

Данные по урожайности свидетельствуют о значительном преимуществе высева хлопчатника под пленкой и мульчировании навозом, где урожай хлопка-сырца в сравнении с контрольным вариантом (открытое поле) больше на 4,9 и 8,4 ц/га соответственно. Наибольший урожай был получен в варианте, где применялась полиэтиленовая пленка -39,7 ц/га.

Исследования, проведенные в условиях орошаемого светлого серозема показали, что при сравнении посевов хлопчатника в открытой поле и применением навоза, а также прозрачной полиэтиленовой пленкой более высокий урожай хлопка-сырца получается при использовании пленки. Итак, новая технология применения прозрачной пленки и навоза для мульчирования почвы обеспечивают благоприятный рост, развитие и увеличение урожайности хлопчатника. Поэтому возможен более высокий доморозный сбор урожая при значительно меньших производственных затратах на 1 центнер продукции.

Оптимизация почвенных условий в орошаемых светлых сероземах за счет мульчирования почвы улучшает физические и агрохимические свойства почвы. Также сохраняет от уплотнения, образования корки и увеличивает порозность почвы, а также положительно влияет на динамику питательных элементов. В условиях староорошаемых светлых сероземов мульчирование почвы навозом или укрывание ее пленкой можно считать эффективным энергосберегающим агротехническим приемом, позволяющим получить ранний урожай хлопка – сырца.

Кроме того, в связи со сравнительно ранним освобождением земель от хлопчатника озимые зерновые могут быть высеяны в оптимальные сроки, тем самым орошаемые земли используются более рационально. При этом, как показывают результаты исследований, урожай озимой пшеницы повышается на 10-15 центнеров с одного гектара в сравнении с традиционным высевом в междурядье хлопчатника.

Литература

1. Литвиненко А.Ф. Определение параметров водопроницаемости мульчированной почвы при дождевании. Почвоведение, №5.1987.
2. Ураимов Т. и др. Применение пленки в хлопководства и её влияние на агрохимические свойства почв. Почвоведение и агрохимия в XXI веке. (Сб. Материалов международной научно практической конференции). Ташкент, 2004.
3. Холикулов Ш. Изменение некоторых агрофизических свойств староорошаемых светлых сероземов при мульчировании. Новые технологии повышения плодородия почв (сб. материалов международной научной конференции). Ташкент, 2004.

УДК 66.074.9

СИСТЕМА ОЧИСТКИ ГАЗОВ В ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВКАХ, РАБОТАЮЩИХ НА ОТХОДАХ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**Сморыго О.Л. (Институт порошковой металлургии НАН Беларуси), Ловкис В.Б.,
Абрамчик Л.А., Козлов Н.С., Скрипник А.Ю. (БГАТУ)**

Рассмотрен принципиальный подход к проблеме очистки газа, получаемого в когенерационных установках с использованием отходов сельскохозяйственного производства. Показана необходимость многоступенчатой очистки. Продемонстрированы преимущества использования в системах очистки высокопористых ячеистых материалов.

Введение

Мировое сообщество стоит на пороге неизбежных изменений, связанных со сменой структуры коммерческих источников получения энергии. Продолжительный рост цен на энергоресурсы, вызванный истощением разведанных природных месторождений традиционных углеводородных источников энергии (нефть, газ), привел к активизации работ

по поиску альтернативных источников. Республика Беларусь вынуждена импортировать большую часть потребляемых энергоресурсов. Поэтому работы, направленные на внедрение процессов, позволяющих вовлекать в оборот местные энергоресурсы (в первую очередь – возобновляемые) с целью замещения импортируемых, являются сегодня особенно актуальными.

Уже давно известно, что перспективным возобновляемым источником энергии являются биомасса (древесина, отходы производства и переработки сельскохозяйственной продукции, быстрорастущие лесные культуры) и горючие органические отходы [1-3]. Однако, только в последние годы в связи с вышеупомянутыми изменениями на рынке энергоресурсов появилась реальная перспектива широкого коммерческого внедрения технологий получения горючих газов из биомассы и горючих органических отходов с последующим их использованием в когенерационных установках для получения энергии.

