

УДК: 66.097.3

UDC: 66.097.3

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ И УЗЛОВ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ**TECHNICAL SOLUTIONS OF COMPONENTS AND PARTS OF CATALYTIC SYSTEMS FOR ENERGY PRODUCTION AND CONVERSION**

Медяков Андрей Андреевич
к.т.н.

Medyakov Andrey Andreevich
Cand.Tech.Sci.

Онучин Евгений Михайлович
к.т.н., доцент

Onychin Evgeny Mihailovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor

Каменских Александр Дмитриевич
инженер
Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия

Kamenskih Aleksandr Dmitrievich
engineer
Volga State University of Technology, Ioshkar-Ola, Russia

Приводятся описание существующих каталитических устройств сжигания, обоснование необходимости совершенствования технических решений составных частей и узлов и предложенные авторами каталитических устройств сжигания с циркулирующим слоем наполнителя

The article provides a description of existing catalytic burning units, the rationale for improving the technical solutions of components and parts, and the catalytic burning unit proposed by the authors with a circulating bed of filler

Ключевые слова: КАТАЛИТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО СЖИГАНИЯ, КАТАЛИТИЧЕСКИЙ НАПОЛНИТЕЛЬ, ПСЕВДООЖИЖЕННЫЙ СЛОЙ, ЦИРКУЛИРУЮЩИЙ СЛОЙ

Keywords: CATALYTIC BURNING UNIT, CATALYTIC FILLER, FLUIDIZED BED, CIRCULATING BED

Введение

Важным элементом каталитических систем, применяемых для производства и преобразования энергии, является устройство каталитического сжигания, в рамках которого происходит процесс преобразования энергии топлива в тепловую энергию.

В настоящее время разработаны различные конструкции каталитических устройств сжигания [1-6]. Наибольшее количество конструкций включают в себя неподвижный слой каталитического наполнителя, через который пропускается сжигаемая смесь [1-5]. Однако из-за высокой экзотермичности реакции сжигания метана в первой части неподвижного слоя катализатора возникают «горячие точки» с температурой выше 1500 °С. При этом может произойти постепенное разрушение каталитического наполнителя и выход из строя всей

каталитической системы. В связи с этим в ряде каталитических устройств сжигания используют высокотемпературные каталитические наполнители, в частности в работе [2] предлагается использовать спеченные металлические частицы, покрытые высокопористыми керамическими слоями. При этом использование высокотемпературных каталитических устройств оправданно в случае потребностей в высоком температурном уровне теплоносителя (до 500-600°C), хотя в этом случае происходит значительное увеличение содержания оксидов азота (NO_x) в уходящих газах.

Для снижения температуры каталитического наполнителя и исключения ситуаций его перегрева применяют контролируемый и распределенный ввод топлива и окислителя (кислорода). В частности в работе [3] предлагается каталитическое устройство сжигания с введением кислорода в две стадии. Однако использование таких каталитических устройств требует создания сложных систем распределенного ввода окислителя, либо топлива, а так же сложной системы регулирования количества вводимых в каждой части каталитической системы топлив и окислителя.

Для снижения температуры каталитического наполнителя до необходимых значений применяют дополнительное внешнее охлаждение. В частности в работе [1] описывается каталитические горелки с применением внешнего водяного охлаждения. Однако использование таких каталитических устройств создает разность температуры внутри наполнителя от центра к его краям, что связано с необходимостью интенсивного охлаждения устройства сжигания. В результате происходит охлаждение пристеночных слоев наполнителя вплоть до прекращения в них процесса горения.

В работе [4] предлагается для охлаждения наполнителя использовать дополнительное внутреннее охлаждение с помощью керамического

трубчатого каталитического устройства сжигания с сопряженным по теплу внутренним алюминиевым теплообменником. Однако использование таких каталитических устройств требует создания сложных теплообменников и необходимостью предварительного сопряжения их по теплу.

