

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ И МЕЛИОРАЦИИ

На правах рукописи

УДК 631.22.01; 631.862.1.004.82; 66.063.8

ХАЛИЛОВ НАРБАЙ ТОВБАЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ПУЛЬСАЦИОННОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НАВОЗА КРС В
БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКЕ**

Специальность: 05.20.01 - Механизация сельскохозяйственного
производства

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ташкент – 2006

Работа выполнена на кафедре «Технологии конструкционных материалов, прикладной механики и стандартизации» Ташкентского института ирригации и мелиорации

Научный руководитель кандидат технических наук,
доцент РАХМАТОВ Б. Ф.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор, академик АН РУз
ЛЕБЕДЕВ О.В.

доктор технических наук,
профессор ШАЙМАРДАНОВ Б.П.

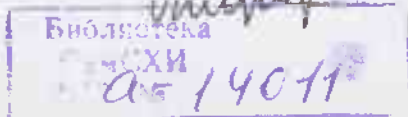
Ведущая организация Республиканский центр испытаний и
сертификации машин

Защита диссертации состоится «31» мая 2006г. в 13⁰⁰ часов
на заседании Специализированного совета К.120.06.0 при Ташкентском
институте ирригации и мелиорации по адресу: 100000, г. Ташкент ул.
Кары-Ниязий, 39

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ташкентского
института ирригации и мелиорации.

Автореферат разослан «27» апреля 2006г.

Ученый секретарь
Специализированного совета *Мусурманов* Р. К. МУСУРМАНОВ



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность работы. В настоящее время в Узбекистане особое внимание уделяется переходу к интенсивному развитию народного хозяйства, внедрению прогрессивных, безотходных и малоотходных технологий, исключающих загрязнение окружающей среды и обеспечивающих высокую эффективность производственных процессов.

Непосредственное рациональное использование отходов животноводства в качестве удобрений, как известно, невозможно ввиду высокой концентрации в них химических и органических быстроразлагающихся веществ, наличия болезнетворных микроорганизмов и семян сорняков, сохраняющих свою жизнеспособность длительное время.

С этой точки зрения одним из перспективных способов обеззараживания и переработки жидкого навоза является метановое сбраживание, позволяющее решить ряд социально-экономических проблем:

- экологическую - за счет дезинфекции и дегельминтизации жидкого навоза;
- продовольственную - за счет повышения урожайности сельскохозяйственных культур при использовании в качестве удобрения богатого питательными веществами переработанного навоза, не содержащего семян сорных растений;
- энергетическую - за счет получения биогаза, содержащего до 70 % метана;

На современном этапе развития технологии переработки навоза важное значение приобретает повышение эффективности процесса метанового сбраживания и снижение за счет этого капитальных и эксплуатационных затрат. Одним из путей повышения эффективности процесса метанового сбраживания является периодическое пульсационное перемешивание навоза при рациональных параметрах пульсации. Этим обусловлена актуальность избранной диссертантом темы исследования.

Степень изученности проблемы. Во многих странах мира проводятся исследования и разрабатываются установки для анаэробной переработки сельскохозяйственных отходов.

Изучением влияния типа и параметров перемешивания на количественные и качественные показатели метанового сбраживания навоза занимались А.Г. Хошимото , У.Р. Чен , П.Н. Хобсон , А.Г. Пузанков , В.С. Дубровский , Б.Ф. Рахматов и другие исследователи. При этом установлено, что качество и эффективность переработки навоза зависят от рационального технического решения и параметров системы установки. Одной из основных систем установки является система перемешивания. В этой связи параметры пульсационного перемешивания сбраживаемого навоза до настоящего времени изучены и разработаны недостаточно.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. Работа выполнена по гранту ГКНТ при Кабинете Министров Республике Узбекистан "Разработать технологию комплексной переработки

органических отходов в биогазовой установке для решения проблемы экологии, получения высококачественного удобрения горючего газа".

Целью исследования, является повышение эффективности переработки навоза крупного рогатого скота (КРС) метановым сбраживанием путем периодического, пульсационного перемешивания сбраживаемого субстрата.

Задачи исследования. В соответствии с поставленной целью в программу исследований были включены следующие задачи:

- изучить характеристики и свойства навоза КРС;
- определить рациональные режимы метанового сбраживания навоза (концентрацию ОВ, дозу суточного обновления, температуру сбраживания);
- провести теоретические исследования пульсационного движения сбраживаемого навоза в биогазовой установке;
- изучить влияние пульсационной скорости на показатели брожения навоза (на освобождение массы навоза от газовых пузырьков, продольное смешивание субстрата, интенсивность газовой выделений);
- обосновать оптимальные параметры пульсационного перемешивания сбраживаемой массы;
- провести апробацию предлагаемой системы перемешивания на опытном образце установки метанового сбраживания;
- разработать технико-экономическое обоснование эффективности предлагаемой системы пульсационного перемешивания сбраживаемого навоза.

