окружающей среды. Уничтожение мусора партиями, по мере его накопления, снимает эти проблемы. Кроме того, рассредоточенное и кратковременное сжигание облегчает удовлетворение ГДК в обширном пространии.

В данном способе реализуется совершенно новая идея – передача образующейся теплоты не трубчатыми теплопроводами, а некоторым количеством нагретого тела (вода в цистерне). Такой теплоноситель перевозится транспортирующим и сжигающим мусор агрегатом. При подъезде к потребителю (теплосеть, тепломагистраль, тепловой пункт, котельная, отдельные здания) емкость с горячим теплоносителем подключается к системе теплоснабжения непосредственно или через теплообменник. Если емкость накопителя теплоты 60 тонн, нагрев воды до 80°C за счет теплоты сгоревшей части мусора, то расходование этой энергии в течение 2 часов означает тепловую мощность такого теплогенератора порядка 2800 кВт. Таким образом, одна цистерна примерно эквивалентна водогрейному котлу средней мощности.

Основной элемент системы – сжигающая установка. Это топка особой конструкции, установленная на автомобиле соответствующей

щей грузоподъемности. Аналог – машина-бетоновоз с вращающимся полым барабаном. Топка оборудована загрузочным бункером, теплообменником, механизмом загрузки. Кроме того, требуется усиление дорог, организация сбора твердых продуктов сгорания (они безвредны, количество незначительно), площадки техобслуживания, стоянки дожигания, ожидания отдачи теплоты, административный узел. Теплоутилизатор (цистерна) может быть автономным и поставляться потребителю теплоты отдельно.

Таким образом, предполагаемая схема – не что иное как передвижной мусоросжигательный завод и передвижная котельная. Оценочные прикидки показывают, что суммарный расход топлива на транспортировку и сжигание меньше, чем для раздельной доставки и огневой утилизации.

Конвективный и контактный прогрев. Одновременное действие этих тепловых потоков на малореакционный материал, каковым является мусор, целесообразно организовать, в отличие от известных конструкций, на конусной поверхности.

Главная физическая особенность здесь – нагрев перемещаемого материала на горячей поверхности, при этом охлажденный материал участок поверхности вновь нагревается при периодическом его раскрытии, реализуя своеобразную регенерацию теплоты [7]. Поверхность снизу нагревается продуктами сгорания, или же осуществляется радиационный нагрев материала на его верхней поверхности.

Реализуется такая схема при помощи скребков на двух держателях – радиусах. Они создают круговые полосы материала на поверхности конуса, которые сдвигаются скребками от центра, вершины конуса, куда подается исходный материал, к основанию конуса, откуда сбрасываются на выгрузатель. Топочные газы от вспомогательной топки подаются под конус, обгибают его и обрабатывают мусор. Интенсивная тепломассопередача обеспечивает надежное выжигание горючих элементов. Конструкция допускает многоступенчатую компоновку таких конусов, создавая многоярусную обработку подаваемого материала.

Предварительное обезвоживание. В условиях повышенного внимания к поиску новых источников энергии из различных многочисленных отходов важным направлением является получение топливных ресурсов из обводненных отходов. При отделении внешней воды оставшаяся влажная масса твердых остатков представляет хорошим исходным топливным материалом. После подсушки его можно использовать непосредственно или подвергать последующей обработке (брикеты, гранулы). Очевидно, что удаления воды целесообразно процесс разделить на два этапа: I – механическое выделение массы воды, II – тепловое воздействие. Цель такого разделения – экономия необходимой энергии, т. к. агрегатный переход жидкость-пар для воды существенно более энергозатратен, чем простой слив и выдавливание.

Конструктивно технология предварительного обезвоживания [8] представляет собой барабанный пресс-фильтр, цилиндрическая часть которого выполнена в виде ячеистой поверхности с отверстиями определенного размера. Мокрый материал шнеками подается вовнутрь полости цилиндра, который вращается от электрического привода. Главная особенность этой технологии – на материал сверху давит перекачивающийся по нему гибкий «мешок» из эластичной прочной герметичной непроницаемой ткани, заполненный водой, любой жидкостью, может быть добавлена металлическая дробь. Такой пресс надежно выдавливает воду, она стекает через отверстия в барабане, материал, обезвоженный скребком и другим шнеком, удаляется в сборник.

