

УДК 66.097.3

UDC 66.097.3

05.00.00 Технические науки

Technical science

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

**THEORETICAL STUDIES OF THE HEATING
SYSTEM OF A CATTLE-BREEDING COMPLEX**

Медяков Андрей Андреевич
к.т.н.
SPIN-код=5189-6826,
AuthorID= 707819

Medyakov Andrei Andreevich
Cand.Tech.Sci.
SPIN-code= 5189-6826,
AuthorID= 707819

Онучин Евгений Михайлович
к.т.н.
SPIN-код=5242-8873
AuthorID=400607

Onuchin Evgeniy Mikhailovich
Cand.Tech.Sci.
SPIN-code=5242-8873
AuthorID=400607

Каменских Александр Дмитриевич
ст. преподаватель
SPIN-код=2689-1168
AuthorID= 611232

Kamensky Alexander Dmitrievich
senior lecturer
SPIN-code=2689-1168
AuthorID=611232

Ласточкин Денис Михайлович
к.т.н.
SPIN-код=7597-7487
Scopus ID= 57190291451

Lastochkin Denis Mihajlovich
Cand.Tech.Sci.
SPIN-code=7597-7487
Scopus ID= 57190291451

Свечников Владимир Николаевич
ст. преподаватель
SPIN-код= 5168-8533,
AuthorID= 846273
*Поволжский государственный технологический
университет, Йошкар-Ола, Россия*
MedyakovAA@volgatech.net
OnuchinEM@volgatech.net
KamenskihAD@volgatech.net
[LastochkinDM@volgatech.net](mailto>LastochkinDM@volgatech.net)
SvechnikovVN@volgatech.net

Svechnikov Vladimir Nikolaevich
senior lecturer
SPIN-code= 5168-8533,
AuthorID=846273
*Volga State University of Technology, Ioshkar-Ola,
Russia*
MedyakovAA@volgatech.net
OnuchinEM@volgatech.net
KamenskihAD@volgatech.net
[LastochkinDM@volgatech.net](mailto>LastochkinDM@volgatech.net)
SvechnikovVN@volgatech.net

В статье приводится описание процесса моделирования работы системы теплоснабжения животноводческого комплекса. Представлены графики, отражающие влияние технологических параметров системы теплоснабжения животноводческого комплекса с каталитическим устройством сжигания на параметры энергетической эффективности системы и на параметры, характеризующие стабильность температурных условий в животноводческом комплексе

The article describes the modeling process of the heating system operation of a livestock-breeding complex. It presents graphs reflecting the influence of technological parameters of heat supply system of cattle-breeding complex with a catalytic combustion device on the parameters of energy efficiency of the system and the parameters characterizing the stability of the temperature conditions in the livestock sector

Ключевые слова: КАТАЛИТИЧЕСКОЕ СЖИГАНИЕ, СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Keywords: CATALYTIC INCINERATION, HEAT SUPPLY SYSTEM, MATHEMATICAL MODELING, ENERGY EFFICIENCY

Doi: 10.21515/1990-4665-130-068

Введение

Предприятия сельскохозяйственного комплекса являются лидерами по объему потребляемой энергии. Значительную долю в общем объеме энергопотребления, занимают объекты, занимающиеся разведением и содержанием животных. В среднем на отопление и вентиляцию животноводческого комплекса на 400 голов КРС расходуется 362 тыс. кВт•ч в год. Однако, существующие технологии и оборудование, применяемые на крупных фермах, не рассчитаны под специфику работы семейных ферм.

Для комплексного решения проблем очистки вентилируемого воздуха, утилизации органических отходов жизнедеятельности животных и повышения эффективности семейных молочных ферм с биогазовыми установками целесообразно применение устройства каталитического окисления биогаза.

Работа устройства каталитического окисления основана на принципе каталитического горения (окисление топлива на поверхности катализатора).

Устройства каталитического окисления биогаза обеспечивают полноту сгорания биогаза и уменьшение количества вредных выбросов в атмосферу, за счет снижения температуры протекания реакции. При удалении из помещения воздуха с вредными веществами, через устройство каталитического окисления биогаза, происходит его очистка, а после дымовые газы можно использовать для обогрева помещений. [1-10]

Теоретические исследования. При исследовании процессов, протекающих при функционировании системы теплоснабжения животноводческого комплекса с устройством каталитического окисления биогаза, выбран метод математического моделирования, описывающий:

1) состояние объекта, на который оказывает воздействие система отопления с устройством каталитического окисления биогаза;

2) воздействия, оказываемые системой теплоснабжения с устройством каталитического окисления биогаза на объект теплоснабжения.