Научная новизна исследования: выведены зависимости, связывающие технологические и конструктивные параметры системы пульсационного перемешивания;

определены закономерности освобождения сбраживаемой массы от газовых пузырей и снижения продольного перемешивания при пульсациях;

установлены значения пульсационной скорости, при которых интенсивность выделения газа достигает своего максимума для различных значений влажности навоза;

разработана математическая модель, которая описывает влияние параметров пульсационного перемешивания на качество переработки навоза и позволяет обосновать рациональные параметры наиболее эффективной системы пульсационного перемешивания сбраживаемого навоза.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Предложены новый способ и установка для переработки жидкого навоза метановым сбраживанием с системой пульсационного перемешивания, которая обеспечивает выдержку исходной массы в камере сбраживания перед смешиванием для адаптации метанобразующих микроорганизмов, гарантирует рациональные сроки сбраживания частиц жидкого навоза на различных уровнях. Новизна технических решений подтверждена предварительным патентом РУз № 2881 (UZ).

Разработана инженерная методика расчета, позволяющая установить необходимые конструктивные параметры системы пульсационного перемешивания сбраживаемой массы для установки метанового сбраживания навоза с рабочим объемом биореактора 10 м³

Реализация результатов. Результаты исследований приняты к внедрению в Ассоциации дехканских и фермерских хозяйств РУз.

Апробация работы. Основные результаты и положения диссертационной работы доложены и обсуждены на научных конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов ТИИМ (Ташкент, 1992-2005гг.), Республиканской научно-технической конференции "Кишлок хўжалиги ишлаб чиқаришида энергоресурелардан самарали фойдаланиш" (Ташкент, 1993г.), Республиканской научной конференции "Механика многофазных сред, тепломассообмен и распространение волн в силовых средах" (Ташкент, 1994г.), Международном научно-техническом симпозиуме "Разработка, производство и эксплуатация сельскохозяйственных машин в условиях рыночной экономики" (Ташкент, 1994г.), Международной научно-практической конференции «Агросаноат соҳасида ислохатларни амалга оширишнинг хозирги босқичда олий таълим муоммалари» (Ташкент, 2000г.), научных семинарах по проблемам механизации сельскохозяйственного производства в ИМСС АН РУз (Ташкент, 2005г.), ТИИМ (Ташкент, 2005г.) и УзМЭИ (Янгиюль, 2005г.).

Опубликованность результатов. Основное содержание диссертации изложено в 13 опубликованных научных работах, в том числе 2 журнальных статьях и предварительном патенте РУз №2881.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов, списка использованных источников, включающий 102 наименования и 6 приложений. Работа изложена на 130 страницах компьютерного текста, содержит 40 рисунков и 12 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна, научная и практическая значимость, изложены основные положения, которые выносятся на защиту.

В первой главе - «Состояние вопроса и задачи исследования» приведен краткий анализ процесса метанового сбраживания и факторов, влияющих на его интенсивность. По итогам анализа патентных и литературных источников способы перемешивания разделены на типы. Дан краткое описание их применения. Обобщены результаты научно-исследовательских работ по совершенствованию системы перемешивания сбраживаемого навоза.

На основе анализа их работ установлены следующие основные параметры перемешивания, влияющие на интенсивность процесса

метанового сбраживания: скорость движения массы в биореакторе при перемешивании, суточная частота перемешивания и длительность разового перемешивания.

Опираясь на результаты анализа систем перемешивания разработана оригинальный способ и устройство перемешивания сбраживаемой массы на определенных уровнях в биореакторе (предварительный патент Рuz № 2881(UZ).)

Выдвинута рабочая гипотеза о возможности достижения поставленной цели за счет размещения тангенциальных насадок на различных уровнях сбраживаемого навоза и обоснованы рациональные параметры пульсационного перемешивания.

В соответствии с поставленной целью и выдвинутой гипотезой сформулированы задачи исследования, указанные в общей характеристике диссертации.

Во второй главе - «Теоретические исследования системы пульсационного перемешивания сбраживаемого навоза», - исходя из основных свойств жидкого навоза, определены рациональные режимы метанового сбраживания для расчета оптимальной системы пульсационного перемешивания, выведены аналитические зависимости параметров принудительного и свободного пульсирующего движения сбраживаемой массы от свойств навоза, объема биореактора и мощности компрессора.