Определенную группу представляют собой устройства, работающие не в стационарном режиме. В связи с образованием фронта горения (охлаждения) в неподвижном слое катализатора при низких концентрациях топлива в смеси был предложен реверс-процесс, позволяющий изменять направление движения фронта на обратное при изменении направления подачи смеси топлива-окислитель, в результате в устройстве создается нестационарный режим сжигания. [5] Однако подобные каталитические системы требуют сложной системы реверса потоков, которая должна быть способна функционировать при высоких температурах до 600 °С.

Промежуточное место между каталитическими устройствами, работающими в стационарном и режиме, и устройствами, работающими в нестационарном режиме, занимают устройства с псевдооживленным слоем каталитического наполнителя.[6] В работе [6] описывается каталитический генератор тепла с кипящим слоем со встроенными теплообменными устройствами. Использование псевдооживленного слоя позволяет организовать перемешивание каталитического наполнителя, но интенсивность этого перемешивания низкая. При увеличении слоя катализатора кипящим оказывается только верхняя часть слоя. Также в псевдооживленном слое возможно образование каналов, через которые может проходить значительное количество сжигаемой смеси практически не взаимодействуя с наполнителем.

Технические решения составных частей и узлов каталитических систем для производства и преобразования энергии

Для исключения подобных ситуаций и организации более интенсивного перемешивания наполнителя разработано техническое решение каталитического устройства сжигания с циркулирующим слоем катализатора, представленное на рисунке 1.

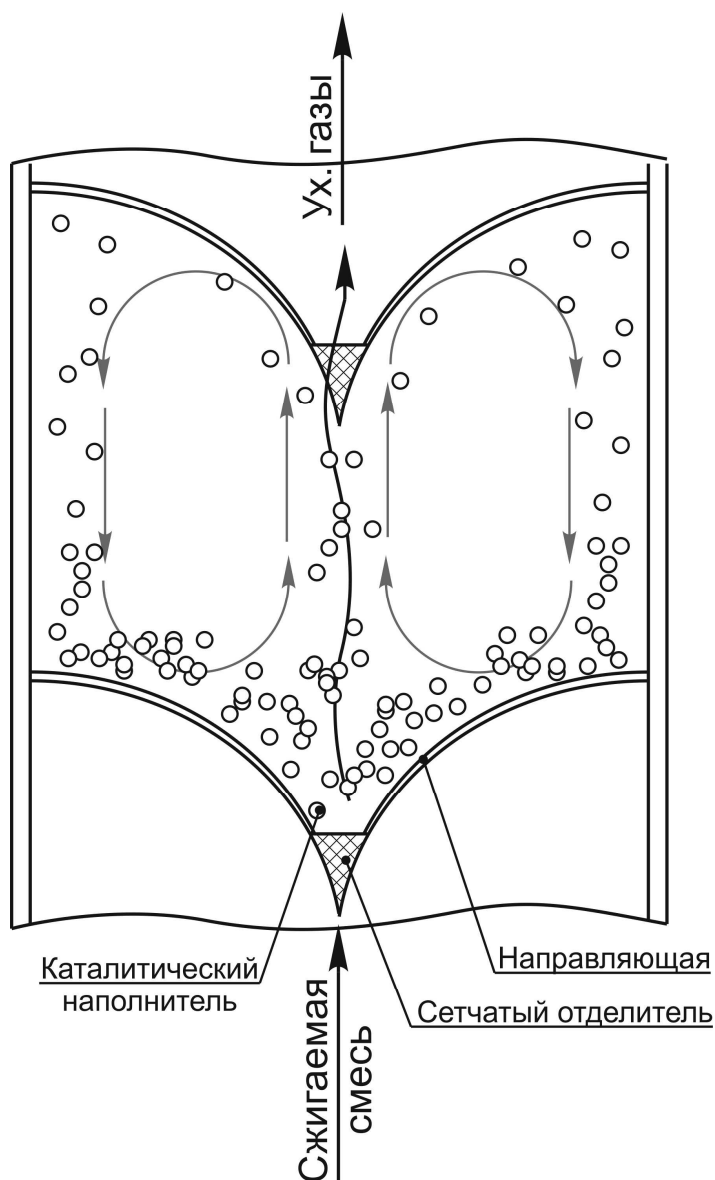


Рисунок 1 – Техническое решение каталитического устройства сжигания с циркулирующим слоем наполнителя

