

A.G. Sergeev // Vestnik NGIEI. – 2020. – No. 7 (110). – S. 25-36.

14. Savinykh, P.A. Sovershenstvovanie sposobov izmelcheniya zerna // P.A. Savinykh, K.E. Mironov // Vestnik NGIEI. – 2011. – Т. 2. – No. 5 (6). – S. 109-115.

15. Sergeev, A.G. Malozatratnaya ustanovka dlya proizvodstva zernovoy patoki / A.G. Sergeev, P.A. Savinykh, S.Yu. Bulatov, V.N. Nechaev, A.E. Shamin // Selskiy mekhanizator. – 2020. – No. 5-6. – S. 26-27.



УДК 636.6;620.953;662.761

Н.Н. Фахреев
N.N. Fakhreyev

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ПОДСТИЛОЧНОГО ПОМЕТА ПТИЦЫ МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАРОВОЙ ГАЗИФИКАЦИИ

THE EXPERIMENTAL STUDIES OF LITTER POULTRY MANURE UTILIZATION BY THERMAL DECOMPOSITION THROUGH STEAM GASIFICATION

Ключевые слова: подстилочный помет, утилизация, газификация, синтез-газ, состав синтез-газа, высококалорийное топливо, эксперимент, лабораторное сопровождение.

Приводится проблема, заключающаяся в низкой экологичности и экономической эффективности применения известных методов утилизации помета птицы. Предлагается техническое решение в виде модернизации газификационных установок путем применения альтернативного газифицирующего агента – пара. Представлены установка и методика экспериментальных исследований, включающая порядок работы установки, контролируемых параметров газификации помета птицы и приборном сопровождении, выбраны критерии модернизации в виде содержания горючих соединений в синтез-газе и концентрации оксида азота. В качестве факторов были взяты температура в газификационной камере, количество пара, подаваемого в газификационную камеру. Приведены результаты экспериментов в виде табличных данных с уравнениями реакций, протекающими в газификационной камере. В результате анализа экспериментальных данных было доказано, что при паровой газификации качество синтез-газа увеличивается и достигает значений 11203-11233 кДж/кг. Оптимальное количество подаваемого пара составляет 0,220-0,273 кг/кг. Концентрация оксида азота при паровой газификации достигает 10^{-5} мольных долей при влажности помета, равной 35%.

Keywords: litter manure, utilization, gasification, synthesis gas, synthesis gas composition, high-energy fuel, experiment, laboratory support.

The problem of the low environmental friendliness and economic efficiency of using the known methods of poultry manure disposal is discussed. A technical solution is proposed in the form of modernization of gasification plants by using an alternative gasification agent - steam. The installation and the experimental research methodology are presented, including the operation of the installation, the controlled parameters of gasification of poultry manure and instrumental support; the criteria for modernization in the form of the content of combustible compounds in the synthesis gas and the concentration of nitrogen oxide are selected. The temperature in the gasification chamber and the amount of steam supplied to the gasification chamber were taken as factors. The results of the experiments are presented in the form of tabular data with the equations of reactions proceeding in the gasification chamber. As a result of the analysis of experimental data it was proved that during steam gasification, the quality of synthesis gas increases and reaches values of 11203-11233 kJ kg. The optimal amount of supplied steam is 0.220-0.273 kg kg. The concentration of nitrogen oxide during steam gasification reaches 10^{-5} molar fractions with manure moisture content of 35%.

Фахреев Наиль Насихович, ст. преп., Казанский государственный энергетический университет. Тел.: (843) 519-43-24. E-mail: fakhreevnn@mail.ru.

Fakhreyev Nail Nasikhovich, Asst. Prof., Kazan State Power Engineering University. Ph.: (843) 519-43-24. E-mail: fakhreevnn@mail.ru.

Введение

На сегодняшний день птицеводческие предприятия занимают значительные территории, отводимые под полигоны для хранения отходов, которые нередко располагаются вблизи водных объектов и являются серьезным источником негативного воздействия на окружающую среду (ОС) [2-4].

Согласно Информационно-техническому справочнику наилучших доступных технологий ИТС-42-2017 «Интенсивное разведение сельскохозяйственной птицы» данные актуальные проблемы должны решаться одновременно как задачи повышения энергетической эффективности и экологической безопасности при разведении сельскохозяйственной птицы.

На современном этапе развития науки и техники для достижения поставленных задач согласно информационно-техническому справочнику по наилучшим доступным технологиям ИТС-9-15 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)» является технология газификации.