Электроискровая обработка сбросных газовых потоков. Много производств, предприятий, учреждений выделяют в атмосферный воздух газовые составляющие, резко ухудшающие свойства окружающей среды (животноводческие помещения, мясокомбинаты, химпроизводства, теплотехнические установки, санузлы и т. д.). Характерная особенность таковых загрязнений – малая концентрация и при этом – заметное воздействие (запахи, окраска, канцерогенное действие). Удаление малых концентраций затруднено физико-химическими процессами, что объяснимо законами химической кинетики. Поэтому термические способы сопряжены с конструктивными и энергетическими затратами, которые можно снизить через

интенсификацию огневого способа за счет роста скорости смешивания, диффузии и химреакции.

В данном предлагаемом способе для этого используется акустическая интенсификация и добавление в поток газа озона. Акустические волны создают существенные концентрационные градиенты, озон является высокорективным возбудителем и катализатором [9].

Установка представляет собой канал диаметром 0,2...0,5 м длиной 1,8...2,1 м любой формы, снабженный местным электроподогревом (спираль) или газовой горелкой [2], а также парой высоковольтных электродов. В канале генерируется мощная стоячая акустическая волна мощностью 90...120 децибел, на электродах – искровой разряд, выделяющий озон. Канал устанавливается на выхлопном воздуховоде из обслуживаемого помещения, обеспечивая чистоту окружающего пространства.

Усовершенствованная технология переработки мусора. Даже при соблюдении основных положений утилизации и обработки антропогенных отходов (предварительная сортировка, разделение последующих технологий по различным методам уничтожения и применения, по финансовым вложениям, удовлетворению экологических требований) остаются трудноразрешимые проблемы как химического, так и физического характера. Историческое развитие мусороперерабатывающей техники показывает, что в настоящее время основным звеном этих технологий является сжигание, т.е. термическое воздействие на компоненты мусора, способные окисляться. Поэтому сейчас следует считать необходимым совершенствовать, интенсифицировать именно эту часть общей технологии. Остальные составляющие (упомянутые выше) относительно легко решаются механическими, электрическими и т. д. схемами, а также организационными усилиями.

Одним из способов интенсификации термического воздействия является перевод стационарных режимов аэродинамической работы топочного устройства на пульсирующий, нестационарный, когда увеличиваются потенциалы (например, через рост градиентов) тепломассопереноса, с быстрым и эффективным по продуктам завершением реакций. При этом важно отметить, что капитальные затраты можно даже снизить благодаря уменьшению размеров, а текущие – из-за применения автоколебательных приемов движения газовых потоков. Эксперименты, описанные выше, подтверждают увеличение скорости горения на примере угольных, углеродных частиц.

На развращенной схеме предлагаемой технологии, показанной на рисунке 3, представлены основные как технические элементы, так и предварительные и последующие мероприятия. Названия и действия даны на данной схеме, подробные пояснения не требуются, т.к. эти указания общеизвестны. Основные отличия заключаются в применении огневого реактора (на схеме заштрихован) с интенсифицированной аэродинамикой и пульсирующим горением. Кроме того, организован возврат уноса из выхлопных газовых потоков. Унос может содержать горючие частицы, подлежащие дожигу. Такой дожиг реализуется в огневом реакторе. Унос даже в виде водяной суспензии успешно сжигается в камере пульсирующего горения [2].

На рисунке 4 показана конструкция огневого реактора. По схеме видно, что сочетаются циклонный и пульсирующий метод движения газов. Кольцевой объем реактора изготовлен из огнеупорного материала (шамотный кирпич), газоходы и воздуховоды, соединяющие дутьевой вентилятор и дымосос с обслуживаемыми объектами, – по обычной котельно-топочной схеме. Движение обрабатываемого мусора, воздуха, топочных газов показаны соответствующими стрелками, отмеченными на обсуждаемой схеме. Габариты огневого пространства – 3×3×3 м.

Рисунок 5 демонстрирует фотографию макета огневого реактора. На этом макете были отработаны геометрические компоновки элементов реактора, т. к. наличие воздухоподогревателя, сырьевого бункера, тяго-дутьевых машин, камер пульсирующего горения двух типов – гармонической и импульсной [2] представило некоторые затруднения в реализации оптимальных условий движения потоков.