Существенным факторами, влияющим на эффективность функционирования технико-технологических систем отопления на базе устройств каталитического окисления биогаза для теплоснабжения животноводческого комплекса, являются [11]:

- обеспечение оптимальной и равномерной температуры в животноводческом комплексе для жизнедеятельности, роста и размножения продуктивных пород сельскохозяйственных животных;

- обеспечение минимального потребления биогенного топлива технико-технологической системой для теплоснабжения животноводческого комплекса (обеспечения условия энергетической эффективности системы теплоснабжения).

Для оптимизации конструктивно-технологических параметров технико-технологических систем с устройством каталитического окисления биогенных газообразных топлив для теплоснабжения животноводческого комплекса, необходимо исследовать нестационарный процесс передачи тепловой энергии от системы теплоснабжения к помещению животноводческого комплекса.

Для упрощения описания нестационарных процессов передачи тепловой энергии при функционировании устройства каталитического окисления предлагается использовать метод элементарных балансов. Суть метода в том, что объем помещения животноводческого комплекса разбивается на элементарные геометрические формы, в пределах каждой из которых параметры приближенно принимаются одинаковыми. Величины тепловых потоков, средние за элементарный промежуток времени, являются пропорциональными среднему для этого промежутка температурному градиенту при условии равномерности изменения температур в течение элементарного промежутка времени, а повышение

теплосодержания объема пропорциональным повышению его температуры. Это позволяет представить задачу в виде системы уравнений, решение которой представляет собой состояние системы на следующем элементарном промежутке времени [11,12].

Таким образом, принимаются следующие допущения:

- помещение животноводческого комплекса заменяется дискретной моделью;
- модель времени является дискретной с шагом в интервал моделирования;
- состояние объекта (животноводческого комплекса) изменяется равномерно за интервал моделирования.

В результате помещение животноводческого комплекса и процесс передачи тепловой энергии при обогреве представляются в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1. В соответствии со схемой процесс обогрева животноводческого комплекса осуществляется следующим образом. В систему вентиляции подается приточный воздух, который предварительно подогрет в каталитическом устройстве сжигания. Затем воздух распределяется по помещению через централизованную систему воздухораспределения и подается в помещение (1). Схема воздухораспределения между ячейками, принятая при моделировании, показана стрелками. Удаление воздуха из помещения производится через вентиляционное отверстие в крыше здания (2).

В соответствии с принятыми допущениями имитационная математическая модель функционирования технико-технологической системы для теплоснабжения животноводческого комплекса была реализована на ЭВМ в среде Microsoft Office Excel с использованием возможностей встроенного пакета Visual Basic for Application. Внешний вид математической модели представлен на рисунке 2.