Существуют различные виды газификационных установок, работающих на различных видах топлива. Вместе с тем для птицеводческих ферм актуальной задачей является разработка газификационных установок с использованием птицеводческих отходов с альтернативным видом газифицирующего агента (пар). Использование данного вида газификационных установок позволит повысить энергетическую эффективность птицеводческих ферм путем использования автономного источника энергоснабжения (электрическая, тепловая, механическая) и одновременно решить экологические проблемы утилизации птицеводческих отходов путем их термической разложения. Эффективность использования данного вида газификационной установки повышается с использованием альтернативного вида газифицирующего агента (пара), который позволяет повысить качество вырабатываемого синтез-газа.

Исходя из обозначенной проблемы **целью** работы является экспериментальное изучение процесса газификации помета в газификационной установке с применением альтернативного газифицирующего агента (пар). Рабочая научная гипотеза состоит в том, что применение в газификационных установках пара в качестве

газифицирующего агента позволит получить более экологически чистый и энергетически ценный синтез-газ.

Для достижения поставленной цели необходимо экспериментально решить следующие **задачи**:

- 1) проанализировать влияние температуры в газификационной камере на процесс образования горючих соединений при паровой газификации;
- 2) оценить экологическую составляющую паровой газификации.

Объекты и методы

Объектом исследования является процесс термического разложения в газификационной камере экспериментальной установки, где в качестве предмета выступала зависимость концентрации горючих соединений от температуры нагрева при паровой газификации.

Исследования показателей газификации с применением паровой газификации проводились на экспериментальной установке [7] (рис. 1).

Масса сырья одной засыпки составляла 5000 г. Сырьем являлся ПП с размером фракций 1-5 мм и влажностью от 45 до 76%.

Основной порядок работы установки состоит в следующем: сырье загружается через загрузочный люк 6, корпус 1 нагревается от электронагревателей, пар подается от парогенератора 2. Теплоноситель (пар), проникая через слой сырья, создает кипящий слой и тем самым интенсифицирует процесс теплообмена с сырьем без применения дополнительных перемешивающих устройств. Синтез-газ выходит через патрубок 3, который проходит через конденсатор 4 выход синтез-газа через 4 контролировался газоанализатором «Комета-М». Измерения проводились с привлечением аккредитованной лаборатории, результаты замеров заносились в протоколы. Контролируемыми параметрами во всех сериях экспериментов являлись – т-ра в зоне газификации; количество пара в диапазоне 0,220-0,273 кг/кг [1]; состав СГ и его влажность. Эксперименты проводились в 3 повторах. Газификация считалась завершенным, когда на газоанализаторе показывало «0». В качестве форм протоколов экспериментов применялись переработанные протоколы по ГОСТ 31346-

2007 «Установки для переработки помета. Методы испытаний».

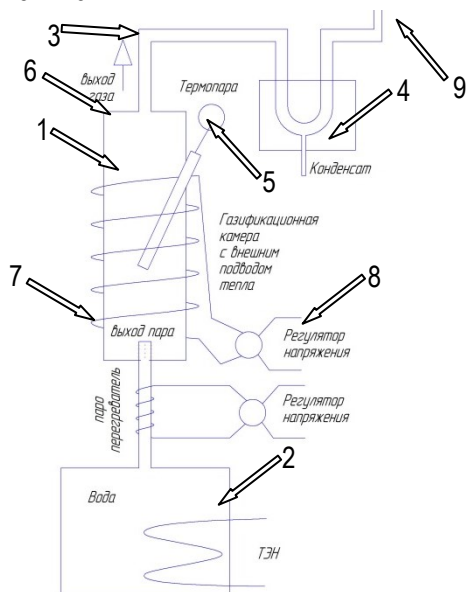


Рис. 1. Общая принципиальная схема экспериментальной газификационной установки с альтернативным газифицирующим агентом (пар):

- 1 – корпус газогенератора; 2 – парогенератор;
- 3 – выходной патрубок; 4 – конденсатор;
- 5 – термопара; 6 – загрузочный люк;
- 7 – внешние электронагреватели;
- 8 – регуляторы; 9 – факел, пробоотборник

Результаты и их обсуждение

Проведя экспериментальные исследования зависимости выхода горючих соединений от таких факторов как количества газифицирующего агента и температуры, выяснилось следующее.

1. Вырабатываемый CH_4 при высоких температурах преобразуется в H_2 и CO (табл. 1).

Из данных таблицы 1 следует, что при увеличении температуры снижается концентрация CH_4 , но согласно реакции [5] $CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$, вырабатываемый CH_4 при высоких температурах преобразуется в H_2 и CO , тем самым не снижая его высокие топливные свойства.

