УДК 620.9-662.653

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-47-3-23-26

В.Н. Делягин, Н.М. Иванов, В.А. Патрин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИХРЕВОЙ АДИАБАТИЧЕСКОЙ ТОПКИ, РАБОТАЮЩЕЙ НА ВОДОУГОЛЬНОМ ТОПЛИВЕ, В СИСТЕМАХ УТИЛИЗАЦИИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВЫСОКОВЛАЖНЫХ ОТХОДОВ

Ключевые слова: отходы сельскохозяйственных предприятий; термическая утилизация; обеззараживание отходов; водоугольное топливо; вихревая топка.

Введение. Термическая утилизация отходов – наиболее эффективный способ утилизации и обеззараживания отходов производства. Основным недостатком данного способа – большие энергетические затраты, обуславливающие высокую стоимость утилизации отходов жизнедеятельности животных (ОЖЖ). Для повышения энергетического КПД, снижения затрат на утилизацию и обеззараживание отходов целесообразно использование вихревой адиабатической топки, работающей на водоугольном топливе, в составе тепловой станции (котельной), расположенной на животноводческом (птицеводческом) комплексе. Утилизируемый материал – ОЖЖ влажностью до 70–80 %. В качестве исходного сырья для получения водоугольного топлива могут быть использованы уголь или отходы углеобогащения. Использование вихревой адиабатической топки позволяет снизить теплотери; вследствие циркуляционного движения увеличивается время нахождения в топке как самих частиц топлива, так и утилизируемого материала, тем самым достигается требуемая полнота сгорания смеси. Использование вихревой адиабатической топки, работающей в режиме утилизации высоковлажных отходов без досушивания материала, имеет свою специфику. Для оптимизации процесса утилизации отходов необходимо определить рациональные параметры режима утилизации ОЖЖ без досушивания материала в реальных условиях. Оценка эффективности утилизации ОЖЖ (сухого остатка) на теплоэнергетиче-

ском комплексе должна быть выполнена в сравнении с использованием отходов производства в качестве традиционного источника удобрений.

Материалы и методы. На экспериментальном теплогенераторе (рисунок 1) в СибИМЭ СФНЦА РАН совместно со специалистами «НПП Сибэкотехника» были проведены исследования по термической утилизации высоковлажных отходов жизнедеятельности животных в вихревой адиабатической топке. Энергоносителем является суспензионное водоугольное топливо, приготовленное из отходов обогащения угля на основе фильтр-кека углеобогательной фабрики.

Схема проведения эксперимента по непосредственному сжиганию в энергетической установке нормализованного (дискретно) до влажности 40–80 % свиного навоза:

- производится запуск и выход на рабочий режим адиабатической топки. Для предварительного нагрева топки использовалась дизельная горелка;

- в ходе эксперимента с использованием компьютеризированного измерительного комплекса на базе СПТ 960, СП-сети фиксируются рабочие параметры процесса. Результаты эксперимента записываются на HDD ноутбука, соединенного по RS 232 с СПТ 960. Измеряемые параметры: температура топки, температура уходящих газов, температура воздуха после теплообменника $t_{то}$, масса уходящих дымовых газов – $G_{дг}$, расход топлива – B_i ;

– из резервуара хранения отходов с помощью питателя-дозатора подается порция ОЖЖ с заданной влажностью $W_{вл}$ и весом G_i ;

– в течение 15 минут фиксируются температура топki t_t и дымовых газов $t_{дг}$, температура воздуха после теплообменника $t_{то}$;

– при устойчивом процессе горения после 20...30 минут подается следующая порция ОЖЖ с массой, увеличенной на 10 %. При отрицательной динамике температуры в топке процесс завершается. Фиксируются предельная масса G_i и влажность $W_{вл}$ ОЖЖ.

Рисунок 1
Экспериментальный теплогенератор для утилизации отходов

Количество подаваемого ОЖЖ в топочное пространство регулируется дозатором-питателем. Температура в топке поддерживалась на уровне 1050–1100 °С с использованием частотно-регулируемого привода. Для оценки эффективности данного способа утилизации определен эффект от использования отходов как стоимость снижения объемов потребления минеральных удобрений. Оценка проводится для свинооткормочного комплекса на 108 тыс. голов и птицефабрики на 500 тыс. голов. Суммарная стоимость замещаемого удобрения определяется с учетом коэффициента использования питательных веществ: азота – 30 %, фосфора – 70 %, калия – 80 %.