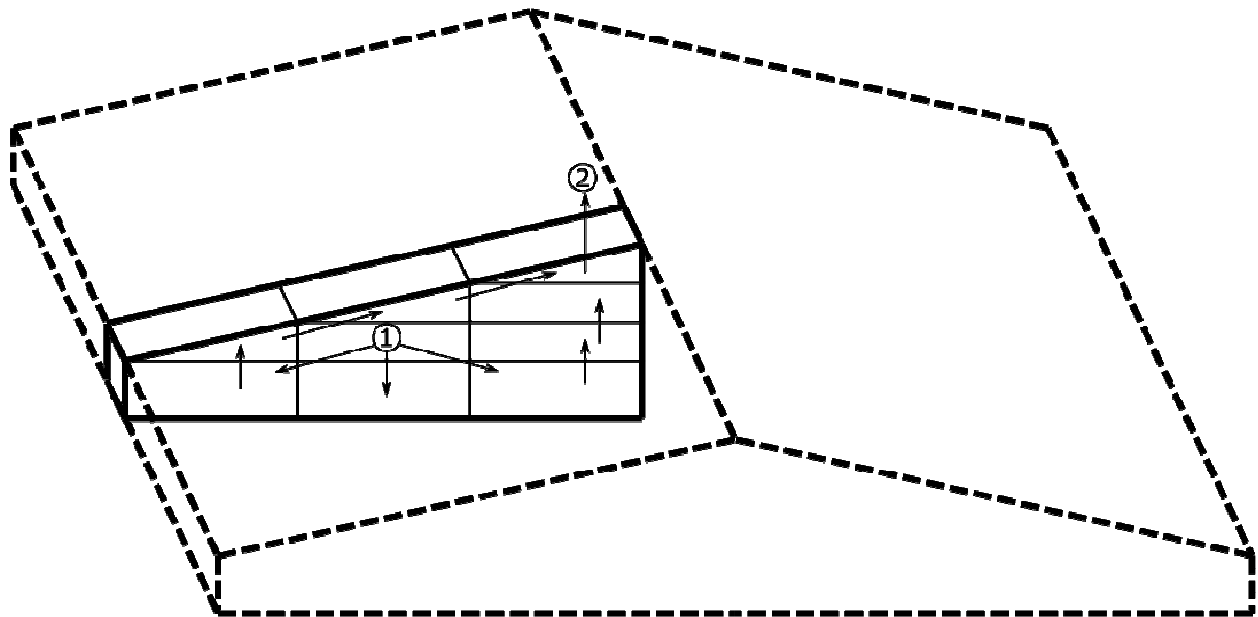


Рисунок 1 – Общая схема процесса теплоснабжения животноводческого комплекса: 1 – место подачи нагретого воздуха в комплекс; 2 – место выхода воздуха из комплекса