Таблица 1

Концентрация горючих соединений в синтез-газе

Наименование горючей части, г/кг синтез-газа	Температура, К			
	773	973	1173	1273
CO	25	35	40	45
CH ₄	50	5	0	0
H ₂	50	85	90	95

2. При увеличении концентрации H_2O снижается эмиссия NO [1] (табл. 2).

Таблица 2

Содержание NO в зависимости от присутствия H_2O в мольных долях (численно равные объемным долям)

Балластовое соединение в синтез-газе, χ	Влажность, %			
	10	20	30	35
NO	10^{-4}	$10^{-4,5}$	$10^{-4,8}$	10^{-5}

В таблице 2 наблюдается снижение концентрации такого вредного для окружающей среды соединения, как NO . Такое наблюдение описывается следующими реакциями: $2NO + 2CO \rightarrow N_2 + 2CO_2$ и $C + CO_2 = 2CO$.

После серии экспериментов с применением пара в качестве альтернативного газифицирующего агента результаты показывают высокую согласованность с теоретическими математическими расчетами (рис. 2) [1].

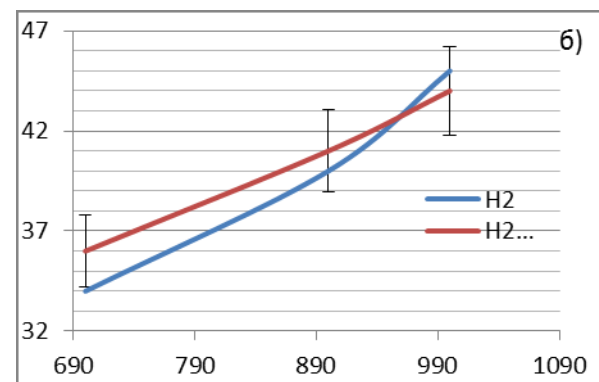
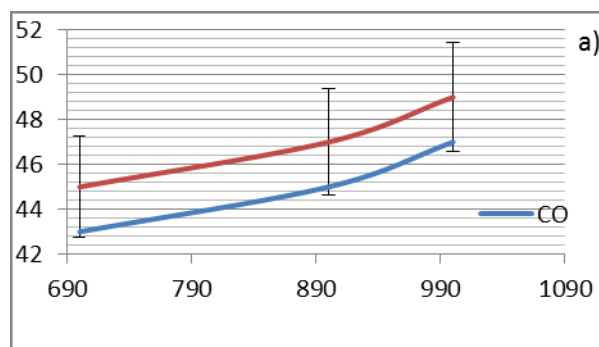


Рис. 2. График сопоставления расчетных и экспериментальных данных для CO (а) и H_2 (б)

По рисунку 2 можно судить, что математическая модель, ранее разработанная авторами, адекватно описывает происходящие процессы при паровой газификации помета птицы.

Выводы

1. При увеличении температуры газификации помета выход энергетически ценных продуктов увеличивается. Теплотворная способность синтез-газа оценивается на уровне 11203-11233 кДж/кг, значение которого близко к бурым углям и может составить конкуренцию при использовании в качестве альтернативного топлива для энергоснабжения собственных нужд птицеводческих предприятий.

2. Рассчитанное авторами оптимальное количество пара в диапазоне 0,220-0,273 кг/кг позволяет достичь наилучшего выхода горючих соединений при паровой газификации помета.

3. Экспериментально доказано благоприятное влияние паровой газификации на экологическую обстановку в зоне эксплуатации установки вследствие снижения эмиссии NO, что позволит птицеводческим предприятиям избежать расходов за экологическую загрязнение окружающей среды.

4. Полученный синтез-газ предлагается использовать на электропривод устройств механизации птичников (системы кормораздачи, системы удаления помета и др.).

Библиографический список

1. Demin, A., Dyganova, R., Fakhreev, N. (2020). Thermo-chemical equilibrium modeling and simulation of biomass gasification. *E3S Web of Conferences*. 161. 01081. Doi: 10.1051/e3sconf/202016101081.
2. Бартниковский, С. П. Антропогенное воздействие на окружающую среду промышленного птицеводства (на примере ОАО «Шушенская птицефабрика») / С. П. Бартниковский. – Текст: непосредственный // Экология южной Сибири и сопредельных территорий. – 2015. – Т. 1, вып. 19. – С.135.
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация

предприятий, сооружений и иных объектов. – Текст: непосредственный.

4. Обеззараживание куриного помета ультрафиолетовым облучением / Д. В. Гурьянов, В. Д. Хмыров, Р. В. Папихин, М. В. Маслова. – Текст: непосредственный // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 11. – С. 52-54.