Гармоническая КПГ создает пульсирующую газовую обстановку на сжигаемом мусоре, импульсная КПГ производит движение мусора и его остатков в цилиндрической части огневого реактора.

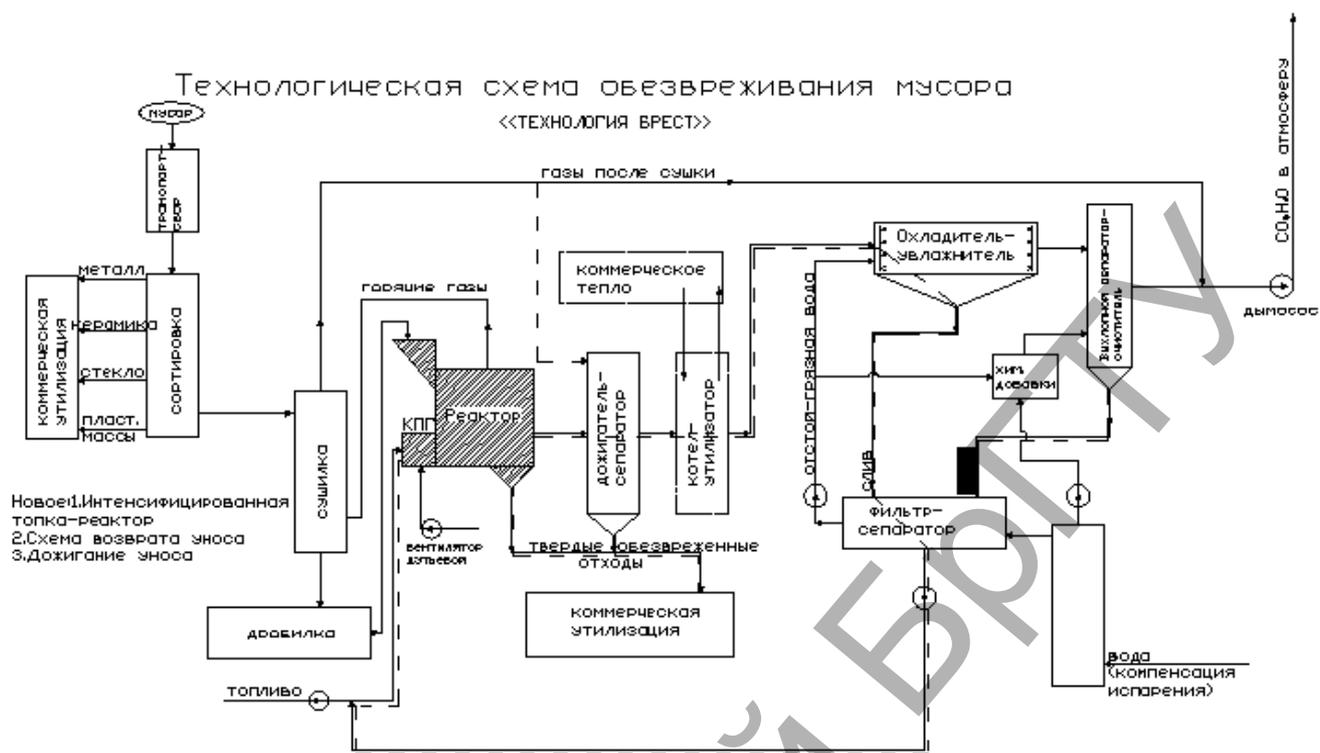
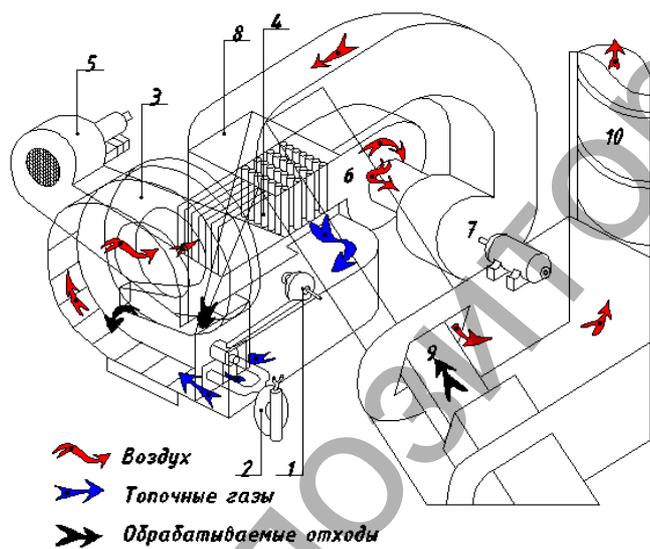