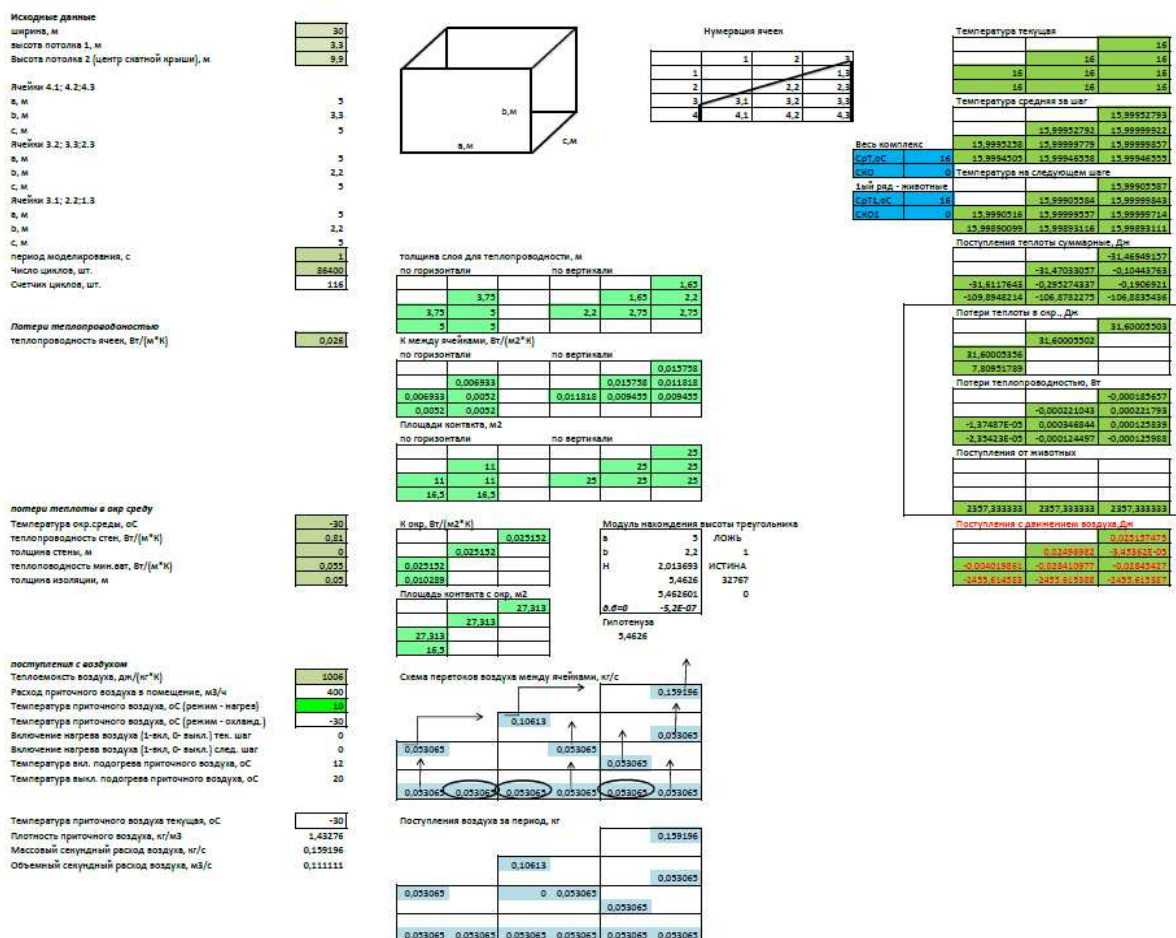


Рисунок 2 – Внешний вид математической модели процесса теплоснабжения животноводческого комплекса

На разработанной математической модели была проведена серия вычислительных экспериментов, в рамках которых моделировался суточный цикл работы системы теплоснабжения животноводческого комплекса при температуре наружного воздуха -30°C . В качестве входных факторов вычислительного эксперимента на основании априорного ранжирования были приняты «температура подаваемого воздуха», «расход подаваемого воздуха» на одно животное. Уровни варьирования выбранных входных факторов представлены в таблице 1.

Для полученных значений отклика средней температуры внутри животноводческого комплекса (СрТ1) и среднего квадратичного отклонения температуры от средней внутри комплекса (СКО1) построены графики, представленные на рисунке 3. При увеличении температуры подаваемого воздуха в 2 раза незначительно снижаются (менее 1%) средняя температура воздуха и среднее квадратичное отклонение температуры от средней внутри животноводческого комплекса. При увеличении расхода воздуха на 27 % увеличивается средняя температура воздуха на 3,3 % и среднее квадратичное отклонение температуры от средней на 9,1% внутри животноводческого комплекса.

Таблица 1 – Уровни варьирования количественных входных факторов вычислительного эксперимента в исследуемой области

№ п/п	Фактор	Уровни варьирования				
		1	2	3	4	5
1	Температура подаваемого воздуха, $^{\circ}\text{C}$	10	12,5	15	17,5	20
2	Расход подаваемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$	50	55	60	65	70

Для полученных значений отклика средней температуры внутри животноводческого комплекса (СрТ1) и среднего квадратичного отклонения температуры от средней внутри комплекса (СКО1) построены

графики, представленные на рисунке 3. При увеличении температуры подаваемого воздуха в 2 раза незначительно снижаются (менее 0,6 %) средняя температура воздуха и среднее квадратичное отклонение температуры от средней внутри животноводческого комплекса. При увеличении расхода воздуха на 27 % увеличивается средняя температура воздуха на 3,3 % и среднее квадратичное отклонение температуры от средней на 9,1% внутри животноводческого комплекса.

