

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Велькина Владимира Ивановича 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

Работа, представленная автором, посвящена одной из наиболее значимых и актуальных проблем в области анаэробной переработки – обеззараживанию отходов животноводства перед их непосредственным использованием в качестве органических удобрений.

В Российской Федерации в настоящее время содержится большое количество животных и птицы, с утилизацией навоза и помета которых возникает ряд вопросов. Это приводит к возникновению множества проблем, связанных с утилизацией образующегося навоза и помета. С одной стороны, такие отходы представляют собой ценное органическое удобрение, обладающее высокими агрономическими свойствами, однако, с другой стороны, они могут содержать или фактически содержат набор компонентов, которые могут нанести вред окружающей среде и здоровью человека, такие как семена сорных растений, а также группы болезнетворных микроорганизмов. Согласно действующим руководящим указаниям, присутствие этих компонентов в вносимых фракциях подлежит строгому контролю, а в некоторых случаях их наличие совершенно недопустимо.

В своей работе соискатель рассматривает метод анаэробного сбраживания отходов животноводства, уделяя особое внимание тому факту, что в процессе мезофильного брожения в шламе, который представляет собой перебродившие отходы, может сохраняться значительное количество патогенных микроорганизмов. Эта проблема становится особенно важной, поскольку использование полученного биогаза наряду с использованием шлама в качестве органического удобрения является решающим экономическим показателем эффективного функционирования биогазовых установок. Таким образом, существующая проблема заключается в необходимости доведения шлама до состава эффлюента, который соответствует установленным требованиям.

Согласно ГОСТ 33380-2015 «Удобрения органические. Эффлюент», данный эффлюент должен строго соответствовать определенному составу, который исключает наличие патогенных и болезнетворных микроорганизмов, жизнеспособных яиц и личинок гельминтов, цист кишечных патогенных

простейших, личинок и куколок синантропных мух, а также жизнеспособных семян сорной растительности. Для достижения этих требований и очищения шлама от возможных примесей соискатель предлагает новое решение – обработку перебродившего шлама в кавитационном поле. Кроме того, соискатель в соавторстве разработал установку, предназначенную для выработки биогаза и обеззараживания эффлюента. В конструкции этой установки для создания кавитационного поля было предложено использовать «Трубку Вентури». Оригинальность и новизна этого предложения подтверждаются полученным патентом Российской Федерации на полезную модель, что свидетельствует о практической значимости предложенного подхода.

Таким образом, выбранная Ж.Б. Телюбаевым тема диссертации является актуальной и нацелена на решение важной задачи повышение энергетической эффективности переработки отходов животноводства в биогазовой установке с учетом процесса обеззараживания шлама.

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

Исследование проблематики утилизации отходов животноводства демонстрирует высокую эффективность методов анаэробной переработки. Среди перспективных методов обеззараживания получаемого в результате анаэробной переработки шлама особо выделяется гидродинамическая кавитация, применение которой позволяет достичь соответствия требованиям ГОСТ 33380-2015.

Для достижения максимальной эффективности обеззараживания шлама методом гидродинамической кавитации требуется проведение исследований, направленных на определение оптимальных конструктивных и режимных параметров генератора кавитации. Необходимо провести сравнительный анализ эффективности переработки биоотходов в мезофильном режиме биогазовой установки (БГУ) с обеззараживанием шлама и термофильного режима, обеспечивающего полное подавление патогенных микроорганизмов. Важным аспектом исследования является оптимизация процесса обеззараживания шлама с использованием гидродинамической кавитации с целью минимизации энергозатрат.

В рамках исследования соискателем выдвигается гипотеза о возможности реализации высокоэффективной утилизации отходов животноводства в мезофильном режиме БГУ с применением обеззараживания шлама в кавитационном поле. Достижение данной цели предполагает определение оптимальных параметров гидродинамической кавитации и установление

взаимосвязи между конструктивными и режимными параметрами генератора кавитации, оказывающими влияние на степень обеззараживания шлама и качество получаемого органического удобрения.

