

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Бондаренко Анатолия Михайловича на диссертацию Телюбаева Жаслана Барлыковича «Повышение энергетической эффективности переработки отходов животноводства в биогазовой установке с обеззараживанием шлама», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5 - Энергетические системы и комплексы.

Актуальность темы диссертации

Автор исследует одну из важнейших проблем в сфере биогазовых технологий – как удалить патогенную микрофлору при переработке отходов животноводческих ферм, чтобы потом использовать их в качестве удобрений. В России, где поголовье скота и птицы очень велико, утилизация навоза и помёта сталкивается с определенными трудностями. Возникает целый ряд вопросов, связанных с переработкой этих отходов. Ведь, с одной стороны, навоз и помёт – это ценнейшее сырьё для производства органических удобрений, которых не хватает растениеводству, с другой стороны, в их составе есть вещества, которые опасны и для окружающей среды, и для здоровья человека, например, семена сорных растений и болезнетворные микроорганизмы. Действующие законодательные нормы строго ограничивают содержание таких веществ, а иногда и полностью запрещают их присутствие в удобрениях.

В своей работе соискатель рассматривает метод анаэробного сбраживания отходов животноводческих ферм. Он отмечает, что при мезофильном брожении в образующемся шламе (то есть в перебродивших отходах) может оставаться большое количество патогенных микроорганизмов. Эта проблема особенно важна, поскольку использование полученного биогаза вместе с применением шлама как органического удобрения – это основной фактор экономической эффективности биогазовых установок. Поэтому первостепенной задачей становится доведение состава шлама до уровня, который соответствует требованиям федерального закона №248-ФЗ «О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Состав сточных вод, которые образуются при переработке отходов животноводства, регламентируется так же ГОСТом 33380-2015 «Удобрения органические. Эффлюент». В этом документе прописаны жесткие требования, которые исключают наличие в сточных водах болезнетворных микроорганизмов, яиц и личинок гельминтов, цист кишечных простейших, личинок и куколок мух, а также семян сорняков. Чтобы очистить шлам от

подобных примесей и добиться соответствия установленным требованиям, исследователь предлагает новый метод – пропускание перебродившего шлама через кавитационное поле. Главный элемент установки – «Трубка Вентури», которая и создает необходимое кавитационное поле. Полученный патент Российской Федерации на полезную модель подтверждает оригинальность и новизну данного технического решения, а также его практическую значимость.

Тема диссертации, которую выбрал Ж.Б. Телюбаев, актуальна и направлена на решение практической задачи – как повысить эффективность использования энергии, получаемой при переработке отходов животноводства в биогазовых установках, с учетом необходимости обеззараживания шлама.

Степень обоснованности научных положений, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных соискателем, обеспечиваются современными методами научного исследования и подтверждаются результатами теоретических и экспериментальных исследований.

Работа содержит шесть выводов.

Первый вывод соответствует первой задаче исследования. Получен в результате анализа существующих технологий переработки органических отходов животноводства БГУ. Достоверность вывода подтверждается материалами первой главы.

Второй вывод соответствует второй задаче исследования. Получен по результатам теоретического исследования процесса обеззараживания в кавитационном поле при анаэробной переработке отходов животноводства. Вывод достоверен и подтвержден результатами второй главы диссертации.

Третий, четвертый и пятый выводы соответствуют третьей задаче исследования. Выводы достоверны и подтверждаются результатами третьей главы диссертации.

Шестой вывод соответствует четвертой задаче исследования, достоверен и подтвержден результатами четвертой главы диссертации.

Научная обоснованность результатов диссертации Телюбаева Ж.Б. подтверждается рядом факторов. Во-первых, выбранная автором методика исследования полностью соответствует поставленным задачам. Во-вторых, диссертация основана на внимательном изучении множества современных научных работ российских и зарубежных ученых, посвященных рассматриваемой теме. И наконец, для сбора и обработки статистических данных Телюбаев Ж.Б. использовал только проверенные и подходящие методы.

Полученные результаты опубликованы в 4 статьях в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ,

из них 3 статьи напечатаны в изданиях, входящих в наукометрическую базу Scopus: International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad (DAICRA 2021), Inter-national science and technology conference "Earth science". IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2018 International Ural Conference on Green Energy (UralCon) IEEE, АПК РОССИИ.

Имеются акты внедрения: ООО «Ирандык»; проектной организацией ООО "Электротехмонтажпроект", г. Челябинск; ООО КЭП «ЛАБОРАТОРИЯ ВАРИАТОРОВ", г. Челябинск; ООО "Модерн", г. Екатеринбург (имеются акты внедрения).

На основании вышеуказанного можно сделать заключение о достоверности положений, выносимых на защиту.

