

ЛИТЕРАТУРА

1. Шведовский П.В., Мальцев А.Т., Вейнгарт В.П. Выбор оптимальных решений в строительстве. ЦНИИЭПсельстрой, Ярославль, 1990. – 310с.
2. Рекомендации по оценке и выбору рациональных конструкций фундаментов для гражданского строительства на намывных территориях Белорусской ССР. Госстрой БССР. - Минск, ИСИА, 1982. - 40 с.
3. Рекомендации по рациональной области применения в строительстве свай различных видов. Госстрой СССР. - М., 1978.-17 с.
4. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями.- М: Наука, 1981. - 196 с.
5. Кречин А.С., Чернюк В.П., Шведовский П.В. и др. Ресурсосберегающие фундаменты на сельских стройках. Карте Молдовеняскэ, Кишинев, - 1990. – 245с.
6. Рекомендации по выбору экономичных фундаментов для сельских зданий Нечерноземной зоны РСФСР. ЦНИИЭПсельстрой. - М., 1985.-18 с.

УДК 662.76, 628.356

Янчилин П.Ф.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Новосельцев В.Г.;

Научные консультанты: д.т.н., профессор Северянин В.С.; член-корреспондент БИТА, доцент Урецкий Е.А.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ БИОГАЗОВОЙ СМЕСИ В РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В Республике Беларусь построено и эксплуатируется большое количество животноводческих комплексов, основанных на применении прогрессивных поточных технологий производства мяса. Применяемое при этом гидросмывное удаление навоза из животноводческих помещений привело к образованию значительных объемов высококонцентрированных навозных сточных вод, представляющих серьезную опасность для окружающей природной среды.

Так, по данным [1] ежегодно животноводческие комплексы республики вносят в окружающую среду 40-45 млн. м³ стоков. Основной формой их утилизации является полив, причём безо всякой предварительной очистки и дезинфекции.

Анализ действующих в РБ очистных сооружений животноводческих комплексов (в том числе и свинокомплексов) показал, что в республике практически отсутствуют технологии переработки отходов для получения биогаза. Что же касается технологий, предлагаемых зарубежными фирмами, то и их внедрение сдерживается: во-первых, низким выходом биогаза по причине большого количества ингибирующих процесс ингредиентов (аммонийного азота, сероводорода и пр.); во-вторых, низким к.п.д. традиционно применяемых энергетических установок, работающих на биогазе; в-третьих, высоким уровнем загрязнения воздушного бассейна продуктами сгорания.

Так, в частности на СГЦ РУСП «Западный» иностранная фирма предложила техническое решение для получения биогаза только для 10% образующегося навоза, да и то строго определенного состава. Остальные 90%, по мнению этой фирмы, использовать для этой цели на внедряемой установке затруднительно. Она же отказалась и от очистки высококонцентрированных сточных вод свиноводческого комплекса. Решение этого вопроса для СГЦ РУСП «Западный» крайне важно. Как известно, свиноводческий комплекс на 100 000 голов вносит со сбрасываемыми стоками такое количество биологических загрязнений, которое эквивалентно городу с 300 000 жителей.

В декабре 2007 г. выездом на объект внедрения авторский коллектив ознакомился с предлагаемым техническим решением. При ознакомлении выяснилось:

- выход биогаза оказался значительно ниже проектного;
- в составе биогаза оказались компоненты, сдерживающие использование его в двигателях внутреннего сгорания для получения электроэнергии. На момент ознакомления с установкой, биогаз сбрасывался в атмосферу, а двигатели, предназначенные для работы на биогазе, работали на природном газе.

В настоящее время, на наш взгляд, для интенсификации работы смонтированной биогазовой установки необходимо решить три проблемы;

- во-первых, повысить объем выхода биогаза;
- во-вторых, добиться более эффективного сжигания;
- в-третьих, с целью уменьшения загрязнения атмосферы токсичными ингредиентами осуществить дожигание газовых выбросов.

