

УДК 636.6;620.953;662.761

UDC 636.6;620.953;662.761

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ПОМЕТА ПТИЦЫ МЕТОДОМ ПАРОВОЙ ГАЗИФИКАЦИИ

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF THERMAL DECOMPOSITION OF POULTRY DROPPINGS USING THE METHOD OF STEAM GASIFICATION

Дыганова Роза Яхиевна
д.б.н., профессор, заведующий кафедрой,
Почетный работник высшего профессионального образования РФ, Почетный работник науки и техники РФ
dyganova.roza@yandex.ru

Dyganova Roza Yakhievna
Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Honorary Worker of Science and Technology of the Russian Federation
dyganova.roza@yandex.ru

Фахреев Наиль Насихович
ст. преподаватель
РИНЦ SPIN-код= 8081-2833, Scopus Author ID= 57202993583, orcid id= 0000-0002-0975-1682
fakhreevnn@mail.ru
Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия, 420066, ул. Красносельская д.51

Fakhreev Nail Nasikhovich
senior lecturer
RSCI SPIN code = 8081-2833, Scopus Author ID = 57202993583, orcid id = 0000-0002-0975-1682
fakhreevnn@mail.ru
Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia, 420066, Krasnoselskaya, 51

В статье рассмотрена законодательная база по внедрению наилучших технологических решений для птицеводства по утилизации многотоннажных отходов. Предложена установка для получения из отходов птицеводства энергетических ресурсов, обосновано применение паровой газификации при заданных контролируемых параметрах

The article discusses the legal framework for the implementation of the best technological solutions for poultry farming for the disposal of multi-tonnage waste. We have proposed an installation for obtaining energy resources from poultry waste; the use of steam gasification has been substantiated with given controlled parameters

Ключевые слова: ПОМЕТ, ГАЗИФИКАЦИЯ, УСТАНОВКА, ЭКСПЕРИМЕНТЫ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Keywords: LITTER, GASIFICATION, INSTALLATION, EXPERIMENTS, ENERGY EFFICIENCY

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-162-011>

В настоящее время помет птицы при предварительной подготовке допускается использовать на сельскохозяйственных угодьях в качестве органо-минерального удобрения, Вместе с тем отходы птицеводства являются источником вторичных ресурсов для дальнейшей утилизации в целях получения энергии [1].

Отходы птицеводческой отрасли Федеральным классификационным каталогом отходов относят к 3 и 4 классу опасности, а птицеводческие предприятия исходя от производительности, относятся к 1 и 2 категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду и,

следовательно, относятся к областям применения наилучших доступных технологий [2].

Согласно Информационно-технического справочника 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 информационно-техническим справочником наилучших доступных технологий ИТС-9-15 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)» является технология газификации.

Метод газификации на сегодняшний день изучен достаточно хорошо как отечественными, так и зарубежными исследователями [3,4].

При наращивании производственных мощностей, связанных с сокращением реализуемого многотоннажного отхода особую актуальность приобретает использование альтернативных способов утилизации, в том числе газификации, так как полученный синтез-газ возможно использовать в качестве топлива для производства тепловой и электрической энергии.

Обоснование применения технически более сложно реализуемой газификации в сравнении с прямым сжиганием является показатель теплотворной способности, так при прямом сжигании помета возможно получить до 10718 кДж тепловой энергии [5], а при газификации полученный синтез-газа имеет теплотворную способность 14447 кДж / кг [6] который кроме использования в качестве котельного топлива можно использовать в двигателях внутреннего сгорания для выработки электрической энергии.

Очевидно, что метод и технология газификации является перспективной для утилизации многотонажных отходов птицеводства.

Целью исследования являлось повышение эффективности процесса газификации на основе математического моделирования и экспериментального подтверждения использования альтернативного газифицирующего агента (пар)- паровая газификация с внешней подачей тепловой энергии.