Характеристика структуры и содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, 12 страниц приложений, списка литературы из 115 источников. Объем диссертации – 157 страниц машинописного текста, она содержит 56 рисунков и 7 таблиц.

Диссертационная работа представляет собой законченный интеллектуальный труд с постановочными и выходными положениями исследования. Структура работы в целом соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В первой главе, которая посвящена анализу проблемы и задачам исследования, рассмотрены существующие методы обеззараживания и научные публикации по этой теме. Представлены основные требования к технологиям переработки отходов животноводства и к необходимому оборудованию. Рассмотрены недостатки имеющихся методов переработки, отмечено наличие патогенных микроорганизмов в шламе биогазовой установки после ее работы. Эти данные подтверждают необходимость обеззараживания.

Автором проводится сравнительный анализ энергозатрат биогазовых установок, работающих в термофильном и мезофильном режиме. Выявлено, что хотя термофильный режим обеспечивает больший выход биогаза, высокие энергозатраты, связанные с поддержанием температурного режима, делают этот режим менее экономически выгодным по сравнению с мезофильным.

Исследования, проведенные в ФГБУ «Челябинской МВЛ», подтвердили наличие патогенных бактерий в шламе, полученном в мезофильном режиме. Это нарушает нормы ГОСТ 33380-2015 и представляет опасность заражения почвы. Одним из перспективных методов является гидродинамическая

кавитация, эффективно уничтожающая микроорганизмы за счет механического воздействия, возникающего при образовании и схлопывании каверн.

Вторая глава "Теоретическое исследование процесса обеззараживания шлама при анаэробной переработке отходов животноводства", посвящена анализу теплового баланса биогазовой установки и оценке ее энергетических показателей. Рассматриваются конструктивные и режимные параметры кавитационного генератора на основе трубки Вентури. Обосновывается выбор в пользу мезофильного режима переработки с точки зрения минимизации затрат.

Для оценки эффективности кавитационной установки используется специальный коэффициент. Для его расчета проведен анализ энергозатрат биогазовой установки, работающей в различных режимах, а также энергозатрат, связанных с работой кавитационного генератора.

Визуальное и численное моделирование показало, что уменьшение диаметра сужения трубки Вентури способствует более эффективному обеззараживанию за счет создания большей разности давлений. Оптимальным диаметром горловины признан диаметр 10 мм. Математическое моделирование подтверждает этот вывод, демонстрируя резкий скачок давления и температуры, достаточный для уничтожения микроорганизмов.

Проведенные исследования позволили разработать номограмму, с помощью которой можно определить энергозатраты на кавитационную обработку, исходя из заданных параметров.

Третья глава "Экспериментальные исследования обеззараживания шлама в кавитационном поле", посвящена описанию методики проведения экспериментов, оценке погрешностей, влияющих на микроорганизмы, и технологии биоанализов. В начале исследования были разработаны методики оценки воздействия гидродинамической кавитации на бактерии группы кишечной палочки. Шлам трижды обрабатывался в кавитационном поле, после чего оценивалась степень воздействия кавитации на эти бактерии.

В ходе эксперимента использовалась бактерия группы кишечных палочек (БГКП), выращенная на питательной среде до нужной концентрации. Эффективность обеззараживания оценивалась по количеству колоний, выросших после выдерживания образцов в термостате при температуре 37 ± 1 °С. Анализ результатов позволил определить эффективность обеззараживания, провести регрессионный анализ с учетом таких параметров, как скорость шлама и количество циклов обработки.

Процент гибели микроорганизмов напрямую зависит от количества циклов обработки. Получено уравнение, позволяющее анализировать энергетические затраты. Результаты, полученные с помощью этого уравнения, хорошо согласуются с эмпирическими данными.

В **четвертой главе**, посвященной исследованию эффективности

биогазовой установки (БГУ) с обеззараживанием шлама при помощи имитационного моделирования, подтверждается правильность математических моделей теплового баланса. В рамках исследования также анализируется взаимосвязь различных параметров работы БГУ.

Для оценки энергетической эффективности установки в мезофильном режиме автор предлагает использовать два подхода: анализ долгосрочных экспериментальных данных и компьютерное моделирование. Моделирование осуществлялось в системе Scicos на базе пакета SciLab с учетом особенностей температурных режимов анаэробного брожения навоза КРС и процесса обеззараживания шлама в кавитационном поле. Разработанная имитационная модель включает в себя модули, детально описывающие процесс переработки отходов, и позволяет оценить не только энергопотребление, но и выход биогаза.