Что касается первой проблемы, то ранее проведенные исследования Урецким Е.А. подтвердили возможность эффективного удаления аммонийного азота (более 80%) с помощью предварительной реагентной очистки [2]. В процессе очистки происходит связывание аммонийного азота в практически нерастворимый магний-аммоний ортофосфат - комплексное минеральное удобрение, широко используемое под все сельскохозяйственные культуры. Важным следствием проведенных исследований является то, что связывание аммонийного азота в $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ позволяет управлять соотношением C:N. Как известно, поддержание оптимального соотношения C:N способствует увеличению выхода биогаза.

Что касается второй и третьей проблемы, то весьма эффективным и экономичным способом сжигания полученной газовой смеси может стать пульсирующее горение, в частности слоевое пульсирующее горение. При этом оно может быть использовано и для дожигания газовых выбросов после других установок термической обработки, не обеспечивающих достаточную степень разложения малых концентраций токсичных ингредиентов перед выбросом в окружающую среду.

Слоевое пульсирующее горение основано на явлении «трубы Рийке» [3] - автоколебания газа в открытой с двух сторон трубе при наличии подвода теплоты к газу от нагретой решетки. Северянин В.С. заменил нагретую решетку слоем горящего кускового топлива [4]. В этом случае тепло, необходимое для поддержания колебаний газа в трубе, выделялось при сгорании топлива, а колебания газа, тем временем, влияли на процесс горения топлива.

Основные преимущества теплотехнического оборудования, которое использует пульсирующее горение, по отношению к традиционным топливосжигающим устройствам, таковы:

- высокий коэффициент полезного действия (КПД);
- простота конструкции и обслуживания;
- надежность и долговечность;
- безопасность эксплуатации;
- возможность модернизации, перевода на другие виды топлива;
- широкий диапазон регулирования;
- малая удельная материалоемкость;
- снижение потребления электроэнергии на собственные нужды;
- интенсификация горения и конвективного теплообмена;
- очищающее действие на поверхностях нагрева;
- снижение выбросов оксидов азота и сажи и т. д.

В качестве газообразного топлива для таких установок может быть использован природный газ, водород, биогаз, генераторный газ, а также смеси различных углеводородов [5].

При дожигании существующих газовых выбросов возникает проблема обезврежива-

ния в них токсичных ингредиентов, находящихся в малых концентрациях. Согласно закону действующих масс, в однородной среде при постоянной температуре скорость реакции пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ. При этом для протекания процесса прежде всего необходимо, чтобы произошло столкновение молекул реагирующих веществ. Чем больше количество молекул в единице объёма, тем выше скорость реакции. И наоборот, чем меньше концентрации реагирующих веществ, тем меньше скорость химической реакции. Именно это характерно для нашего случая. Существующие способы дожигания различных газов, содержащих малые концентрации токсичных соединений (каталитический, термokatалитический и др.) энергозатратны, дорогостоящи, требуют применения дорогих катализаторов, содержащих платину, титан, и др. [6].

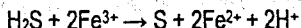
Предлагаемый способ слоевого пульсирующего горения обеспечивает более полное обезвреживание токсичных ингредиентов за счёт высокой температуры горения (около 1300°C) и интенсификации горения за счёт конвективного теплообмена. Именно этот способ позволяет эффективно перемешивать реагирующие газы, что приводит к более частому столкновению и более быстрому взаимодействию молекул. Следовательно, ускоряется процесс деструкции токсичных соединений.

Ранее, при исследовании процесса слоевого пульсирующего горения пропанобутановой смеси (один из линейных углеводородных соединений), средняя концентрация продуктов сгорания составила [5]: O₂ - 2,84%, CO - 335,14, NO - 67,57 ppm, NO_x - 67,57 ppm, NO₂ - 0,98 ppm, CO₂ - 10,38%, H₂ - 134,67 ppm. Это предполагает получить схожие результаты при сжигании биогаза, состав которого по [7] таков: метан (60-70%), углекислый газ (30-40%), небольшое количество сероводорода (0-3%), а также примеси воды, аммиака и окислов азота.