Для определения эффективности использования паровой газификации на 1 этапе были проведены математические расчеты учитывающая многокомпонентную реагирующую систему в состоянии термодинамического и химического равновесия включающая 45 веществ: Ar, O, H, N, C, S, NO₂, OH, H₂, O₂, H₂O, CO, CO₂, CH₄, C₂H₂, C₂H₄, C₂H₆, CH₃, CH₂, CH, C₂H, C₂H₃, C₂H₅, H₂CO, HCO, HC₂O, N₂H₂, N₂H, NH₃, NH₂, NH, HNO, HCN, CN, NCO, NO, NO₂, N₂O, N₂, H₂S, HS, S₂, SO, SO₂, C* и при постоянном значении давления и температуры, состояние равновесия соответствовало минимальному значению изобарно-изотермического потенциала G (энергия Гиббса) [7].

При паровой газификации протекают следующие реакции [4]:

1. $2C + O_2 = 2CO$ (реакция частичного окисления)
2. $C + O_2 = CO_2$ (полная реакция окисления)
3. $C + 2H_2 = CH_4$ (реакция гидрогазификации)
4. $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ (реакция конверсии водяного газа)
5. $CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$ (реакция парового риформинга)
6. $C + H_2O = CO + H_2$ (реакция водяного газа)
7. $C + CO_2 = 2CO$ (реакция Boudourd)

Расчетные значения теплотворной способности синтез-газа полученные из горячей части биомассы были значительно ниже, чем теплотворная способность синтез-газа, получаемая с внешней подачей тепловой энергии. Это в первую очередь из-за наличия негорючих

веществ, в основном N_2 и в меньшей степени H_2O и CO_2 . Результаты расчета приведены в таблице (табл.1).

Таблица 1 – Параметры синтез-газа при газификации птичьего помета

параметр	значение			
Коэф.изб.воздуха	0,0	0,1	0,2	0,3
H_2 , %об.	52,50	39,38	29,36	21,94
CO , %об.	43,9	37,59	29,49	23,19
N_2 , %об.	2,61	18,13	29,42	37,95
H_u , кДж/кг	11201	8990	6887	5292
$H_u^{d,b}$, кДж/кг	11233	9259	7410	5882

Так же были проведены расчеты по моделированию выхода горючих компонентов входящих в синтез-газ H_2 , CO и CH_4 , так при достижении температуры $700^\circ C$ метан во взаимодействии с парами воды (см. реакцию 5) разлагается на не менее теплотворный водород и углерода оксид.

На 2 этапе исследований авторами разработана экспериментальная установка по конструкции аналогичная [8], но в качестве газифицирующего агента использован альтернативный газифицирующий агент (пар) (рис. 2).