В разработанном каталитическом устройстве сжигания сжигаемая смесь подается снизу. Проходя через сетчатый отделитель нижней направляющей, сжигаемая смесь уносит с собой каталитический наполнитель. По мере движения по устройству происходит окисление органических составляющих и выделение теплоты. Затем поток прореагировавшей смеси газов уходит через сетчатый отделитель верхней направляющей, а каталитический наполнитель отбрасывается сетчатым отделителем. Верхняя направляющая отводит наполнитель к периферии устройства. Под действием силы тяжести наполнитель падает на нижнюю направляющую, по которой он подводится к потоку сжигаемой смеси.

Ввиду интенсивного перемешивания наполнителя в устройстве сжигания поддерживаются стабильные температурные условия, а прогретый в потоке сжигаемой смеси наполнитель возвращается к поступающему на вход устройства холодному потоку сжигаемой смеси. В результате каталитический наполнитель в рамках устройства находится при рабочей температуре, что повышает эффективность использования катализатора и повышает степень конверсии.

При этом возможно создать один типовой элемент каталитического устройства сжигания с циркулирующим слоем наполнителя, на базе которого путем последовательного или параллельного соединения можно собирать устройства требуемых параметров.

Для увеличения времени взаимодействия потока сжигаемой смеси с каталитическим наполнителем возможна организация совместного их перемещения по каталитическому устройству сжигания, аналогично системам пневматического транспорта [7]. Техническое решение каталитического устройства сжигания с сонаправленным движением наполнителя и сжигаемой смеси представлено на рисунке 2а. При таком способе взаимодействия сжигаемая смесь подается снизу устройства сжигания, потоком смеси увлекается каталитический наполнитель, и они

совместно двигаются в процессе протекания реакции. В верхней точке каталитической устройства происходит отделение наполнителя и удаление уходящих газов. Затем наполнитель возвращается в начало устройства сжигания. При таком способе организации процесса окисления увеличивается время взаимодействия сжигаемой смеси с каталитическим наполнителем ввиду их совместного движения по устройству сжигания. А возврат прогретого наполнителя в начало устройства позволяет поддерживать стабильные температурные условия.