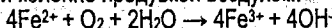
В пропанобутановой смеси отсутствовал сероводород. Сероводород, который присутствует в биогазе, создаёт проблему агрессивного воздействия на теплоэнергетические установки. Именно сероводород приводит к интенсивному разрушению конструкции энергетических установок.

Ряд авторов для предотвращения этого явления предлагают перед сжиганием биогаза пропускать его через ферроокисные фильтры. В этих фильтрах происходит преобразование сероводорода в элементарную серу [8]. При повышенном содержании H₂S аналогичную очистку производят при помощи растворов солей железа с его постоянной регенерацией.

В восстановительной колонне восходящий поток биогаза промывается раствором Fe³⁺ (суспензией Fe(OH)₃):



Элементарная сера отделяется из промывного раствора в отстойнике. Раствор регенерируется в окислительной колонне продувкой воздухом:



Ожидаемый объём биогаза из осадка свинокомплекса можно рассчитать следующим образом: при содержании одной свиньи образуется такое количество отходов, которое позволяет получить 0,3 м³ биогаза в сутки [7], или в пересчёте на 100 000 голов (СГЦ РУСП «Западный») это составит 30 000 м³/сут (10 950 000 м³/год). Теплота сгорания 1 м³ биогаза достигает 25 МДж, что эквивалентно сгоранию 0,6 л бензина, 0,85 л спирта, 1,7 кг дров или использованию 1,4 кВт ч электроэнергии. Ожидаемое количество теплоты при сжигании биогаза за сутки составит 750 000 МДж (273 750 000 МДж за год), что эквивалентно сгоранию 18 000 л бензина (6 570 000 л в год), 25 500 л спирта (9 307 500 л в год), 51 т дров (18 615 т в год) или использованию 42 МВт ч электроэнергии (15 330 МВт ч в год).

С учётом изложенного, авторами статьи разработана ресурсосберегающая технология обработки отходов животноводческих комплексов (см. рис. 1). В этой технологии интенсификацию процесса сжигания биогазовой смеси и дожигания воздушных выбросов

