

УДК 66.097.3

UDC 66.097.3

**ИНФРАКРАСНЫЙ ОБОГРЕВАТЕЛЬ
С НАПРАВЛЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ
КАТАЛИТИЧЕСКОГО НАПОЛНИТЕЛЯ**

**INFRARED HEATER WITH DIRECTIONAL
MOVEMENT OF CATALYTIC FILLER**

Сидыганов Юрий Николаевич
д.т.н., профессор

Sidyganov Yuri Nikolaevich
Dr.Sci.Tech., professor

Медяков Андрей Андреевич
к.т.н.

Medyakov Andrei Andreevich
Cand.Tech.Sci.

Онучин Евгений Михайлович
к.т.н., доцент

Onyuchin Evgeny Mikhailovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor

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

Kamenskikh Aleksandr Dmitrievich
postgraduate student
*Volga State University of Technology, Ioshkar-Ola,
Russia*

В статье приводится описание новых вариантов конструктивного исполнения инфракрасных обогревателей с направленным движением каталитического наполнителя. Подробно объясняется принцип работы представленных устройств и предлагается использовать инфракрасные обогреватели в рамках комплекса вместе со специальными материалами

The article describes the new variants of design of infrared heaters with directional movement of the catalytic filler. We have explained in detail the principle of functioning of the devices and proposed to use infrared heaters within the complex with special materials

Ключевые слова: ИНФРАКРАСНЫЙ КАТАЛИТИЧЕСКИЙ ОБОГРЕВАТЕЛЬ, КАТАЛИТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО СЖИГАНИЯ, КАТАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, НЕСТАЦИОНАРНЫЙ РЕЖИМ

Keywords: INFRARED CATALYTIC HEATER, CATALYTIC COMBUSTION DEVICE, CATALYTIC SYSTEMS, NONSTATIONARY MODE

Введение

Каталитические устройства для полного низкотемпературного окисления газообразных углеводородов могут использоваться в существующих системах вместо традиционных устройств факельного сжигания. Однако по сравнению с традиционными источниками тепла, каталитические устройства сжигания имеют ряд преимуществ. К ним относятся:

- 1) полнота сжигания топлива, которая способствует повышению эффективности процесса горения;
- 2) снижение температуры процесса горения, которое обеспечивает конструктивные преимущества каталитических устройств горения;

3) сокращение выбросов вредных газов в атмосферу в связи со снижением температуры горения и более полным сжиганием топлива;

4) снижение минимальной концентрации топлива в смеси до 0,5 % объема [1–6].

Использование каталитических устройств в качестве устройств обогрева, предназначенных для поддержания определенной температуры в технологических объектах или производственных помещениях, позволяет повысить эффективность систем обогрева за счет повышения эффективности процесса горения и сокращения выбросов вредных газов в атмосферу. Непосредственно заменяя традиционные устройства факельного сжигания разрабатываемыми системами можно повысить эффективность поддержания необходимой температуры на объектах.

В работе [7] на базе нестационарных каталитических систем был разработан ряд установок, предназначенных для теплоснабжения различных производственных объектов лесного и агропромышленного комплексов за счет каталитического сжигания топлив, отличающихся процессом передачи теплоты от установки к обогреваемому объекту. За основу был взят процесс лучистого теплообмена, который определил конструктивные особенности исполнения каталитических систем. В процессе функционирования каталитических систем окисление углеводородов, содержащихся в топливах, осуществляется непосредственно на поверхности катализатора. В связи с этим точки с наивысшей температурой в рамках каталитической системы возникают в поверхностном слое каталитического наполнителя.

В настоящее время подобные обогреватели снабжаются специальными излучающими поверхностями, которым теплота передается от сгораемого топлива. Ввиду того, что реакция окисления углеводородов является экзотермической с большим количеством выделяющейся энергии, то организация специальных излучающих поверхностей в каталитических

устройствах сжигания является нецелесообразным. Это связано с тем, что процесс передачи теплоты от каталитического наполнителя к излучающей поверхности затруднен ввиду малой площади контакта (наполнитель – поверхность) и присутствие прослойки топочных газов, что будет вызывать перегрев каталитического наполнителя и снижение возможностей системы по передаче теплоты от излучающей поверхности.