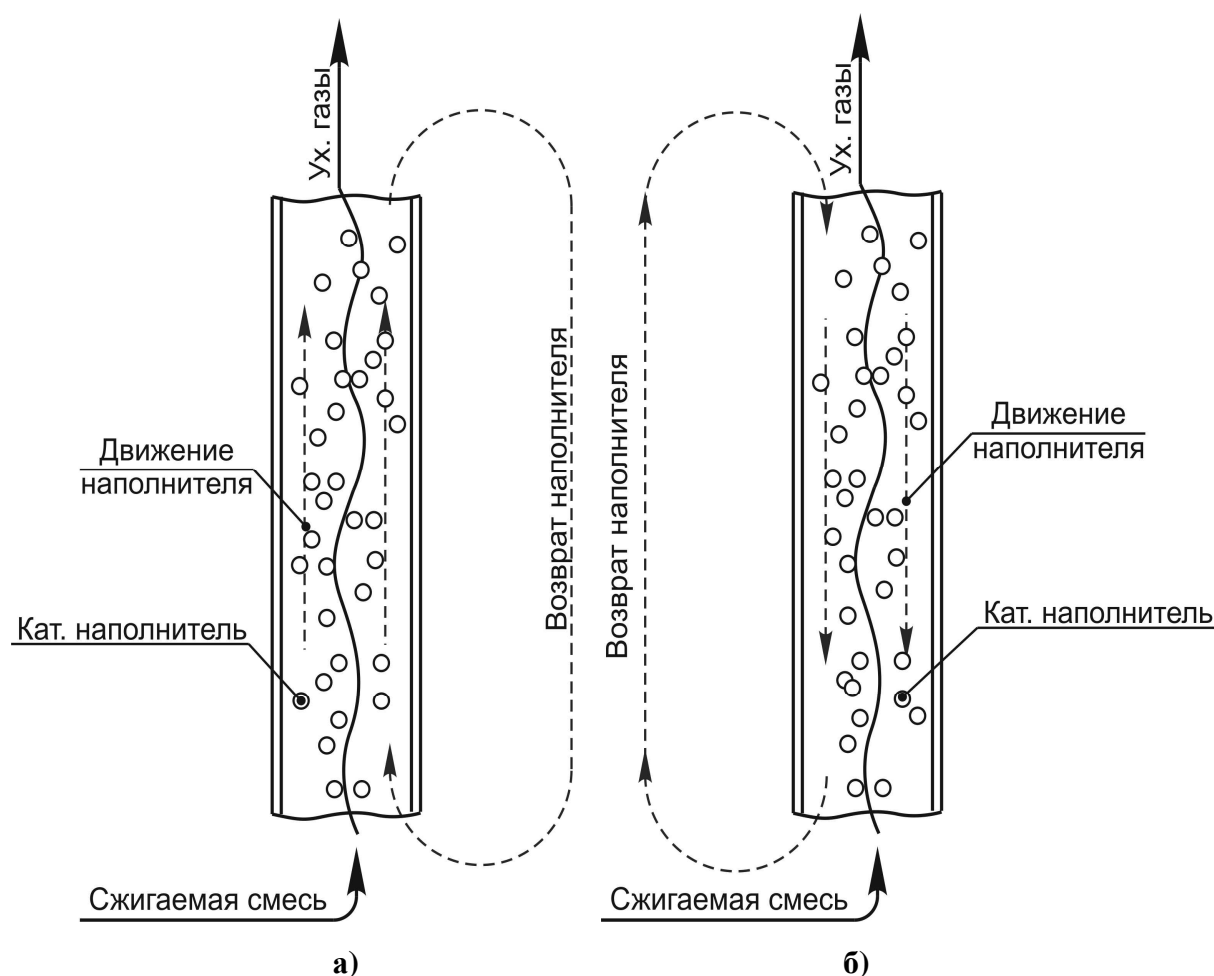


Рисунок 2 –Каталитические устройства сжигания с сонаправленным (а) и противоположно направленным (б) движением наполнителя и сжигаемой смеси.

Техническое решение каталитического устройства сжигания с противоположным движением наполнителя и сжигаемой смеси

представлено на рисунке 2б. При таком способе взаимодействия сжигаемая смесь подается снизу устройств, а каталитический наполнитель сверху. Под действием силы тяжести каталитический наполнитель перемещается по устройству сверху вниз навстречу восходящему потоку сжигаемой смеси. В верхней точке каталитического устройства происходит удаление уходящих газов, а в нижней – отделение наполнителя. Затем наполнитель возвращается в верхнюю часть устройства. При таком способе организации процесса окисления увеличивается площадь взаимодействия сжигаемой смеси с каталитическим наполнителем, ввиду того, что смесь в процессе движения взаимодействует с большим количеством наполнителя. А противоположное движение сжигаемой смеси и каталитического наполнителя позволяет поддерживать равномерные температурные условия в всем устройстве.

Для реализации приведенных принципов функционирования (рисунки 2а, 2б) в рамках одного устройства было предложено техническое решение каталитического устройства сжигания с сонаправленным и противоположным движением наполнителя и сжигаемой смеси (Рисунок 3).