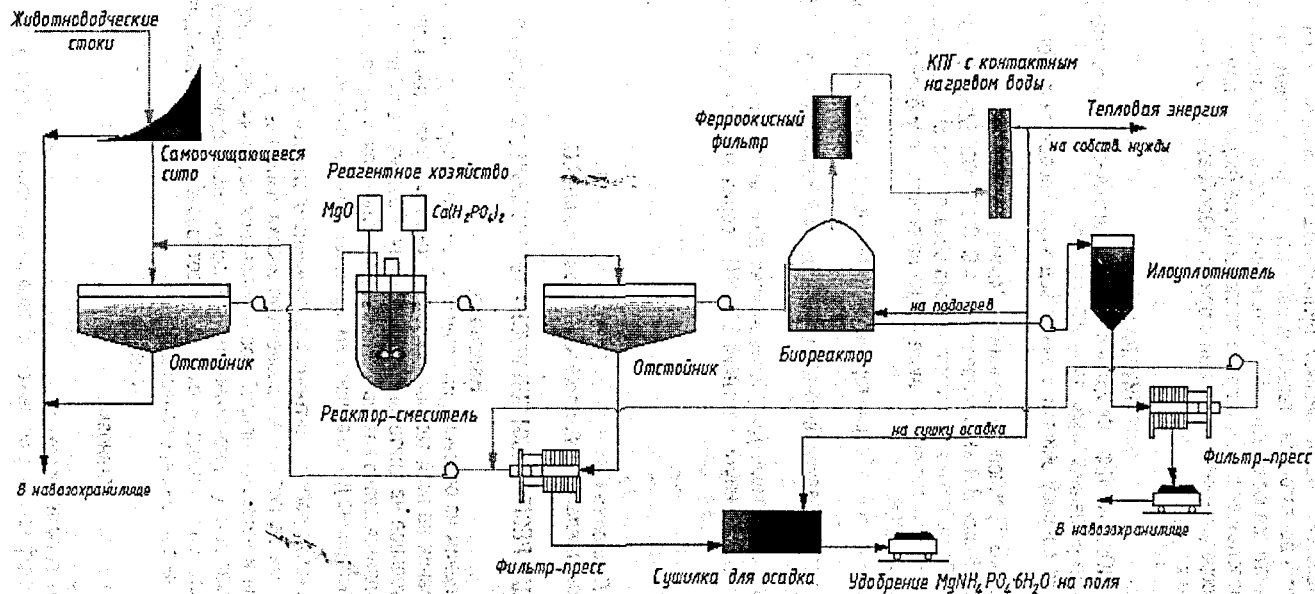


Рис. 1. Технологическая схема ресурсосберегающей технологии обработки отходов животноводческих комплексов.

предполагается осуществить на установках пульсирующего горения. Использование этих установок может в достаточной степени удовлетворить требованиям энергосбережения. Установка проста, малозатратна, и, в то же время, высоко эффективна. Она с успехом может быть использована для нагрева теплоносителя (воды) с помощью теплообменника либо непосредственно продуктами сгорания газообразного топлива (контактный нагрев с высоким к.п.д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Челноков А.А., Ющенко Л.Ф., Фридлянд М.Е. «Экологические проблемы республики Беларусь и пути их решения». – Мн. 1999. 47с.
2. Урецкий Е.А. «К вопросу очистки сточных вод животноводческого комплекса» // Вестник БГТУ. – 2006.
3. Б.В. Раушенбах «Вибрационное горение». – Москва 1961.
4. Северянин В.С., Лысков В.Я. «Камерная топка», А.С. СССР №228216 – Б.и. 31, 1968.
5. Тимошук А.Л. «Разработка контактного водонагревателя со слоевым пульсирующим горением газообразного топлива». Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, 2006.
6. Хзмалян Д.М., Каган Я.А. «Теория горения и тепловые устройства». М. «Энергия», 1976, 488 с.
7. «Перспективы использования биогазовых установок» // Журнал «Энергоэффективность», №7, 2007.
8. Калюжный С.В., Данилович Д.А., Ножевникова А.Н. Анаэробная биологическая очистка сточных вод. (Итоги науки и техники ВИНТИ, серия «Биотехнология»). – М., 1991, т. 29. – с. 156.

УДК 620.9

Пархотик Р.А., Пауленко С.Н.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Северянин В.С.

ВЕТРОУСТАНОВКИ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ – ТЕРРИТОРИИ С МАЛЫМИ ВЕТРАМИ

Введение

Ветер является одним из основных имеющихся в стране ресурсов для возможного реального использования на всей территории республики при замещении импортируемого органического топлива на длительную перспективу. Поэтому развитие ветроэнергетики в Беларуси является давно назревшей необходимостью для осуществления ускоренного замещения постоянно дорожающего импортируемого органического топлива.

Анализ работы ветровоспринимающих элементов

В настоящее время лопастные ветроэнергоустановки наиболее употребительны, теоретически развиты и являются опорой прогнозирования развития ветроэнергетики. Мощность, развиваемая ветроэнергоустановкой, пропорциональна произведению скорости ветра в третьей степени и площади, ометаемой ветроприёмным органом (для лопастных – круг диаметром длиной двух лопастей):

$$N = W^3 \cdot F \cdot K,$$

где N – мощность ветроэнергоустановки,

W – скорость ветра,

F – ометаемая лопастями поверхность,

K – численный коэффициент, учитывающий аэродинамические особенности