Установлено, что рациональной влажностью навоза для пневмогидравлических систем перемешивания можно считать 89 - 91%. Навоз такой влажности имеет вязкость - 0,2 Па.с, предел текучести - 20 Па и липкость - 1,8 кПа, при которых сопротивление движению навоза в биореакторе незначительно. Установлено, что при данной влажности достигается высокая эффективность метанового сбраживания навоза.

Для получения зависимостей, связывающих параметры пульсации, и характеристики реактора и компрессора рассмотрим процесс принудительного движения навоза в системе, представленной на рис. 1

Исходя из условий равновесия давлений и постоянства объема массы в биореакторе, получим выражения для определения высоты опускания и подъема навоза соответственно в наружном (X) и внутреннем (Y) цилиндрах биореактора:

$$X = \frac{(P_2 - P_1) R_1^2}{\gamma R_2^2}$$

$$Y = \frac{(P_2 - P_1)(R_2^2 - R_1^2)}{\gamma R_2^2} \quad (1)$$

где R_1 и R_2 - радиусы соответственно внутреннего и наружного цилиндров биореактора, м; P_1 и P_2 - давление газовой фазы соответственно во внутреннем и наружном цилиндрах биореактора, Па; γ - удельный вес навоза, Н/м³.

Исходя из условия равенства $Q_x = Q_y$, выведем выражение, связывающее переменные X и Y:

$$Y \left[R_1^2 - R_2^2 - \frac{(R_1^2 - R_2^2)^2}{\ln \frac{R_1}{R_2}} \right] = X R_1^2 \quad (4)$$

Перемещение сбрасываемого навоза из одного цилиндра в другой происходит как истечение через насадки под переменным напором. Выражение для потока имеет вид

$$Q_x = Q_y = Q = \sqrt{2g(X+Y)} \sum_{i=1}^n \mu_i f_i, \quad (5)$$

где μ_i — коэффициент расхода через i -ю насадку; f_i — площадь поперечного сечения i -й насадки, m^2 .

Дифференциальные уравнения движения навоза во внутреннем и наружном цилиндрах примут вид

$$\begin{aligned} F_1 dX &= Q_1 dt, \\ F_2 dY &= Q_2 dt \end{aligned} \quad (6)$$

где F_1 и F_2 — площади сечения соответственно наружного и внутреннего цилиндров биореактора, m^2 ; dX и dY — элементарное понижение уровня в наружном и подъем его во внутреннем цилиндрах за время dt .

Дифференциальное уравнение процесса пульсационного перемещения сбрасываемого навоза при опускании:

$$dt = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2} \frac{d(X+Y)}{\sqrt{2g(X+Y)} \sum_{i=1}^n \mu_i f_i} \quad (7)$$

Время возврата сбрасываемого навоза на исходный уровень

$$T_2 = \frac{F_1 F_2}{(F_1 + F_2) \sum_{i=1}^n \mu_i f_i} \int_0^H \frac{d(X+Y)}{\sqrt{2g(X+Y)}} = \frac{F_1 F_2}{(F_1 + F_2) \sum_{i=1}^n \mu_i f_i} \sqrt{\frac{2A}{g}} \quad (8)$$

Дифференциальные уравнения изменения объема газовой части биореактора во внутреннем и наружном цилиндрах

$$\begin{aligned} dV_1 &= F_1 dt \\ dV_2 &= F_2 dt \end{aligned} \quad (9)$$

Исходя из условия неразрывности, $dV_1 = dV_2$.
Тогда

$$\frac{dA}{dA} = \frac{F_1}{F_2} \quad (10)$$

Дифференциальное уравнение изменения объема газа в цилиндрах биореактора:

$$dV_{12} = Q_k dt \quad (11)$$

Дифференциальное уравнение перемещения навоза при подъеме

$$dt = \frac{F_1}{Q_k} dA = \frac{F_2}{Q_k} da \quad (12)$$

где Q_k – расход газового компрессора, м³/с.

Время подъема навоза во внутреннем цилиндре для максимальной амплитуды пульсации

$$T_1 = \frac{F_1}{Q_k} \int_{A_0}^{A_1} dA = \frac{F_2}{Q_k} \int_{a_0}^{a_1} da \frac{F_1}{Q_k} (A_0 - A_1) = \frac{F_2}{Q_k} (Q_1 - Q_0) \quad (13)$$

Тогда продолжительность, частота и интенсивность принудительной пульсации будут равны:

$$\begin{aligned} T &= T_1 + T_2 \\ f &= \frac{1}{T} \\ V_n &= Hf \end{aligned} \quad (14)$$

Выведенный из положения равновесия сжимаемый навоз в этой системе при свободном сообщении газовой и жидкой частей совершает свободное пульсирующее движение.