5. Ajay, K., Jones, D., Hanna, M. (2009). Thermochemical Biomass Gasification: A Review of the Current Status of the Technology. *Energies*. 2. Doi: 10.3390/en20300556.

6. Суховеркова, В. Е. Способы утилизации птичьего помета, представленные в современных патентах / В. Е. Суховеркова – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 9 (143). – С. 45-55.

7. Патент 2283987 Рос. Федерация, МПК F23G 5/027. Способ термической переработки бытовых и промышленных отходов / Кокарев В. А., Кокарев В. В.; заявитель и патентообладатель В. А. Кокарев, В. В. Кокарев. – № 2004108243/03; заявл. 24.03.04; опубли. 20.09.06, Бюл. № 26. – Текст: непосредственный.

References

1. Demin, A., Dyganova, R., Fakhreev, N. (2020). Thermo-chemical equilibrium modeling and simulation of biomass gasification. *E3S Web of Conferences*. 161. 01081. Doi: 10.1051/e3sconf/202016101081.
2. Bartnovskiy S.P. Antropogennoe vozdeystvie na okruzhayushchuyu sredyu promyshlennogo ptitsevodstva (na primere OAO "Shushenskaya ptitsefabrika") // *Ekologiya Yuzhnoy Sibiri i sopredelnykh territoriy*. – 2015. Vyp. 19. – Т.1. – S. 135.
3. SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Sanitarno-zashchitnye zony i sanitarnaya klassifikatsiya predpriyatiy, sooruzheniy i inykh ob"ektov».
4. Guryanov D.V., Khmyrov V.D., Papikhin R.V., Maslova M.V. Obezrazhivanie kurinogo pometa ultrafioletovym oblucheniem // *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. – 2018. – No. 11. – S. 52-54.
5. Ajay, K., Jones, D., Hanna, M. (2009). Thermochemical Biomass Gasification: A Review of the

Current Status of the Technology. *Energies*. 2. Doi: 10.3390/en20300556.

6. Sukhoverkova V.E. Sposoby utilizatsii ptichego pometa, predstavlennye v sovremennykh patentakh // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – No. 9 (143). – S. 45-55.

7. Sposob termicheskoy pererabotki bytovykh i promyshlennykh otkhodov: pat. 2283987 Ros. Federatsiya: MPK F23G 5/027 / Kokarev V.A., Kokarev V.V.; заявитель и патентообладатель Kokarev V.A., Kokarev V.V. – No. 2004108243/03; заявл. 24.03.04; опubl. 20.09.06, Byul. No. 26.



УДК 621.313.3

К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев
K.M. Usanov, V.A. Kargin, A.V. Volgin, A.P. Moiseyev

ОЦЕНКА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ УДАРНЫХ МАШИН

THE ANALYSIS OF OPERATING MODES OF ELECTROMAGNETIC IMPACT MACHINES

Ключевые слова: линейный электромагнитный двигатель, погружение стержневых элементов, энергия удара, ударная мощность, мощность потерь.

Применение ударных машин с линейными электромагнитными двигателями (ЛЭМД) на объектах АПК, например, для погружения металлических стержневых элементов в грунт, представляется вполне эффективным ввиду относительно малого энергопотребления, непосредственного преобразования электрической энергии в механическую работу и сравнительно высоких удельных показателей. Для таких машин характерен частотный режим работы с форсированным энергопреобразованием с повышенными значениями отношений мощности потерь к полезной механической, достигающие 1,2-5,5 из-за относительно низкого КПД. Применение интенсивных способов охлаждения для уменьшения перегрева сводит на нет главное преимущество этих машин – их конструктивную простоту и надёжность. При оценке технологических возможностей таких устройств представляется важной задачей определения приближёнными методами из условия

допустимого нагрева энергии и частоты ударов якоря для характерных режимов работы ударных машин с ЛЭМД. При определении расчётных соотношений исходили из одномерности температурного поля обмотки и независимости теплофизических параметров элементов двигателя от нагрева. Повторно-кратковременный режим действия ударной машины с ЛЭМД состоит из циклов «работа – пауза» с определёнными значениями относительной продолжительности включения, определяемыми отношением интервалов работы и всего цикла. Получено общее уравнение перегрева двигателя в конце цикла в повторно – кратковременном режиме. Для режима непрерывных срабатываний ЛЭМД из условия допустимого нагрева определены приближёнными методами энергия и частота ударов якоря при условии одномерности температурного поля обмотки и независимости теплофизических параметров элементов двигателя от нагрева. Полученные выражения могут быть использованы лишь для предварительной, приближённой оценки тепловых режимов электромагнитных ударных машин, например, на этапе их проектирования.