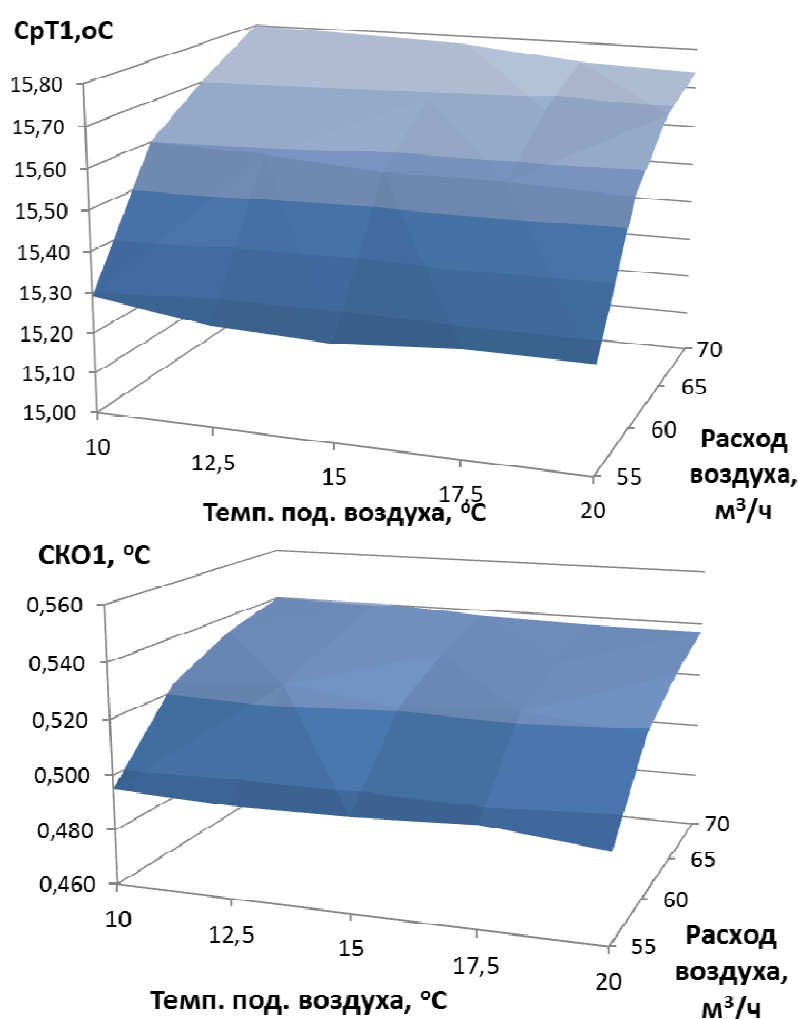


Рисунок 3 – Параметры равномерности обогрева внутри комплекса

Для полученных значений отклика средней температуры в зоне пребывания животных ($CpT2$) и среднего квадратичного отклонения температуры от средней в зоне пребывания животных ($SKO2$) построены

графики, представленные на рисунке 4. При увеличении температуры подаваемого воздуха в 2 раза незначительно снижаются (менее 1,5%) средняя температура воздуха и среднее квадратичное отклонение температуры от средней в зоне пребывания животных. При увеличении расхода воздуха на 27 % увеличивается средняя температура воздуха на 3,4 % и среднее квадратичное отклонение температуры от средней на 8,5% в зоне пребывания животных.