Пожалуй, наиболее перспективная концепция - использование генераторного газа для производства тепла и электроэнергии малыми автономными когенерационными установками, роль которых в ближайшие годы будет возрастать во всех странах, испытывающих «энергетический голод» [4]. В таких установках генераторный газ, получаемый путем газификации горючей растительной биомассы при соответствующей очистке до уровня современных экологических норм, может заменять природный газ и жидкое топливо в отопительных системах и для производства электроэнергии.

Таким образом, проблема создания современного конкурентоспособного когенерационного оборудования распадается на следующие задачи:

- собственно тепло-энергетические задачи: организация процесса синтеза относительно высококалорийного газообразного топлива из широкого спектра отходов, максимально возможное связывание в процессе горения нежелательных примесей (например, соединений серы), создание эффективных теплообменных устройств, генерация электроэнергии из полученного газа, оптимизация всей цепочки с целью достижения максимального КПД и т.п. Здесь авторы не касаются этой проблематики.

- задачи по очистке полученного газа на разных этапах: перед подачей в теплообменные устройства, перед подачей в двигатель внутреннего сгорания (генерирующий электроэнергию), каталитическая очистка отработавших газов от токсичных примесей.

Цель настоящей работы: разработка принципов создания эффективной системы очистки газов в газогенераторных установках, работающих на отходах сельскохозяйственных производств.

Основная часть

Высокие значения КПД в современных когенерационных установках достигаются за счет комплексного использования полученной энергии: синтезированный горячий газ сначала подается в рекуператор тепла (тепло может использоваться для подогрева воздуха перед подачей в топочную часть газогенератора, для подогрева воды), а затем – на двигатель внутреннего сгорания с подключенным электрогенератором. Поэтому система очистки газа должна включать по меньшей мере три ступени: 1 - предварительная очистка газа от крупных механических включений (зола, смолистые соединения, продукты неполного сгорания) – для обеспечения продолжительного ресурса работы теплообменника; 2 - тонкая очистка охлажденного газа перед подачей в двигатель внутреннего сгорания от мелких твердых частиц – для предотвращения быстрого износа поршневых пар; 3 - очистка выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания для обеспечения необходимых экологических параметров.

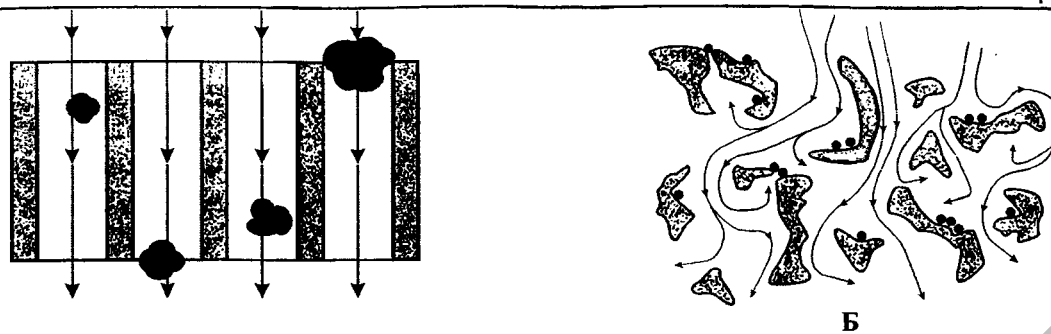


Рисунок 1 – Механизмы удаления включений:

А – экранирующая фильтрация;

Б – глубинная фильтрация [8]

Очистку охлажденного газа перед подачей в двигатель внутреннего сгорания можно считать решенной задачей. В настоящее время на рынке предлагается широкая номенклатура дешевых фильтр-элементов с волокновой структурой, которые при своевременной замене обеспечивают продолжительный ресурс работы двигателя. Каталитические нейтрализаторы отработавших газов для различных типов двигателей внутреннего сгорания также достаточно широко представлены на рынке – как для использования в подвижном составе, так и в стационарных установках. Различные системы каталитической очистки отработавших газов, их достоинства и недостатки подробно описаны в работах [5-7]. Что касается фильтров для очистки горячих газов с температурами $\sim 1000^{\circ}\text{C}$ от продуктов неполного сгорания (твердых частиц и смолистых соединений), на сегодняшний день нет однозначного решения, в том числе применительно к газогенераторным установкам. Авторы считают перспективным создание систем, основанных на высокопористых ячеистых материалах.