Таким образом, необходимо организовать процесс окисления углеводородов так, чтобы поверхностный слой каталитического наполнителя, обладающий самой высокой температурой в системе, являлся одновременно излучающей поверхностью.

Новые конструктивные решения инфракрасного обогревателя

В работах [8–10] описываются возможности организации совместного движения каталитического наполнителя и сжигаемой смеси в общем реакционном потоке, в рамках которого время взаимодействия каталитического наполнителя и сжигаемой смеси увеличивается.

На базе предложенных авторами разработок предложен вариант конструктивного решения инфракрасного обогревателя с направленным движением каталитического наполнителя, представленный на рисунках 1, 2.

Рассмотрим процесс функционирования инфракрасного каталитического обогревателя с направленным движением каталитического наполнителя в вертикальном исполнении (Рис. 1).

Каталитическая система состоит из двух трубопроводов – подъемная и реакционная труба, выполненных в виде спиралей. Основной процесс окисления осуществляется в реакционной трубе, которая является больше по размеру, чем подъемная. В реакционной трубе каталитический наполнитель и сжигаемая смесь (поток I) движутся в противоположных направлениях (сжигаемая смесь вверх, каталитический наполнитель вниз).

При этом подъемная труба используется для доставки каталитического наполнителя с помощью потока сжигаемой смеси (поток II) в верхнюю точку реакционной трубы.