Рисунок 3 – Технологическая схема обработки мусора



1 – камера пульсирующего горения, 2 – импульсная камера, 3 – реактор, 4 – воздухоподогреватель, 5 – дутьевой вентилятор, 6 – сепаратор, 7 – дымосос, 8 – бункер, 9 – транспортер, 10 – дымовая труба

Рисунок 4 – Огневой реактор

Топливом для предлагаемых КПП может служить дизельное топливо или газ. Тепловая мощность каждой из них – порядка 100 кВт, зависит от качества и количества обрабатываемого мусора.

Экологические требования по описываемому методу обеспечиваются, во-первых, качественным сжиганием горючих элементов мусора и во-вторых, обработкой как отходящих газов, так и твердых остатков. Кроме того, возврат уноса поддерживает недопущение выброса в окружающую среду возможных недожогов. Для действия очистных схем в данном случае требуется некоторое количество воды, не требующей специальной обработки или очистки.

Новая усовершенствованная технология переработки мусора может быть использована в пределах города с соблюдением соответствующих санитарных правил.

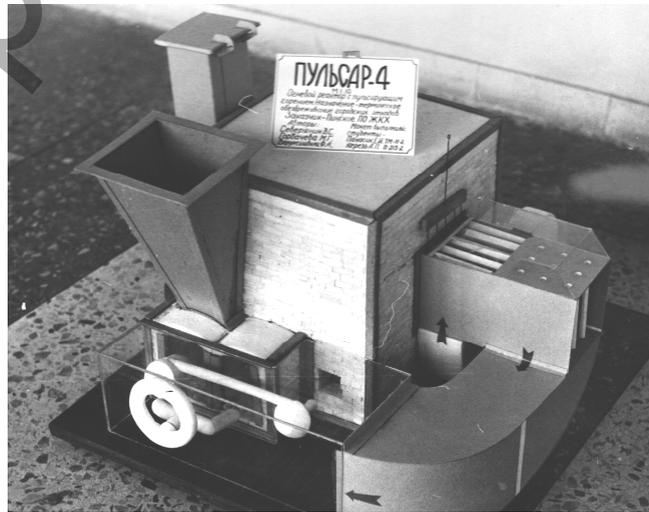


Рисунок 5 – Макет реактора

Заключение

1. Любая антропогенная деятельность сопровождается отходами, количество и качество которых зависят от технического совершенства, но никогда не равны нулю.
2. Необходимо все производственные, общественные, социальные потребности удовлетворять с минимальными неиспользуемыми выбросами путем всемерного развития технических устройств на базе научных исследований.
3. В настоящее время оптимальным решением вопроса обезвреживания, утилизации разнообразного мусора, содержащего горючие вещества, является термический метод через сжигания в соответствующих топочных устройствах.

4. Представляется перспективной интенсификация огневого обезвреживания путем использования устройств пульсирующего горения.
5. Общая технологическая схема обработки городского мусора включает предварительные и последующие аппараты и мероприятия, основное звено – интенсифицированный огневого реактор.
5. Северянин, В. С. Водовод «Кубань-Крым» // Изобретатель. – № 10. – 2017. – С. 46–48.
6. Северянин, В. С. Новая концепция уничтожения городского мусора с энергетической утилизацией / В. С. Северянин, М. Г. Горбачева, В. П. Черноголов // Изобретатель. – № 1. – 2016. – С. 44–45.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пурим, В. В. Сжигать, а не хранить // Химия и жизнь. – № 11. – 2006. – С. 48–51.
2. Попов, В. А. Технологическое пульсационное горение / В. А. Попов, В. С. Северянин. – М.: Энергоатом издат., 1993. – 320 с.
3. Северянин, В. С. Метод борьбы с глобальным потеплением Земли // Инженер-механик. – № 2. – 2009. – С. 15–17.
4. Северянин, В. С. Отходы – глобальная проблема человечества // Изобретатель. – № 11. – 2009.
7. Северянин, В. С. Устройство для термической обработки мелкокускового и сыпучего материала // Изобретатель. – № 4. – 2013. – С. 26–27.
8. Северянин, В. С. Устройство предварительного обезвреживания // Изобретатель. – № 10. – 2013. – С. 5–6.
9. Северянин, В. С. Предотвращение загрязнения атмосферного воздуха газовыми выбросами / В. С. Северянин, В. Г. Новосельцев, Д. В. Новосельцева // Изобретатель. – № 9. – 2013. – С. 31–32.