Синтезированный в когенерационной установке газ помимо целевых продуктов содержит золу, сажу, углеводородные продукты неполного сгорания, которые при отсутствии системы очистки неизбежно будут накапливаться в рекуператоре тепла и вызывать его быстрый выход из строя. Зольные хлопьевидные включения могут быть легко удалены, например, устройствами инерционного типа. Проблему представляет высокопроизводительная фильтрация твердых включений с адсорбированными на поверхности углеводородами с размером частиц менее 100 мкм.

Эффективный фильтр для этих целей помимо высокой термостойкости и жаростойкости должен, с одной стороны, обеспечить достаточно высокую степень очистки, с другой – обеспечить предельно возможную проницаемость. Только материал, отвечающий таким противоречивым требованиям, сможет обеспечить создание компактной и эффективной системы очистки больших объемов газов ($1000-10000 \text{ м}^3/\text{ч}$) при малом перепаде давления. Этим требованиям отвечают материалы, обеспечивающие улавливание включений по механизму глубинной фильтрации (рисунок 1). Традиционные фильтрующие материалы работают главным образом в режиме экранирующей фильтрации (просеивания), то есть задерживают включения, размер которых больше диаметра канала, и способны поэтому задерживать только грубые включения. При попытках повысить эффективность фильтра за счет снижения размера пор неизбежно возникает проблема неприемлемо высокого перепада давления на фильтре.

Для эффективной работы в режиме глубинной фильтрации необходимо, чтобы материал имел достаточно большой диаметр пор, но при этом имел развитую внутреннюю поверхность, а структура его обеспечивала интенсивный массообмен между газовым потоком и поверхностью для повышения вероятности столкновения с твердыми включениями.

Рассмотрим пористые проницаемые материалы, которые традиционно используются

для фильтрации жидкостей и газов. Эти материалы можно разделить на следующие классы: порошковые (ППМ) с пористостью до 50 % и размером пор 1 - 1000 мкм (с учетом гранулированных), волокновые (ПВМ) с пористостью до 80 % и размерами пор 10 - 500 мкм, сетчатые (ПСМ) с пористостью 20 - 80 % и размером каналов 20 - 200 мкм, ячеистые (ВПЯМ) с пористостью 75 - 97 % и размером каналов 200 - 5000 мкм и сотовые материалы (ВПСМ) с пористостью 50 - 80 % и размером каналов 800 - 7000 мкм (рисунок 2) [9]. Очевидно, что только ВПЯМ и ВПСМ могут обеспечить малые перепады давления, поскольку они реально существуют в области предельно высоких пористостей, диаметр каналов может достигать нескольких мм.

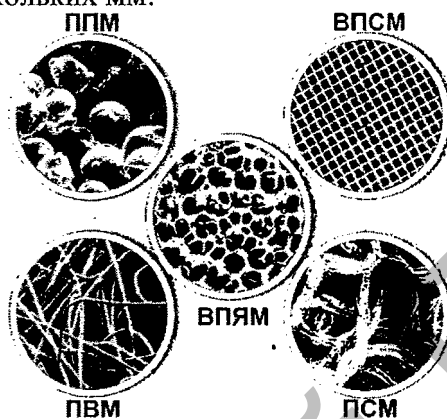


Рисунок 2 – Типичная структура различных классов пористых проницаемых материалов

Подробный анализ различных поровых структур с точки зрения массообменных процессов приведен в работе [10]. Здесь лишь отметим, что математическое столкновение составляющих газового потока с внутренней поверхностью пористого тела характеризуется коэффициентом внешнего массообмена $\beta_{\text{внеш}}$ [11]:

$$\beta_{\text{мас}} = \frac{\text{Nu} \cdot D_{\text{диф}}}{d_{\text{ср}}^2}, \quad (1)$$

где Nu – критерий Нуссельта;
 $D_{\text{диф}}$ – коэффициент диффузии компонентов газа, м²/с;
 $d_{\text{ср}}$ – средний размер пор первичного носителя, м.