Разработка энергосберегающей технологии утилизации отходов животноводства, позволяющей получать биогаз как источник энергии и высококачественное органическое удобрение для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а также кормовую витаминную добавку, при соблюдении требований экологической безопасности, является актуальной научно-практической задачей.

Достоверность положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность основных научных результатов диссертации Телюбаева Ж.Б. обеспечивается выбранной методологией исследования, результатами анализа современных отечественных и зарубежных научных трудов по исследуемой проблематике, корректно отобранными и примененными методами сбора и обработки статистических данных.

Полученные результаты опубликованы в 4 статьях рецензируемых научных журналов, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, из них 3 статьи в изданиях, входящие 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.

Практические рекомендации по применению новых методических разработок по формированию и оптимизации производственной программы прошли апробацию и внедрены в деятельности предприятий: ООО «Ирандык»; проектной организацией ООО "Электротехмонтажпроект", г. Челябинск; ООО КЭП «ЛАБОРАТОРИЯ ВАРИАТОРОВ", г. Челябинск; ООО "Модерн", г. Екатеринбург (имеются акты внедрения).

Все изложенное позволяет сделать заключение о достоверности положений, выносимых на защиту.

Характеристика структуры и содержания диссертации

Диссертационное исследование содержит введение, четыре главы и заключение, 12 страниц приложений, библиографический список из 115

наименований. Диссертация изложена на 157 страницах машинописного текста, содержит 56 рисунков и 7 таблиц.

В начале первой главы «Состояние вопроса и задачи исследования» проводится анализ имеющихся литературных источников и методов обеззараживания, а также излагаются основные требования к оборудованию и технологиям переработки отходов животноводства. Обсуждаются существующие недостатки методов переработки и приведены данные о наличии патогенных микроорганизмов в шламе после работы биогазовой установки, что подчеркивает необходимость обеззараживания.

Также приводятся сведения об энергозатратах, связанных с функционированием биогазовой установки в мезофильном и термофильном режимах на разных этапах брожения, с использованием полученного биогаза. Анализ показывает, что, хотя термофильный режим и вырабатывает больше биогаза, его энергозатраты на поддержание температурного режима не окупаются. Мезофильный режим, напротив, оказывается более экономически выгодным.

Исследования, проведенные в ФГБУ «Челябинской МВЛ», выявили, что в шламе, полученном в мезофильном режиме, сохраняются патогенные бактерии, что не соответствует нормам ГОСТ 33380-2015 и создает риск заражения почвы. Поэтому требуется эффективное обеззараживание шлама. Перспективным направлением этого процесса является использование гидродинамической кавитации, которая разрушительно воздействует на микроорганизмы благодаря механическим силам, возникающим при образовании и схлопывании каверн.

Таким образом, в первой главе диссертации описан объект и предмет исследования, определены цели и задачи дальнейшего исследования.

Во второй главе «Теоретическое исследование процесса обеззараживания шлама при анаэробной переработке отходов животноводства» анализируется тепловой баланс биогазовой установки (БГУ) и оценка энергетических показателей, а также конструктивные и режимные параметры кавитационного генератора в виде трубки Вентури. Обосновывается выбор между термофильным и мезофильным режимами переработки, что осуществляется на основании затрат.

Эффективность кавитационной установки определяется специальным коэффициентом, и для ее оценки необходимо исследовать энергозатраты на работу БГУ в различных режимах и на работу кавитационного генератора. Увеличение диаметра узкой части трубки Вентури приводит к значительному росту потребляемой мощности: при увеличении в 1,5 раза мощность удваивается, а удвоение диаметра вызывает четырехкратный рост.

Результаты визуального и численного моделирования показывают, что

уменьшение диаметра узкой части трубки Вентури ведет к большей разности давлений и более эффективному обеззараживанию, с оптимальным диаметром горлышка в 10 мм. Математическое моделирование подтверждает, что именно этот диаметр обеспечивает резкий скачок давления и температуры, необходимые для уничтожения микроорганизмов. Более уменьшение диаметра нецелесообразно из-за присутствия частиц в шламе.

На основании проведенных исследований разработана номограмма, которая позволяет определять энергетические затраты на кавитацию, исходя из заданных параметров. Зная расход жидкости и диаметр трубки Вентури, можно по номограмме вычислить скорость жидкости, число кавитации и затраты энергии на процесс обеззараживания.