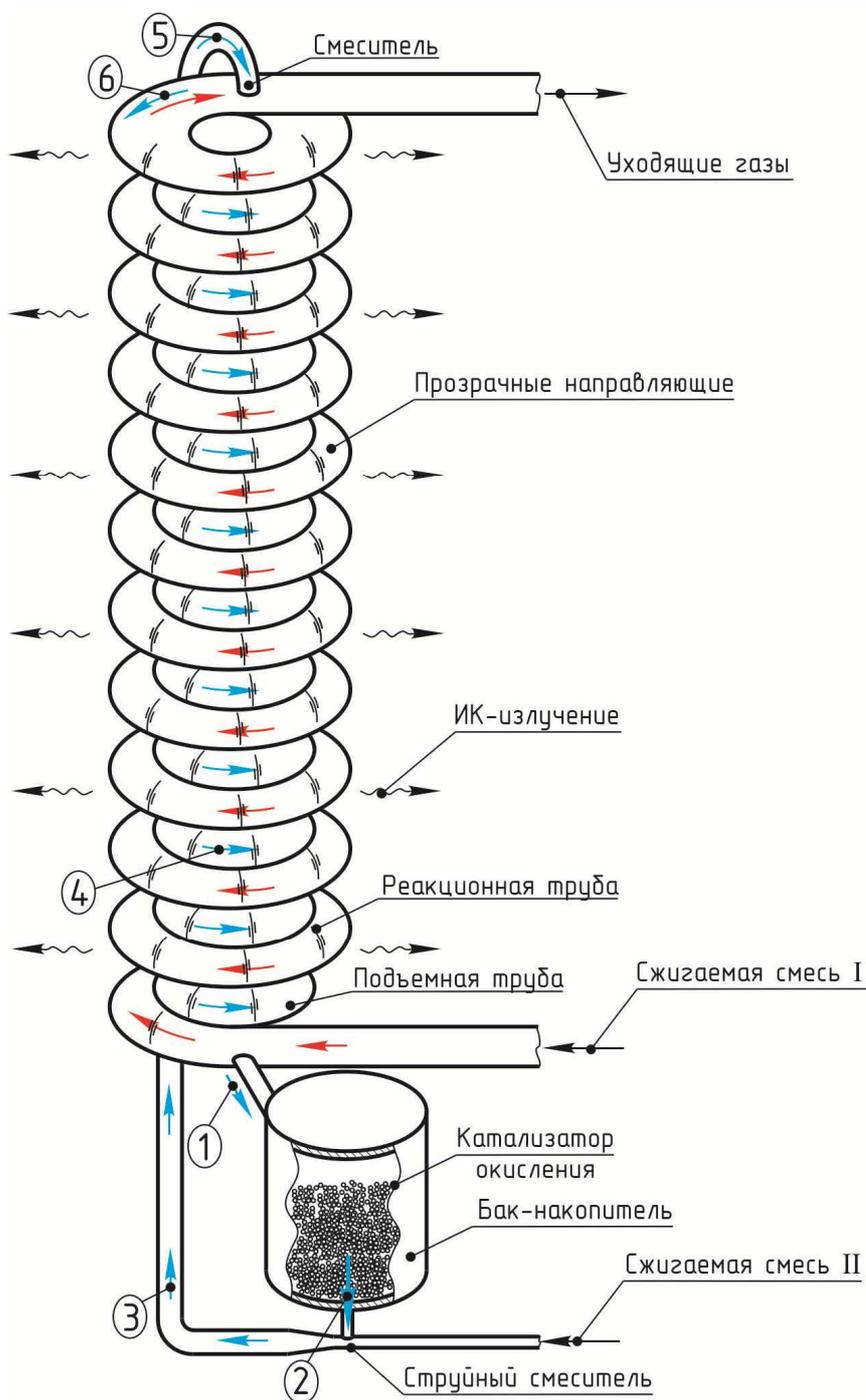


Рисунок 1. Инфракрасный каталитический обогреватель с направленным движением каталитического наполнителя в вертикальном исполнении

Процесс 1, обозначенный на рисунке 1, представляет собой процесс отвода каталитического наполнителя из реакционной трубы в нижней ее

точке в бак-накопитель. Отвод осуществляется по касательной к спирали реакционной трубы, чтобы отделение наполнителя происходило под действие центробежной силы. Затем из бака-накопителя в течение процесса 2 с помощью струйного смесителя осуществляется подача каталитического наполнителя в подъемную трубу, по которой протекает поток сжигаемой смеси II. В рамках процесса 3 каталитический наполнитель увлекается вверх по подъемной трубе потоком сжигаемой смеси, осуществляется предварительный подогрев смеси. В течение процесса 4 осуществляется подъем каталитического наполнителя по подъемной трубе, который сопровождается процессом взаимодействия наполнителя со сжигаемой смесью с выделением теплоты. В результате в процессе подъема каталитический наполнитель прогревается настолько, что начинает излучать инфракрасное излучение, которое беспрепятственно проходит через лучепрозрачный материал подъемной трубы в обогреваемое помещение. В рамках процесса 5 происходят смешение потоков уходящих газов из подъемной и реакционной труб и подача нагретого каталитического наполнителя в реакционную трубу. В рамках процесса 6 каталитический наполнитель движется под действием силы тяжести вниз по реакционной трубе противоположно восходящему потоку сжигаемой смеси I. В результате сжигаемая смесь взаимодействует с каталитическим наполнителем с выделением теплоты, и нагретый наполнитель отдает теплоту в виде инфракрасного излучения обогреваемому помещению. Внизу реакционной трубы повторяется процесс отвода наполнителя 1.

В процессе функционирования каталитической системы в помещение могут не подаваться уходящие после процесса горения газы, если это обусловлено производственными условиями. При этом в реакционной трубе организуется более интенсивный процесс каталитического окисления за счет обеспечения предварительного обогрева катализатора в

подъемной трубе, и обеспечиваются равномерные температурные условия по длине реакционной трубы ввиду организации разнонаправленного движения каталитического наполнителя и сжигаемой смеси.

Каталитический наполнитель проходит следующие зоны: *предварительного подогрева наполнителя*, которая занимает всю подъемную трубу; *догорания*, которая расположена в верхней части реакционной трубы; *интенсивного горения*, которая расположена в нижней части реакционной трубы; и *возврата*, в которую входят бак-накопитель, струйный смеситель, нижняя часть подъемной трубы.