Интенсивность внешнего массообмена между потоком газа и внутренней поверхностью пор характеризуется критерием Нуссельта (Nu), который для различных режимов течения можно оценить следующим образом [12]:

$$\text{Nu} \approx 0.212 \cdot \text{Re}^{0.50} \text{Pr}^{0.33} \quad \text{для ламинарного режима}, \quad (2)$$

$$\text{Nu} \approx 0.432 \cdot \text{Re}^{0.80} \text{Pr}^{0.40} \quad \text{для турбулентного режима}, \quad (3)$$

$$\text{Re} = \frac{V_{\text{п}} \cdot d_{\text{ср}} \cdot \rho_{\text{г}}}{\eta_{\text{г}}} \quad \text{- число Рейнольдса}, \quad (4)$$

$$\text{Pr} = \frac{\eta_{\text{г}} \cdot c_{\text{p}}}{\lambda_{\text{г}}} \quad \text{- число Прандтля}. \quad (5)$$

Величина Pr определяется в основном атомностью газовых компонент (для трехатомного газа Pr=0.80; для многоатомного Pr=1.00) [12]. Поэтому величина Nu определяется в первую очередь характером течения. Характер течения в свою очередь определяется значением критического числа Рейнольдса (когда режим течения изменяется с ламинарного на турбулентный), которое зависит от структуры материала.

На рисунке 3 приведены зависимости $\text{Re}_{\text{кр}}$ для различных типов поровых структур. Видно, что $\text{Re}_{\text{кр}}$ для ППМ ниже, чем для ВПЯМ. Однако, учитывая принципиально более высокую проницаемость ВПЯМ, последние предпочтительнее использовать в высокоскоростных процессах фильтрации и катализа.

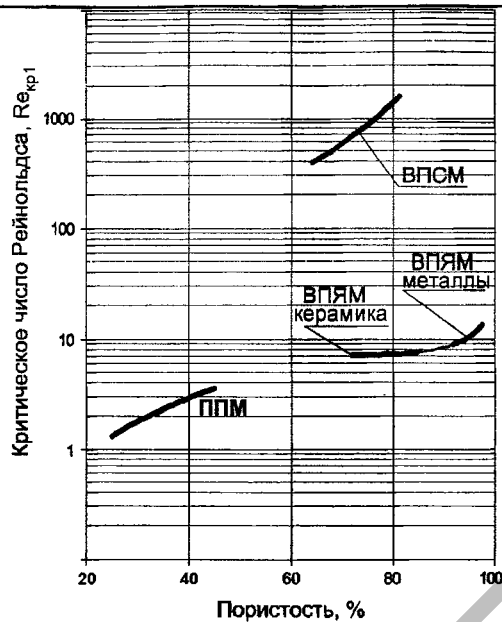


Рисунок 3 – Зависимость $Re_{кр}$ от пористости для различных классов пористых проницаемых материалов [10]

Следует отметить, что системы очистки горячих газов с ячеистым сажевым фильтром уже разрабатываются в ведущих европейских центрах [13, 14]. В качестве фильтр-элемента используются ВПЯМ на основе высокотемпературной термостойкой керамики (кордиерит, диоксид циркония). Система с ячеистым сажевым фильтром проста в исполнении и не требует сложной системы управления. Эффективность такого фильтра по твердым частицам несколько уступает микрофильтрам и составляет 50-70%. В то же время было установлено, что при прохождении через ячеистый фильтр происходит коагуляция субмикронных твердых частиц с увеличением их размера до ~5-10 мкм. Частицы такого размера могут эффективно собираться в инерционных ловушках, общая эффективность системы может быть повышена. Очень важное преимущество – возможность саморегенерации фильтра, для этого на фильтр-элемент могут наноситься стойкие к каталитическим ядам оксидные катализаторы, например, $Cs_4V_2O_7$. Это позволяет снизить температуру воспламенения сажи с 600 до 330°C и обеспечить саморегенерацию без подогрева газов дополнительными устройствами. ВПЯМ на основе различных керамических материалов, пригодные для использования в системах очистки горячих газов, разработаны и опробованы в Институте порошковой металлургии НАН Беларуси.