В третьей главе «Экспериментальные исследования обеззараживания шлама в кавитационном поле» описывается методика проведения экспериментов с оценкой погрешностей, влияющих на микроорганизмы, и технология биоанализов. Исследование началось с определения методик оценки биоцидного воздействия гидродинамической кавитации на бактерии группы кишечной палочки. Шлам обрабатывался в три этапа, при этом оценивалась степень влияния кавитации на указанные бактерии.

Эксперимент проводился с БГКП, который выращивали на питательной среде и разводили до нужной концентрации. Эффективность обеззараживания оценивалась по количеству колоний после обработки в термостате при 37 ± 1 °С. В рамках анализа результатов определялись эффективность обеззараживания и проводился регрессионный анализ, учитывался также влияние параметров, таких как скорость шлама и число циклов обработки.

Выявлено пороговое значение скорости потока 26 м/с, при которой фиксируется бактерицидный эффект, а проценты гибели микроорганизмов увеличиваются с количеством циклов. Однако оптимальные скорости потока и количество циклов трудно определить. Также было получено уравнение регрессии для анализа энергетических затрат, которое согласуется с эмпирическими данными.

В четвертой главе «Исследование эффективности биогазовой установки с обеззараживанием шлама имитационным моделированием» подтверждается адекватность математических моделей теплового баланса и исследуются взаимосвязи параметров работы биогазовой установки (БГУ). Для оценки энергетической эффективности в мезофильном режиме предлагаются два подхода: использование долгосрочных экспериментальных данных и компьютерное моделирование.

Моделирование выполнялось в системе Scicos на базе пакета SciLab, учитывая температурные режимы анаэробного брожения навоза КРС и обеззараживание шлама в кавитационном поле. Имитационная модель состоит

из модулей, описывающих процесс переработки отходов и позволяет оценивать как энергопотребление, так и выход биогаза.

Анализ показал, что энергоэффективность БГУ зависит от тепловых потерь реактора и температуры окружающей среды. Моделирование охватило несколько месяцев с меняющейся температурой, исследуя режимы «без» и «с» кавитационным генератором. Результаты позволили определить энергии, полученные от биогаза и затраченные на работу установки. Выявлено, что использование кавитационного генератора снижает полезную энергию, а потребление при термофильном режиме в 1,8 раза выше, чем при мезофильном.

Оптимальное энергопотребление наблюдается при скорости шлама 34 м/с и четырех циклах обработки, подтверждая эффективность обеззараживания в кавитационном поле. Коэффициент варьируется от 0,01 до 0,04 в зависимости от объема метантанка, при этом требуется всего 1-4% энергии для сравнительных режимов. Необходимо продолжить исследования, чтобы обосновать экономическую целесообразность использования кавитационного генератора в системе БГУ.

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

Положительно оценивая диссертацию в целом, ее логику, обоснованность, достоверность, полученные новые научные результаты, теоретическую и эмпирическую базу исследования, следует выделить следующие дискуссионные положения, недостатки и замечания:

1. В работе БГУ после обеззараживания шлама рекомендуется его использовать в качестве органического удобрения. Не ясно в какой форме лучше использовать удобрение: в твердой или жидкой.
2. В ходе эксперимента был выбран материал трубки Вентури оргстекло, а на практике - что рекомендуется?
3. Не ясно, почему был выбран программный комплекс FlowVision для

моделирования процесса кавитации в трубке Вентури.

4. Каким аппаратом проводились измерения давления потока жидкости, если сама среда загрязнена?

5. В работе объем первой главы завышен и не раскрыт потенциал практического применения результатов исследования.

Заключение

Диссертация Телюбаева Жаслана Барлыковича на тему «Повышение энергетической эффективности переработки отходов животноводства в биогазовой установке с обеззараживанием шлама», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является самостоятельной, законченной, актуальной научно-квалификационной работой, обладающей научной новизной и практической значимостью. В результате диссертантом разработана технология переработки отходов животноводства для повышения качества шлама как удобрения и для эффективности 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.