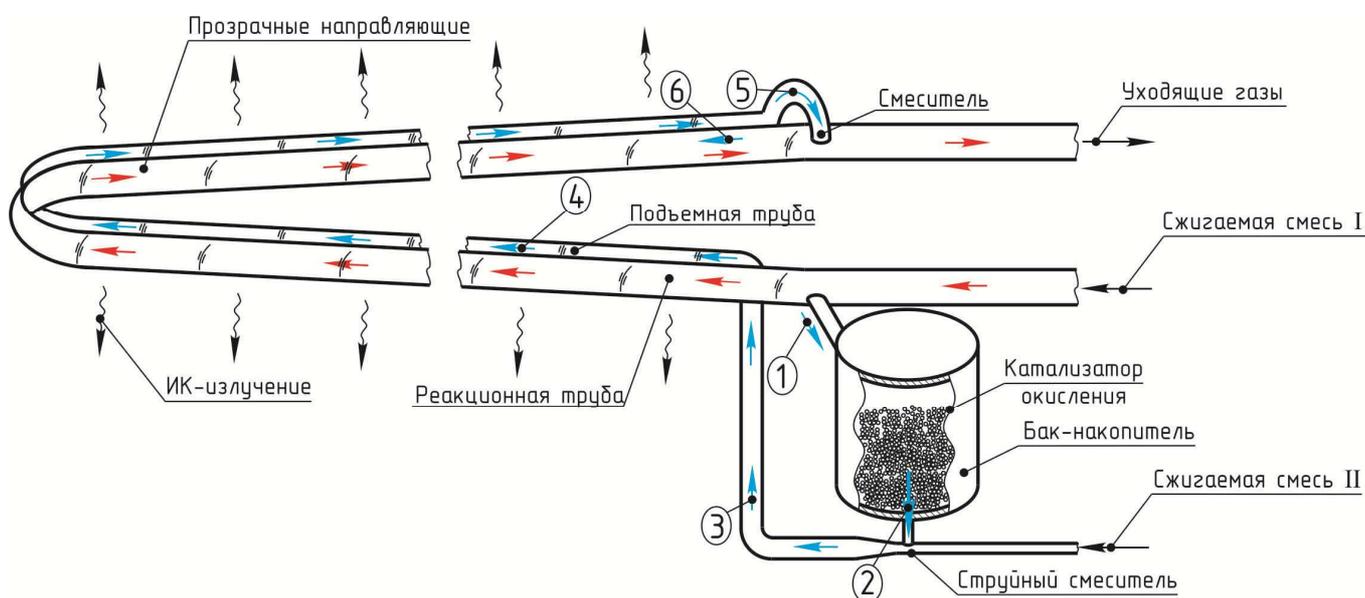


Рисунок 2. Инфракрасный каталитический обогреватель с направленным движением каталитического наполнителя в горизонтальном исполнении

Рассмотрим процесс функционирования инфракрасного каталитического обогревателя с направленным движением каталитического наполнителя в горизонтальном исполнении (рис. 2). Каталитическая система в горизонтальном исполнении состоит из таких же элементов, как и в вертикальном исполнении, однако подъемная и реакционная трубы имеют другую форму. Трубопроводы выполняются в виде вытянутых горизонтальных участков с небольшим уклоном, позволяющим перемещаться каталитическому наполнителю вниз по

реакционной трубе под действием силы тяжести. Процессы 1–6, представленные на рисунке 6 аналогичны описанным выше.

Таким образом, использование каталитических систем с направленным движением наполнителя позволяет организовать более интенсивный процесс каталитического окисления за счет обеспечения предварительного обогрева катализатора в подъемной трубе и обеспечить равномерные температурные условия в каталитической системе ввиду организации разнонаправленного движения каталитического наполнителя и сжигаемой смеси.

Комплекс инфракрасных обогревателей и специальных материалов

Использование инфракрасных каталитических устройств обогрева обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционным отоплением. В традиционных устройствах обогрева для передачи теплоты используются промежуточные теплоносители (вода, воздух помещений) и распространение теплоты в обогреваемом объекте непосредственно связано с движением теплоносителя. Инфракрасные обогреватели, используя другой способ распространения теплоты, позволяют исключить промежуточный теплоноситель и передавать теплоту непосредственно обогреваемому объекту или определённому участку.