Транспортные затраты (без учета внесения удобрений) приняты в размере 20 % от оптовой стоимости удобрений. Экономический эффект от использования отходов в качестве топлива определен как эффект от замещения основного топлива (уголь). Методика определения технико-экономических параметров производства тепловой энергии (себестоимость производства тепловой энергии) соответствует общепринятой [1].

Для предварительной оценки экологического эффекта от утилизации отходов углеобогащения и выбросов вредных веществ использована методика НИИ атмосферы [2–4].

Результаты. Проведенные экспериментальные исследования показали, что для термической утилизации ОЖЖ с исходной влажностью до 80 % потребуется соотношение подачи ВУТ и ОЖЖ до 3:1. Сокращение данного соотношения до (1.2–1.1):1 может обеспечить термическая сушка ОЖЖ до 45÷50 %. При данных показателях технологического процесса обеспечивается устойчивая работа теплогенератора. При этом кроме снижения расхода основного топлива уменьшается выделяемая тепловая мощность в процессе утилизации более чем в 2 раза, что может быть актуально при минимальных отопительных нагрузках котельной в теплый период года. Результаты расчета экономического эффекта от использования отходов в качестве удобрений представлены в таблице 1, от использования отходов в качестве топлива – в таблице 2.

Таблица 1 Оценка эффективности использования отходов в качестве удобрений

Показатель		Птицефабрика	Свинокомплекс
Объем отходов (сухой остаток), т/год		11163	14772
Содержание	– азота (N)	490	285
	– фосфора (P_2O_5)	467	401
	– калия (K_2O)	239	127
Суммарная стоимость замещаемых удобрений с учетом коэффициента использования, р/год		17167683	11103048

Таблица 2 Оценка эффективности использования отходов в качестве энергоносителя для тепловых процессов

Показатель	Птицефабрика	Свинокомплекс
Объем отходов (сухой остаток), т/год	11163	14772
Энергосодержание, Гкал	47852	56134
Стоимость замещающего топлива (газ, уголь), руб.	62206950	42100166

Использование отходов углеобогащения для термической утилизации отходов животноводства и птицеводства крупных животноводческих комплексов позволяет получить дополнительный экологический эффект (таблица 3) за счет нейтрализации основных поллютантов – 1500...2000 р./т потребляемого топлива (без учета нейтрализации фенола, этилформиата, гексановой кислоты и пропаналя). Себестоимость производства тепловой энергии по предложенной технологической схеме (водоугольное топливо, приготовленное из отходов углеобогащения при транспортном плече 100–150 км + высоковлажные отходы) составила 400...750 руб./Гкал.

Обсуждение результатов. Основными преимуществами рассматриваемого способа термической утилизации с использованием вихревой адиабатической топки на водоугольном топливе являются: возможность термической утилизации высоковлажных отходов; низкая стоимость

основного топлива, что обеспечивает удельные затраты на получение 1 Гкал, не превышающие 450–700 руб.; обеспечение требуемого температурного уровня в топке (1050–1100 °С) по условию ограничения шлакования поверхности топки; возможность оптимизации тепловой мощности комплекса за счет снижения влажности утилизируемого материала в сушилке с использованием высокотемпературных отходящих газов (актуально для теплого времени года, когда потребности в тепловой энергии резко снижаются); экологическая безопасность. Снижение величины экологического ущерба составляет 1500–2000 руб./т потребляемого топлива, т. е. сопоставимо с удельной стоимостью используемого топлива.

Эффективность использования отходов в качестве энергоносителя для тепловых процессов выше, чем использования отходов животноводства и птицеводства в качестве удобрений.