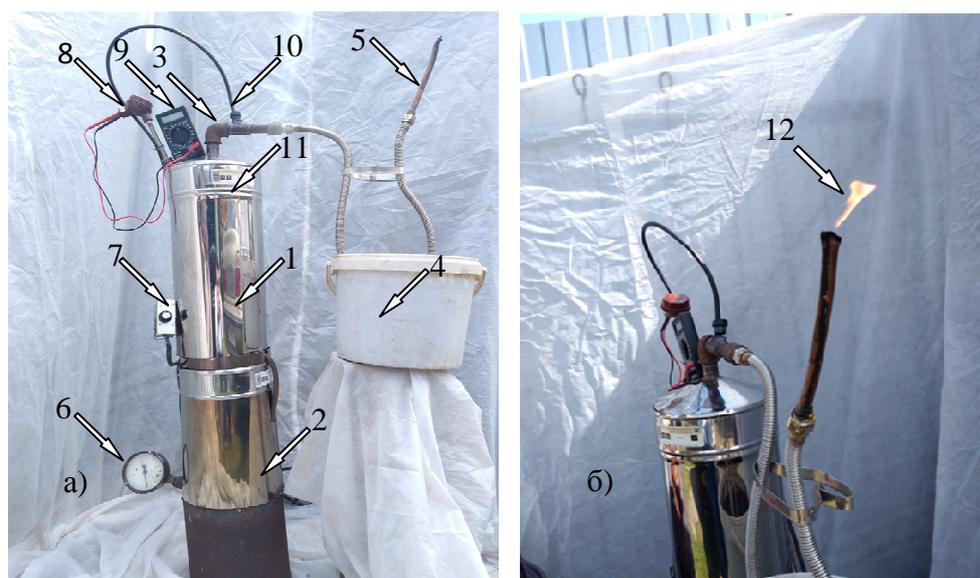


Рисунок 2 – Экспериментальная газификационная установка с альтернативным газифицирующим агентом (пар) (а) и воспламенение синтез-газа (б):

1-корпус газогенератора; 2-парогенератор; 3- выходной штуцер; 4- конденсатор; 5- факел; 6-манометр; 7-регулятор; 8- термопара; 9- мультиметр; 10- пробоотборное отверстие; 11- загрузочный люк.

Серией экспериментов по изучению влияния пара и температуры нагрева проводились с использованием свежего и высушенного подстилочного помета и определялись:

1. Удельный выход синтез-газа при этом контролируемые параметрами являлся - пар в диапазоне 0,220 - 0,273 кг/кг [7];

2. Выход синтез-газа и его влажность. Контролируемые параметры- температура в зоне газификации.

Соответствующее измерительное сопровождение эксперимента проводились при поддержке аккредитованной в порядке предусмотренной законодательством Российской Федерации Эколого-химической лаборатории Инжинирингового центра КГЭУ. Так же в соответствии с требованиями к достоверности результатов, эксперименты проводились в 3 повторах.

Газификация считалась завершенным, когда на газоанализаторе показывало значение «0».

На 3 этапе исследований проводилось сопоставление результатов математического моделирования [7] и экспериментальных данных (рис.3).

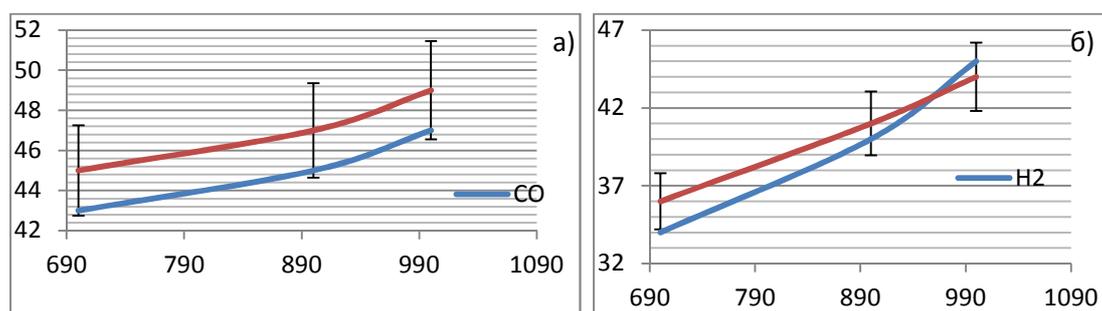


Рисунок 3 – График сопоставления расчетных и экспериментальных данных для CO (а) и H₂ (б)

После серии экспериментов с применением пара в качестве альтернативного газифицирующего агента результаты показывают

высокую согласованность с теоретическими и математическими расчетами.