В связи с этим использование комплекса, состоящего из системы инфракрасных обогревателей и специальных материалов (рисунок 3), позволяет организовать процесс обогрева производственного комплекса на совершенно новом уровне. Вначале необходимо выделить в рамках обогреваемого производственного объекта элементы, участки, оборудование и т.д., которые не требуют подвода к ним теплоты.

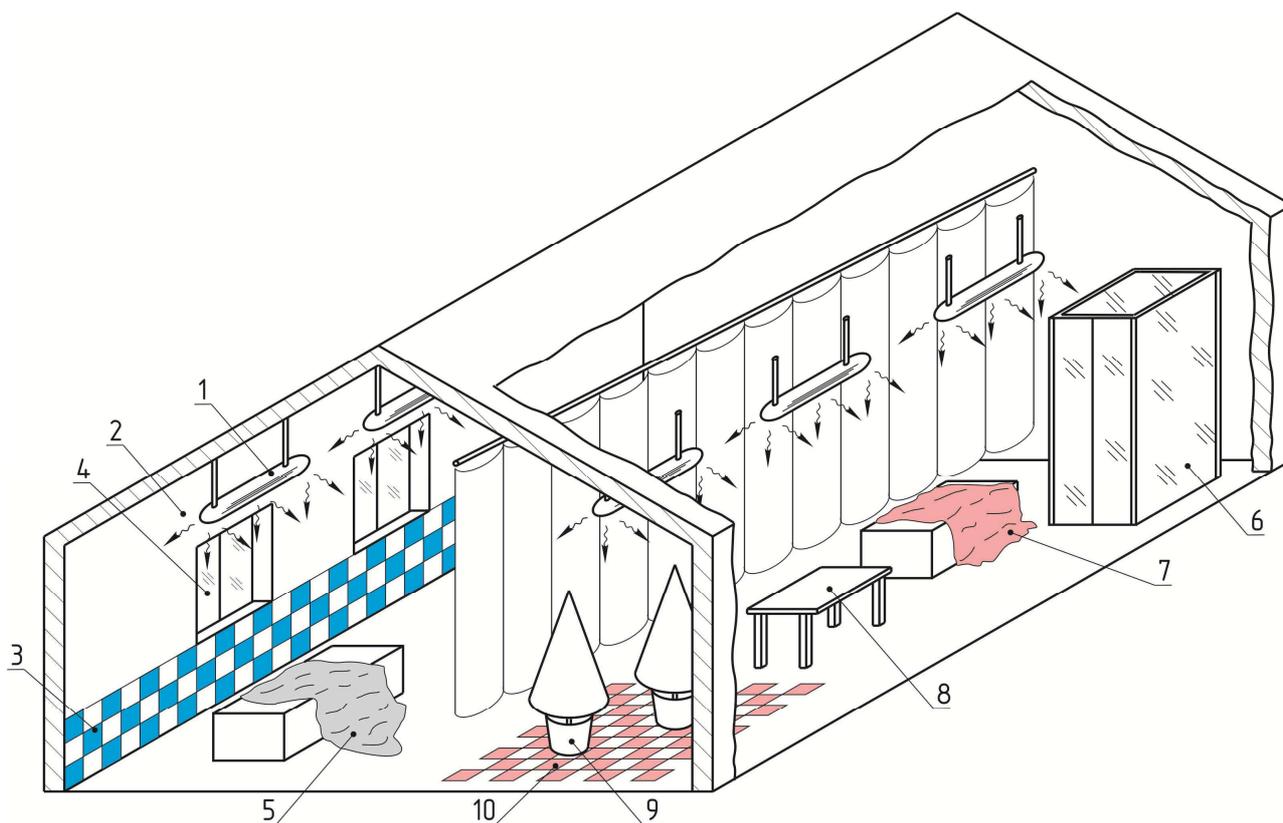


Рисунок 3. Комплекс инфракрасных обогревателей и специальных материалов

Для исключения потерь энергии, которая в традиционных системах тратится на нагрев выделенных элементов, возможно применение следующих специальных материалов:

- ИК-отражающие лакокрасочные покрытия (2 на рис. 3) для длительного исключения обогрева выбранных элементов;
- ИК-отражающие строительные материалы (3 на рис. 3) для постоянного исключения;
- ИК-отражающие стекла (4 на рис. 3) для блокирования инфракрасной части спектра, но пропускания видимой;
- ИК-отражающие покрывные материалы (5 на рис. 3) для временного исключения обогрева выбранных элементов.