Таблица 3 Оценка стоимости выброса (ущерба) вредных веществ

Поллютант	Источник выбросов	
	Птицефабрика	Свинокомплекс
Аммиак	149833	2767138
Сероводород	409155	536316
Метан	5697494	13512232
Метилловый спирт	5757	2916
Деметилсульфит	511623	560523
Этантиол	0	0
Метиламин	1058106	2139002
Двуокись углерода	4252276	9728807
Микроорганизмы, млн кл	0	0
Пыль меховая	358161	340996

Вывод. Экспериментальные исследования показали эффективность термической утилизации высоковлажных ОЖЖ в теплогенераторах, оснащенных вихревой адиабатической камерой сжигания и использующих в качестве энергоносителя водоугольную суспензию. Использование водоугольного топлива, полученного из отходов углеобогащения, и отходов жизнедеятель-

ности животных по предложенной технологической схеме позволит снизить затраты на производство тепловой энергии и получить эффект от снижения ущерба от выброса вредных веществ. Термический метод утилизации отходов для крупных животноводческих и птицеводческих комплексов предпочтительнее использования отходов в качестве удобрений.

Библиографический список

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов [Текст] / В.Г. Коссов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров; 3-я ред., испр. и доп. М., 2008. 237 с.
2. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу от жи-

вотноводческих комплексов и звероферм // Научно-исследовательский институт Охраны атмосферного воздуха (НИИ АТМОСФЕРА). СПб., 1999.

3. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба

[Электронный ресурс]: утв. Председателем Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды В.И. Даниловым-Данильяном 9 марта 1999 г. Доступ из справ.-правовой системы «Кодекс».

4. Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение

окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 28.08.1992 № 632 (ред. от 12.02.2003). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».

Сведения об авторах

1. **Делягин Валерий Николаевич**, старший научный сотрудник, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН), Новосибирск, e-mail: valdel@ngs.ru.

2. **Иванов Николай Михайлович**, профессор, доктор технических наук, заместитель директора, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН), Новосибирск, e-mail: ivanovnm@ngs.ru.

3. **Патрин Василий Александрович**, профессор, доктор технических наук, Новосибирский государственный аграрный университет.

Проблема термической утилизации отходов сельскохозяйственного производства обусловлена необходимостью использования исходного материала с влажностью до 90...95 %. В настоящее время слоевые топки требуют предварительного высушивания материала, что связано с увеличением требуемой тепловой мощности установок на 30...35 %. Предложен способ утилизации высоковлажных отходов, основанный на использовании водоугольного топлива (ВУТ)

в вихревых адиабатических топках. Проведены исследования по оптимизации параметров режима утилизации отходов и дана экономическая оценка эффективности данного метода. К основным достоинствам метода следует отнести повышение КПД установки до 82...85 %, снижение выброса вредных веществ в 1,5–2 раза при полном обеззараживании отходов и утилизации энергии сухой части отходов, используемой в системах теплоснабжения предприятия.

V. Delyagin, N. Ivanov, V. Patrin

USE OF SWIRLING ADIABATIC FURNACE FIRED BY COAL-WATER FUEL IN THE DISPOSAL AND DISINFECTION SYSTEMS OF HIGH-MOISTURE WASTES

Key words: *wastes of farm enterprises; thermal waste disposal; waste disinfection; coal-water fuel; swirling furnace.*

Authors' personal details

1. **Delyagin Valeriy**, Doctor of technical sciences, head researcher, Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, e-mail: valdel@ngs.ru.

2. **Ivanov Nikolai**, Doctor of technical sciences, professor, vice-director, Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, e-mail: ivanovnm@ngs.ru.

3. **Patrin Vasilii**, Doctor of technical sciences, professor, Novosibirsk State Agrarian University.

The problem of thermal disposal of agricultural waste is caused by the fact that the ingoing material has moisture content of up to 90...95 %. Currently, grate-fired furnaces require that the ingoing material should be previously dried out, which leads to higher heat rate of installations by 30...35 %. There is a waste disposal method based on swirling adiabatic furnaces fired by coal-water fuel. The study was carried out to optimize parameters of the waste

disposal mode and an economic assessment of this method efficiency was given. The main benefits of the method include higher efficiency of the installation up to 82...85 %, reduced emission of harmful substances by 1,5–2 times, complete waste disinfection as well as energy recovery from the waste dry mass that can be used in the heat supply systems of the enterprise.

© Делягин В.Н., Иванов Н.М., Патрин В.А.