Список литературы

1. Постановление правительства Российской Федерации от 25 января 2018 г. № 84-«Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» // <http://www.consultant.ru>
2. Постановление Правительства РФ от 28 сентября 2015г. N 1029 "Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий" // <http://www.consultant.ru>
3. Попов, В.Н. Инновационные способы переработки биоотходов птицеводства [Текст] / В.Н.Попов, О.С.Корнеева, О.Ю.Искусных, А.Ю.Искусных // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. - 2020. - Т. 82. №1(83). - С. 194-200.
4. Kumar, A. Thermochemical Biomass Gasification: A Review of the Current Status of the Technology / Ajay Kumar, David D. Jones, Milford A. Hanna [Text] // *Energies*. - 2009. – 2. - P.556-581.
5. Гусев, В. А. Перспективы использования подстилочного помета для получения тепла и удобрения (Текст) / Гусев В. А., Салеева И.П.. // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 5-й Международной конференции (16-17 мая 2006 года, г. Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 5-ти частях. Часть 3. Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике. - М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006.- 420 с.
6. Burra K.G. Syngas evolutionary behavior during chicken manure pyrolysis and air gasification (Text) / K.G.Burra, M.S Hussein., R.S.Amano, A.K. Gupta // *Applied Energy*. – 2016.- 181.- P. 408–415.
7. Demin A.V. Thermo-chemical equilibrium modeling and simulation of biomass gasification (Text)/ A.V.Demin, R.Ya.Dyganova, N.N. Fakhreev // *International Conference onduction and Processing (ICEPP-2020), E3S Web of Conferences.-2020.- 161, 01081.- P. 1-3.*
8. Способ термической переработки бытовых и промышленных отходов [Текст] : пат. 2283987 Рос. Федерация : МПК F23G 5/027 / Кокарев В.А., Кокарев В.В. ; заявитель и патентообладатель Кокарев В.А., Кокарев В.В. - № 2004108243/03 ; заявл. 24.03.04; опубл. 20.09.06, Бюл. № 26.

References

1. Postanovlenie pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 25 janvarja 2018 g. № 84-«Strategija razvitija promyshlennosti po obrabotke, utilizacii i obezvrezhivaniju othodov proizvodstva i potreblenija na period do 2030 goda» // <http://www.consultant.ru>
2. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 28 sentjabrja 2015g. N 1029 "Ob utverzhdenii kriteriev otnesenija ob#ektov, okazyvajushhih negativnoe vozdejstvie na okruzhajushhuju sredu, k ob#ektam I, II, III i IV kategorij" // <http://www.consultant.ru>
3. Popov, V.N. Innovacionnye sposoby pererabotki bioothodov pticevodstva [Tekst] / V.N.Popov, O.S.Korneeva, O.Ju.Iskusnyh, A.Ju.Iskusnyh // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tehnologij*. - 2020. - T. 82. №1(83). - S. 194-200.
4. Kumar, A. Thermochemical Biomass Gasification: A Review of the Current Status of the Technology / Ajay Kumar, David D. Jones, Milford A. Hanna [Text] // *Energies*. - 2009. – 2. - R.556-581.

5. Gusev, V. A. Perspektivy ispol'zovaniya podstilochnogo pometa dlja poluchenija tepla i udobrenija (Tekst) / Gusev V. A., Saleeva I.P. // Jenergoobespechenie i jenergosberezhenie v sel'skom hozjajstve. Trudy 5-j Mezhdunarodnoj konferencii (16-17 maja 2006 goda, g. Moskva, GNU VIJeSH). V 5-ti chastjah. Chast' 3. Jenergosberegajushhie tehnologii v zhivotnovodstve i stacionarnoj jenergetike. - M.: GNU VIJeSH, 2006.- 420 s.

6. Burra K.G. Syngas evolutionary behavior during chicken manure pyrolysis and air gasification (Teht) / K.G.Burra, M.S Hussein., R.S.Amano, A.K. Gupta // Applied Energy. – 2016.- 181.- R. 408–415.

7. Demin A.V. Thermo-chemical equilibrium modeling and simulation of biomass gasification (Teht)/ A.V.Demin, R.Ya.Dyganova, N.N. Fakhreev // International Conference on duction and Processing (ICEPP-2020), E3S Web of Conferences.-2020.- 161, 01081.- P. 1-3.

8. Sposob termicheskoj pererabotki bytovyh i promyshlennyh othodov [Tekst] : pat. 2283987 Ros. Federacija : MPK F23G 5/027 / Kokarev V.A., Kokarev V.V. ; zajavitel' i patentoobladatel' Kokarev V.A., Kokarev V.V. - № 2004108243/03 ; zajavl. 24.03.04; opubl. 20.09.06, Bjul. № 26.