В рамках каталитического устройства выделяется две зоны: *I* – зона сонаправленного движения наполнителя и сжигаемой смеси, *II* – зона противоположного движения. В каждую из зон подается сжигаемая смесь по отдельному трубопроводу для исключения самопроизвольного перераспределения смеси между каналами. В процессе функционирования в нижней части устройства накапливается каталитический наполнитель, слой наполнителя препятствует смешиванию двух потоков сжигаемой смеси. При подаче сжигаемой смеси по первому трубопроводу накопившийся наполнитель увлекается в зону *I*, в которой при сонаправленном движении наполнителя и смеси происходит реакция окисления топлива с выделением теплоты. После выхода из зоны *I* поток

перестает увлекать за собой наполнитель, и он попадает в зону II. В зоне II наполнитель под действием силы тяжести возвращается в нижнюю часть устройства и при этом взаимодействует с противоположно направленным потоком сжигаемой смеси 2. В верхней точке устройства потоки прореагировавших смесей 1 и 2 соединяются и удаляются через сетчатую преграду.

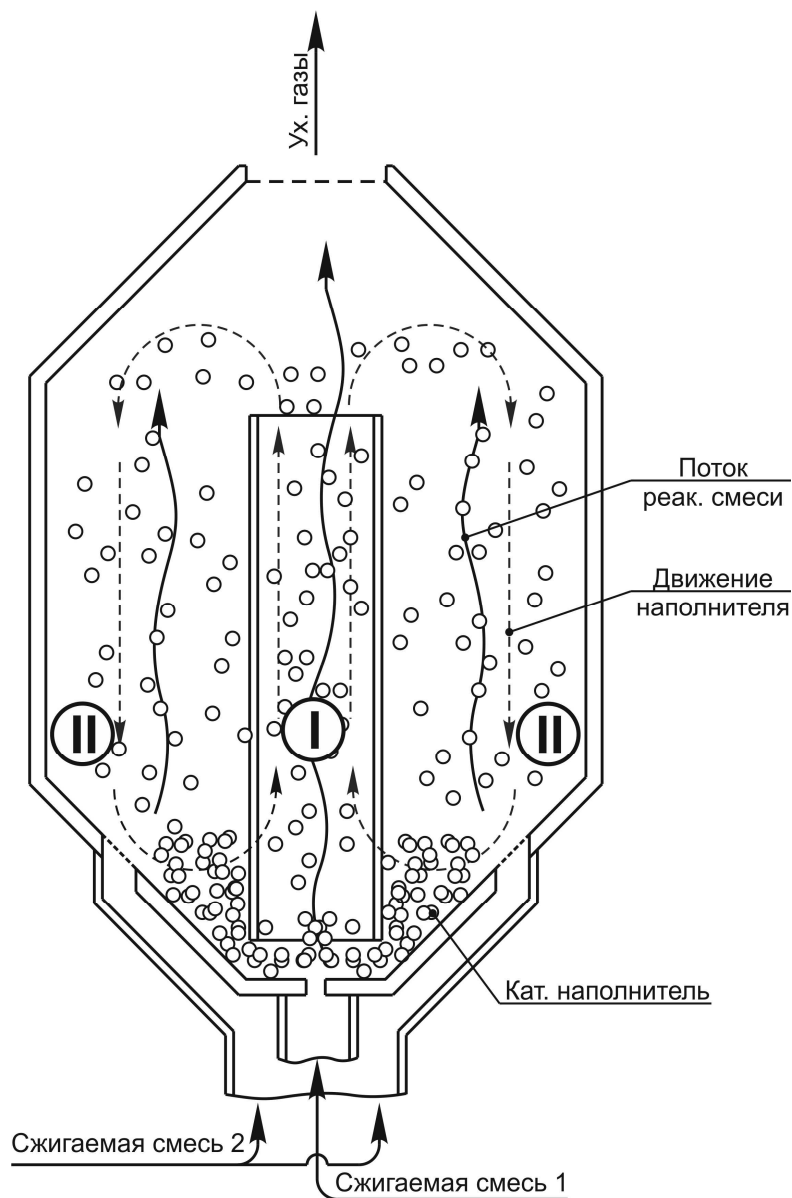


Рисунок 3 – Техническое решение каталитического устройства сжигания с сонаправленным и противоположным движением наполнителя и сжигаемой смеси

При таком конструктивном исполнении устройства сжигания, достаточно просто решена задача возврата наполнителя в реакционную зону (при условии выбора I или II зоны за основную) и обеспечивается максимальное время взаимодействия смеси и наполнителя (взаимодействие даже в зоне возврата наполнителя). Организация процесса горения на всех этапах движения катализатора позволяет обеспечить самые равномерные и стабильные температурные условия из представленных каталитических устройств.