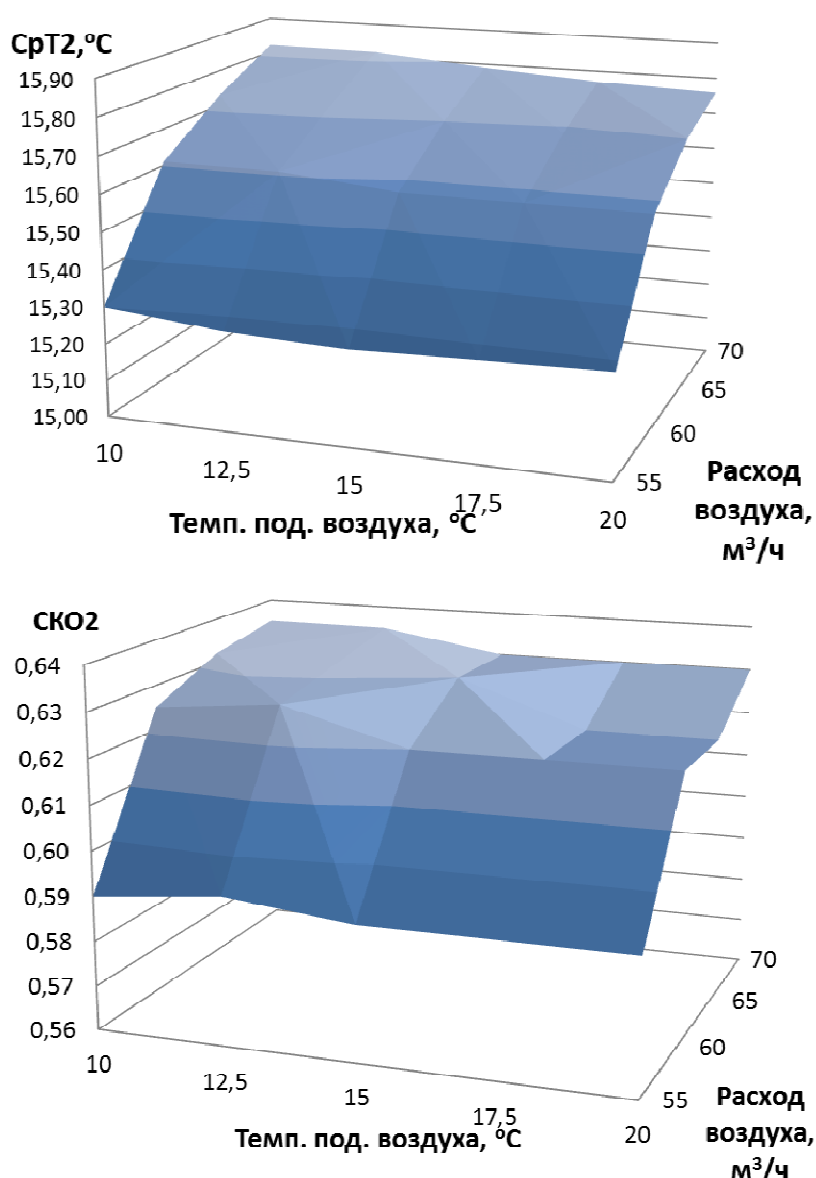


Рисунок 4 – Параметры равномерности обогрева в зоне пребывания животных

Для полученных значений расхода топлива для обогрева животноводческого комплекса (Расход топлива) построен график, представленный на рисунке 5. При увеличении температуры подаваемого воздуха в 2 раза увеличивается на 4% расход топлива для обогрева животноводческого комплекса. При увеличении расхода воздуха на 27 % расход топлива увеличивается с нулевых значений до 10 м^3 .

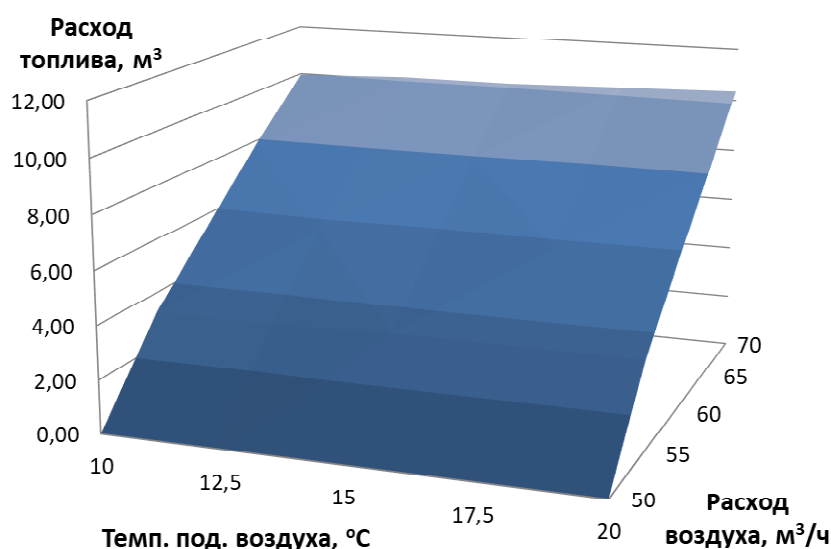


Рисунок 5 – Расход топлива для обогрева животноводческого комплекса

Выводы.

1. Была разработана и программно реализована математическая модель процесса работы системы теплоснабжения животноводческого комплекса на базе каталитического устройства сжигания биогаза, которая позволяет оценить эффективность работы системы в зависимости от технологических параметров.

2. По результатам вычислительного эксперимента установлено, что температура подаваемого в помещение воздуха (в выбранном диапазоне моделирования) существенно не влияет на среднюю температуру внутри животноводческого комплекса и на расход потребляемого биогаза, однако изменение расхода подаваемого воздуха оказывает заметное влияние на

среднюю температуру внутри животноводческого комплекса и существенное влияние на количество потребляемого топлива.