Материал поступил в редакцию 04.03.2019

SEVERYANIN V. S. Processing of antropogenous waste

Global problem of antropogenous waste is shown. New methods of processing this waste are mentioned. The improved technology is presented with using of pulsating combustion.

УДК 697.1, 697.9, 699.86

Новосельцев В. Г., Новосельцева Д. В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЕКТНОГО И ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ г. БРЕСТА ПО ул. ГРИБОЕДОВА

Введение. Для исследования выбраны пять энергоэффективных домов, введенных в эксплуатацию в г. Бресте в 2015 году по улице Грибоедова.

В соответствии с действующими в настоящее время нормативными документами энергоэффективное здание – это здание, соответствующее по показателю удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию классу А+, А или В. Проектирование вновь возводимых жилых зданий классов по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию С, D, E, G не допускается [1].

Актуальным является исследование эксплуатационного энергопотребления в домах, построенных в последние годы и сравнение его с проектными данными, анализ работы инженерных систем [2].

Климатические данные. Проведено исследование климатических данных за 2015–2018 годы в г. Бресте. Для этого использованы базы метеорологического сайта rogoda.by. При проведении исследования были взяты четыре температуры наружного воздуха за каждый день, на основании этих данных определены средние за каждый день температуры воздуха. В результате обработки определены средние температуры воздуха за месяцы отопительного периода.

Результаты полученных климатических данных необходимы для анализа несоответствия проектного и эксплуатационного энергопотребления в энергоэффективных и характерных жилых домах.

Исследование проектного и эксплуатационного энергопотребления в изучаемых жилых домах. Расчетные (проектные) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию по характерным домам сведены в таблицу 1.

Реальные значения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию по изучаемым домам, полученные по результатам обработки данных теплосчетчиков, сведены в таблицы 2–6.

Сравнение проектного и эксплуатационного энергопотребления в изучаемых жилых домах. Сравнение реальных значений удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию по характерным домам с проектными значениями показаны на рисунках 1–5.

Таблица 1 – Расчетное (проектное) значение удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию

№	Местонахождение (адрес) жилого здания	Расчетное (проектное) значение удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию отапливаемой площади здания, кВт·ч/м ²
1	Ул. Грибоедова, 27	31,4
2	Ул. Грибоедова, 35	34,2
3	Ул. Грибоедова, 37	31,4
4	Ул. Грибоедова, 33	32,3
5	Ул. Грибоедова, 29	34,5

Следует иметь в виду, что нормативные значения удельных расходов тепловой энергии получены при нормируемой температуре воздуха в помещениях 18°C, поэтому необходима корректировка этих значений при температуре воздуха в помещениях 20–21°C (фактические значения, полученные при обследованиях квартир жилых зданий).

Из диаграмм видно несоответствие проектного и эксплуатационного энергопотребления в энергоэффективных и характерных жилых домах. Реальные удельные расходы тепловой энергии на отопление и вентиляцию рассматриваемых домов за отопительные сезоны 2015–2018 годов оказались выше проектных на величину от 7,2% до 44,7%.

Заключение. В ходе выполнения работы проведено исследование климатических данных за 2015–2018 годы в г. Бресте. Для этого использованы базы метеорологического сайта rogoda.by.

Выполнено исследование проектного и эксплуатационного энергопотребления в энергоэффективных и характерных жилых домах.

Выполнено сравнение проектного и эксплуатационного энергопотребления в жилых домах, введенных в эксплуатацию в г. Бресте в 2015 году по улице Грибоедова. Для иллюстрации сравнения построены диаграммы, показывающие удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию рассматриваемых домов за

Новосельцев Владимир Геннадьевич, к. т. н., заведующий кафедрой 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.