Вывод

Использование разработанных технических решений каталитических устройств позволяет интенсифицировать процесс окисления, а так же обеспечить равномерные и стабильные условия протекания реакции, что позволяет эффективно использовать их в каталитических системах для производства и преобразования энергии при анаэробной переработке органических отходов.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (Соглашение № 14.В37.21.1490).

Библиографический список

1. Лукьянов, Б. Н. Экологически чистое окисление углеводородных газов в каталитических нагревательных элементах / Б. Н. Лукьянов, Н. А. Кузин, В. А. Кириллов, В. А. Куликов, В. Б. Шигаров, М. М. Данилова // Химия в интересах устойчивого развития. – 2001. – №9. – с. 667 – 677
2. van Giezen, J. C. The development of novel metal-based combustion catalysts / J.C. van Giezen, M. Intven, M. D. Meijer et al. // Catal. Today. – 1999. - № 47. – p. 191-197
3. Zhi-yong, P. A novel two-stage process for catalytic oxidation of methane to synthesis gas / P. Zhi-yong, D. Chao-yang, S. Shi-kong // Ranliao Huaxue Xuebao. – 2000. - № 4. – p. 348.
4. Theophilos, P. Development of a novel heat-integrated wall reactor for the partial oxidation of methane to synthesis gas / P. Theophilos, V. Xenophon // Catal. Today. – 1998. - № 46. – p. 71-81.
5. Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН – РЕВЕРС-ПРОЦЕСС - Каталитическая очистка отходящих газов [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.catalysis.ru/block/index.php?ID=3&SECTION_ID=1483, свободный.

6. Ismagilov, Z. R. Fluidized bed catalytic combustion / Z. R. Ismagilov, M. A. Kerzhentsev // Catal. Today. – 1999. - № 47. – p. 339-346.

7. Зарницына Э. Г. Вентиляционные установки и пневмотранспорт / Э. Г. Зарницына, О. Н. Терехова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011. – 228с.

References

1. Luk'janov, B. N. Jekologicheski chistoe okislenie uglevodorodnyh gazov v kataliticheskikh nagrevatel'nyh jelementah / B. N. Luk'janov, N. A. Kuzin, V. A. Kirillov, V. A. Kulikov, V. B. Shigarov, M. M. Danilova // Himija v interesah ustojchivogo razvitija. – 2001. – №9. – s. 667 – 677

2. van Giezen, J. C. The development of novel metal-based combustion catalysts / J.C. van Giezen, M. Intven, M. D. Meijer et al. // Catal. Today. – 1999. - № 47. – p. 191-197

3. Zhi-yong, P. A novel two-stage process for catalytic oxidation of methane to synthesis gas / P. Zhi-yong, D. Chao-yang, S. Shi-kong // Ranliao Huaxue Xuebao. – 2000. - № 4. – p. 348.

4. Theophilos, P. Development of a novel heat-integrated wall reactor for the partial oxidation of methane to synthesis gas / P. Theophilos, V. Xenophon // Catal. Today. – 1998. - № 46. – p. 71-81.

5. Institut kataliza im. G. K. Boreskova SO RAN – REVERS-PROCESS - Kataliticheskaja ochistka othodjashhih gazov [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: http://www.catalysis.ru/block/index.php?ID=3&SECTION_ID=1483, svobodnyj.

6. Ismagilov, Z. R. Fluidized bed catalytic combustion / Z. R. Ismagilov, M. A. Kerzhentsev // Catal. Today. – 1999. - № 47. – p. 339-346.

7. Zarnicyna Je. G. Ventiljacionnye ustanovki i pnevmotransport / Je. G. Zarnicyna, O. N. Terehova. - Barnaul: Izd-vo AltGTU, 2011. – 228s.