Оставшиеся элементы, участки и т.д. в производственном объекте представляют собой потребителей тепловой энергии. Обогрев выбранных элементов может производиться без использования специальных

материалов (9 на рис. 3) при достаточном поглощении инфракрасного излучения объектом обогрева, либо с использованием следующих специальных материалов:

- ИК – поглощающие стекла (6 на рис. 3) для поглощения инфракрасной части спектра, но пропускающая видимой;

- ИК – поглощающие покрывные материалы (7 на рис. 3) для временной интенсификации обогрева объекта;

- ИК – поглощающие лакокрасочные покрытия (8 на рис. 3) для длительного повышения эффективности обогрева выбранного элемента;

- ИК – поглощающие строительные материалы (10 на рис. 3) для постоянного повышения эффективности.

Таким образом, использование комплекса инфракрасных обогревателей и специальных материалов позволяет организовать максимально эффективную систему обогрева помещения, которая позволяет экономить энергоресурсы за счет исключения из системы обогрева элементов, не требующих обогрева, и повышения эффективности передачи теплоты к элементам, требующим обогрева, то есть исключается необоснованное энергопотребление и повышается эффективность обоснованного.

Статья подготовлена в рамках выполнения исследований, поддержанных стипендией Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам на 2012–2014 годы.

Список литературы

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. Медяков А. А. Инфракрасные обогреватели с нестационарным каталитическим наполнителем / А.А. Медяков, Е. М. Онучин, А.Д. Каменских // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]*. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №05(89). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/84.pdf>.
8. Сидыганов Ю.Н. Нестационарные каталитические системы для утилизации биогаза / Ю.Н. Сидыганов, А.А. Медяков, А.Д. Каменских, П.Н. Анисимов // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]*. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №04(78). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/46.pdf>, 1,000 у.п.л.
9. Сидыганов Ю.Н. Повышение эффективности разрабатываемых каталитических систем для утилизации биогаза / Ю.Н. Сидыганов, А.А. Медяков, А.Д. Каменских, П.Н. Анисимов // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]*. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №04(78). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/47.pdf>, 0,875 у.п.л.
10. Медяков А.А. Разработка новых каталитических систем для процессов получения биогаза / Медяков А.А., Каменских А.Д. // *Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование*. - 2011. - № 3. – С. 88-94.

References

1. Luk'janov, B. N. Jekologicheski chistoe okislenie uglevodorodnyh gazov v kataliticheskijh 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 РАН – REVERS-PROCESS - Kataliticheskaja ochistka othodjashhih gazov [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa:

http://www.catalysis.ru/block/index.php?ID=3&SECTION_ID=1483, svobodnyj. (In Russian)

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

7. Medjakov A. A. Infekrasnye obogrevateli s nestacionarnym kataliticheskim napolnitelem / A.A. Medjakov, E. M. Onuchin, A.D. Kamenskih // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №05(89). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/84.pdf>. (In Russian)

8. Sidyganov Ju.N. Nestacionarnye kataliticheskie sistemy dlja utilizacii biogaza / Ju.N. Sidyganov, A.A. Medjakov, A.D. Kamenskih, P.N. Anisimov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №04(78). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/46.pdf>, 1,000 u.p.l.

9. Sidyganov Ju.N. Povyshenie jeffektivnosti razrabatyvaemyh kataliticheskikh sistem dlja utilizacii biogaza / Ju.N. Sidyganov, A.A. Medjakov, A.D. Kamenskih, P.N. Anisimov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №04(78). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/47.pdf>, 0,875 u.p.l.

10. Medjakov A.A. Razrabotka novyh kataliticheskikh sistem dlja processov poluchenija biogaza / Medjakov A.A., Kamenskih A.D. // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie. - 2011. - № 3. – S. 88-94.