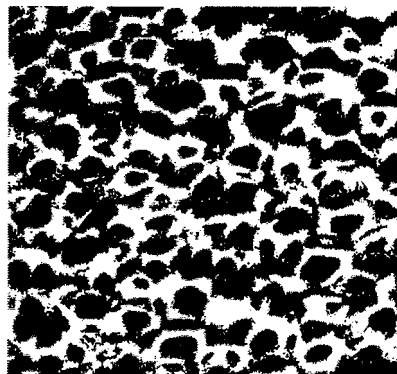


Рисунок 4 – Поровая структура керамического ВПЯМ

Заключение

Таким образом, проведенный в докладе анализ показал, что для обеспечения работоспособности и экологичности когенерационных установок, работающих на отходах

сельскохозяйственных производств, необходимо производить трехступенчатую очистку газа: предварительную очистку газа перед подачей в теплообменное устройство, тонкую очистку перед подачей в двигатель внутреннего сгорания (генератор) и каталитический дожиг отработавших газов. Для использования в системах очистки горячих газов от продуктов неполного сгорания перспективно использовать высокопористые ячеистые материалы на основе термостойкой керамики: такие материалы обеспечивают высокую тонкость и степень очистки высокоскоростных потоков, низкие перепады давления, а также возможность саморегенерации.

Авторы благодарят коллектив лаборатории теплообменных процессов и аппаратов ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова» НАНБ (заведующего лабораторией Г.И. Журавского и научного сотрудника О.Г. Мартынова) за консультации по технологиям получения генераторного газа из растительных биомасс.

Литература

1. Альтшулер В.С. Новые процессы газификации твердого топлива / М.: Недра, 1976, 280с.
2. Соуфер С., Заборски О. Биомасса как источник энергии / М.: Мир: 1985.- 368 с.
3. Зысин Л.В., Кошкин Н.Л., Финкер Ф.З.. Вопросы энергетического использования биомассы и отходов лесопроизводства / Теплоэнергетика, 1994, № 11, с.30-35.
4. Бохан Н.И., Фалюшин П.Л., Ловкис В.Б. Получение горючих газов из твердого топлива // Материалы международной научно-технической конференции «Мобильная энергетика, энергосбережение» г. Москва. 2000 г. с. 95-102.
5. J. Kašpar et al.: Automotive catalytic converters: current status and some perspectives / Catalysis Today 77 (2003) 419–449.
6. R.M. Heck, R.J. Farrauto: Automobile exhaust catalysts / Applied Catalysis A: General 221 (2001) 443–457.
7. Сморгыо О.Л. Системы нейтрализации отработавших газов дизельных двигателей // Сб. докл. Междуна. симп. «Порошковая металлургия в автотракторном машиностроении», Минск, 28-30 марта 2007 г., с. 52-59.
8. Сморгыо О.Л., Леонов А.Н., Дечко М.М., Марукович А.И.. Пенокерамические фильтры в технологии литья в автомобилестроении / Сб. докл. семинара 8-й между. выставки «Актуальные проблемы производства и применения изделий порошковой металлургии и сверхтвердых материалов-2001», Минск, 2001, С. 48-54
9. Леонов А.Н., Сморгыо О.Л., Ромашко А.Н.. Катализаторы дожига выхлопных газов дизельных двигателей на основе высокопористых ячеистых материалов, Сб. докл. семинара 8-й между. выставки «Актуальные проблемы производства и применения изделий порошковой металлургии и сверхтвердых материалов-2001», Минск, 2001, С. 40-48.
10. Леонов А.Н., Исмагилов З.Р., Сморгыо О.Л., Ромашко А.Н., Марукович А.И., Микуцкий В.А., Структурная и материаловедческая концепция высокопроизводительных катализаторов из высокопористых ячеистых материалов / Республ. межвед. сборник научн. трудов «Порошковая металлургия», № 30, 2007, С. 170-184.
11. Носков А.С., Загоруйко А.Н. Теоретические основы обезвреживания газовых выбросов на сотовых катализаторах // Сб. докл. Междунар. семинара «Блочные носители и катализаторы сотовой структуры», С.-Петербург / ИК РАН. – Новосибирск, 1995. Ч. 1.– С. 57-61.
12. Теория тепломассообмена./ Учебн. для вузов под ред. Леонтьева А.И./ М.: Высшая школа, 1979.-496 с.
13. P. Ciambelli et al: Deep filtration and catalytic oxidation: an effective way for soot removal / Catalysis Today 73 (2002) 363–370.
14. D. Fino et al.: Filtration and catalytic abatement of diesel particulate from stationary sources / Chemical Engineering Science 57 (2002) 4955–4966.