Проведенный анализ показал, что энергоэффективность БГУ напрямую зависит от величины тепловых потерь реактора и температуры окружающей среды. Моделирование охватывало работу установки на протяжении нескольких месяцев с переменными температурами, что позволило сравнить режимы «без» и «с» использованием кавитационного генератора. Полученные данные позволили определить как количество энергии, вырабатываемой из биогаза, так и энергозатраты на функционирование всей установки.

Научная новизна исследования

1. Разработан метод оценки энергетической эффективности процесса утилизации отходов животноводства в биогазовой технологии с обеззараживанием шлама.
2. Создана математическая модель оценки энергетических показателей кавитации на основе установленной взаимосвязи конструктивных и режимных параметров кавитационного генератора.
3. Установлена зависимость степени обеззараживания шлама от конструктивных и режимных параметров кавитационного генератора.

Замечания по диссертации

Работа заслуживает положительной оценки. Представленные в диссертации научные результаты отличаются новизной и опираются на достоверную теоретическую и эмпирическую базу.

По представленной работе имеется ряд замечаний:

1. Во введении на защиту выносятся 7 положений. Можно без ущерба объединить положения 4, 5 и 6.
2. В таблице 1.1 представлено среднесуточное количество экскрементов от свиней, КРС и птицы. Это общеизвестные справочные данные и их

можно поместить в приложения.

3. В работе отсутствует подтверждение, что максимальное отклонение экспериментальных данных и расчетных составляет 5,41% (стр.111).
4. В заключении одним из выводов надо было показать экономическую эффективность применения БГУ с разработанной системой обеззараживания. Для какого поголовья животных она рекомендуется?
5. Работа БГУ предусматривает переработку органических отходов с получением биогаза и шлама. Шлам после обеззараживания рекомендуется использовать как органическое удобрение. Полученные продукты минимизируют загрязнение окружающей среды. Наиболее важный эколого-экономический аспект автором практически не затронут.
6. В работе отсутствуют цифровые значения физико-механических свойств перерабатываемого навоза и шлама (плотность, влажность, гранулометрический состав, вязкость), которые на прямую влияют на процесс обеззараживания.
7. В выводах 4,5 и 6 по диссертации имеет место дублирование полученных конструктивных и режимных параметров.

Заключение

Диссертация Телюбаева Жаслана Барлыковича "Повышение энергетической эффективности переработки отходов животноводства в биогазовой установке с обеззараживанием шлама", представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук, представляет собой полноценную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком уровне. Достижение поставленной в диссертации цели связано с решением целого ряда задач, имеющих как теоретическое, так и практическое значение. Диссертантом разработана технология переработки отходов животноводства, ориентированная на повышение качества шлама как удобрения и эффективность использования биогазовых технологий.

Диссертация и автореферат соответствуют пунктам Паспорта специальности 2.4.5 Энергетические системы и комплексы: пункту 3. Разработка, исследование, совершенствование действующих и освоение новых технологий и оборудования для производства электрической и тепловой энергии, использования органического и альтернативных топлив, и возобновляемых видов энергии, водоподготовки и водно-химических режимов, способов снижения негативного воздействия на окружающую среду, повышения надежности и ресурса элементов энергетических систем, комплексов и входящих в них энергетических установок; пункту 6. Теоретический анализ, экспериментальные исследования, физическое и математическое моделирование, проектирование энергоустановок, электростанций и энергетических комплексов, функционирующих на основе

преобразования возобновляемых видов энергии (энергии водных потоков, солнечной энергии, энергии ветра, энергии биомассы, энергии тепла земли и других видов возобновляемой энергии) с целью исследования и оптимизации их параметров, режимов работы, экономии ископаемых видов топлива и решения проблем экологического и социально-экономического характера Паспорта специальности.

Автореферат диссертации Ж.Б. Телюбаева полностью соответствует тексту диссертации, отражает ее основное содержание, имеет логически грамотное построение и последовательность изложения результатов исследования.

По результатам диссертационного исследования автором опубликовано достаточное количество научных работ. Диссертационная работа удовлетворяет требованиям п.9-14 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а ее автор, Телюбаев Жаслан Барлыкович, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5 Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Землеустройство и кадастры»

Азово-Черноморский инженерный институт Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Донской государственный аграрный университет.

Бондаренко Анатолий Михайлович.



Контактная информация:

Азово-Черноморский инженерный институт Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет»

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Ленина 21,

+7 (86359)43-3-80

Адрес электронной почты: bondanmih@rambler.ru

«24» сентября 2024 г.

Подпись, должность, учёную степень и звание Бондаренко А.М. заверяю:

Учёный секретарь АЧИИ ФГБОУ ВО Донской

ГАУ, кандидат экономических наук, доцент



Н.С. Гужвина