Библиографический список

1. Лукьянов Б. Н. Экологически чистое окисление углеводородных газов в каталитических нагревательных элементах // Химия в интересах устойчивого развития. – 2001. – №9. – с. 667 – 677
2. van Giezen J.C., Intven M., Meijer M. D. et al. The development of novel metal-based combustion catalysts // Catal. Today. – 1999. - № 47. – p. 191-197
3. Zhi-yong P., Chao-yang D. A novel two-stage process for catalytic oxidation of methane to synthesis gas // Ranliao Huaxue Xuebao. – 2000. - № 4. – p. 348.
4. Theophilos P., Xenophon V. Development of a novel heat-integrated wall reactor for the partial oxidation of methane to synthesis gas // 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 (дата обращения 7.05.2013).
6. Ismagilov Z. R., Kerzhentsev M. A. Fluidized bed catalytic combustion / // Catal. Today. – 1999. - № 47. – p. 339-346.
7. Сидыганов Ю.Н., Медяков А.А., Каменских А.Д., Анисимов П.Н. Нестационарные каталитические системы для утилизации биогаза // 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>, свободный (дата обращения 7.05.2013).
8. Сидыганов Ю.Н., Медяков А.А., Каменских А.Д., Анисимов П.Н. Повышение эффективности разрабатываемых каталитических систем для утилизации биогаза // 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>, свободный (дата обращения 7.05.2013).
9. Медяков А.А., Каменских А.Д. Разработка новых каталитических систем для процессов получения биогаза // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. - 2011. - № 3. – С. 88-94.
10. Сидыганов, Ю.Н. Каталитические устройства сжигания для аварийной и технологической утилизации газообразных углеводородов / Ю.Н. Сидыганов, А.А. Медяков, А.Д. Каменских // Химическое и нефтегазовое машиностроение: 9/2014 – Москва: ООО «ТисоПринт», 2014. – С. 34-37.
11. Сидыганов, Ю.Н. Имитационная математическая модель функционирования системы теплоснабжения животноводческого комплекса на базе каталитического устройства сжигания / 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, 2014. – №07(101). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/122.pdf>.

12. Сидыганов Ю.Н. Имитационная математическая модель функционирования каталитических систем для производства и преобразования энергии при анаэробной переработке органических отходов животноводства / Ю.Н. Сидыганов, 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. – №07(91). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/25.pdf>.

References

1. Luk'janov B. N. Jekologicheski chistoe okislenie uglevodorodnyh gazov v kataliticheskix nagrevatel'nyh jelementah // Himija v interesah ustojchivogo razvitija. – 2001. – №9. – s. 667 – 677

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

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

4. Theophilos P., Xenophon V. Development of a novel heat-integrated wall reactor for the partial oxidation of methane to synthesis gas // 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 (data obrashhenija 7.05.2013).

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

7. Sidyganov Ju.N., Medjakov A.A., Kamenskih A.D., Anisimov P.N. Nestacionarnye kataliticheskie sistemy dlja utilizacii biogaza // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Краснодар: KubGAU, 2012. – №04(78). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/46.pdf>, svobodnyj (data obrashhenija 7.05.2013).

8. Sidyganov Ju.N., Medjakov A.A., Kamenskih A.D., Anisimov P.N. Povysenie jeffektivnosti razrabatyvaemyh kataliticheskix sistem dlja utilizacii biogaza // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Краснодар: KubGAU, 2012. – №04(78). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/47.pdf>, svobodnyj (data obrashhenija 7.05.2013).

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

10. Sidyganov, Ju.N. Kataliticheskie ustrojstva szhiganija dlja avarijnoj i tehnologičeskij utilizacii gazoobraznyh uglevodorodov / Ju.N. Sidyganov, A.A. Medjakov, A.D. Kamenskih // Himičeskoe i neftegazovoe mashinostroenie: 9/2014 – Moskva: OOO «TisoPrint», 2014. – S. 34-37.

11. Sidyganov, Ju.N. Imitacionnaja matematičeskaja model' funkcionirovanija sistemy teplosnabženija životnovodčeskogo kompleksa na baze katalitičeskogo ustrojstva

szhiganija / 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, 2014. – №07(101). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/122.pdf>.

12. Sidyganov Ju.N. Imitacionnaja matematicheskaja model' funkcionirovanija kataliticheskikh sistem dlja proizvodstva i preobrazovanija jenerгии pri anajerobnoj pererabotke organicheskikh othodov zhivotnovodstva / Ju.N. Sidyganov, 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. – №07(91). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/25.pdf>.