Запишем выражения для скоростей перемещения уровней навоза во внутреннем и наружном цилиндрах при свободных пульсациях:

$$v_1 = - \frac{R_2^2 - R_1^2}{R_2^2} \cdot \frac{dZ}{dt}, \quad (15)$$

$$v_2 = - \frac{R_1^2}{R_2^2} \cdot \frac{dZ}{dt}, \quad (16)$$

Рассматривая движение навоза во внутреннем и наружном цилиндрах как ламинарное течение вязкой жидкости в трубопроводах круглого и кольцевого сечений, получим:

$$h = - \frac{8\nu\ell_1 (R_2^2 - R_1^2)}{g R_2^2} \frac{dZ}{dt},$$

$$h_{u2} = - \frac{f (R_2/R_1) \nu \ell_1 R_1^2}{2g (R_2 - R_1)^2 R_2^2} \frac{dZ}{dt}, \quad (17)$$

где ν - кинематическая вязкость навоза, $\text{м}^2/\text{с}$; $f(R_2/R_1)$ - коэффициент соотношений радиусов кольца.

Считая проход из внутреннего цилиндра в наружный свободным, но внезапным, определим местное сопротивление перехода по выражению

$$h_M = \frac{(R_2^2 - R_1^2)^2}{\alpha_1 g R_1^2} \left(\frac{dZ}{dt} \right)^2, \quad (18)$$

где $\alpha_1 = 2$ - коэффициент Кориолиса для случая стабилизированного ламинарного течения вязкой жидкости по круглому сечению.

Инерционный напор для случая движения навоза с ускорением во внутреннем и наружном цилиндрах определяем по выражениям

$$h_{in1} = \frac{\ell_1 (R_2^2 - R_1^2)}{g R_2^2} \frac{d^2 Z}{dt^2};$$

$$h_{in2} = - \frac{\ell_1 R_1^2}{g R_2^2} \frac{d^2 Z}{dt^2}; \quad (19)$$

Учитывая выражения (19) воспользовавшись уравнением Бернулли, запишем дифференциальное уравнение свободного пульсирующего движения навоза в виде

$$\frac{\ell}{2g} \left[\frac{(R_2^2 - R_1^2) - R_1^2}{R_1^4} \right] \left(\frac{dZ}{dt} \right)^2 - \frac{(2R_2^2 - R_2^2)}{g R_1^2} \left(\frac{dZ}{dt} \right) + \frac{8v\ell_1 (R_1^2 - R_2^2) - R_1^4}{g R_1^2 R_2^2} \frac{dZ}{dt} + \frac{f(R_2/R_1)v\ell R_2^2}{2g(R_1 - R_2)^2 R_2^2} \frac{dZ}{dt} + \frac{\ell_1 (R_2^2 - R_1^2) + \ell_2 R_2^2}{g R_1^2} \frac{d^2 Z}{dt^2} + Z = 0$$

или

$$a_0 \frac{d^2 Z}{dt^2} + a_1 \frac{dZ}{dt} + a_2 Z = 0, \quad (20)$$

$$a_0 = \frac{\ell_1 (R_2^2 - R_1^2) + \ell_2 R_2^2}{g R_1^2}$$

где

$$a_0 = \frac{\ell_1 (R_2^2 - R_1^2) + \ell_2 R_2^2}{g R_1^2}, \quad a_2 = 1$$

$$a_1 = \frac{16v\ell_1 (R_2^2 - R_1^2)(R_1 - R_2)^2 + f(R_2/R_1)v\ell R_2^2}{2g(R_1 - R_2)^2 R_2^2 R_1^2}$$

Для полученного линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами характеристическое уравнение получит вид

$$ax^2 + ax + a_2 = 0. \quad (21)$$

Параметры для типоразмера биореактора с рабочим объемом 10 м^3 :

$$l_1 = 3,5\text{ м}; R_1 = 0,5\text{ м}; R_2 = 1,25\text{ м}; Z_0 = 0,5\text{ м}.$$

$$l_2 = 2,9\text{ м}; v = 0,00017\text{ м}^2/\text{с}; f(R_2/R_1) = 94,7$$

Значения постоянных коэффициентов составят:

$$a_0 = 0,34\text{ м}/\text{с}^2; a_1 = 0,23\text{ м}/\text{с}; a_2 = 1\text{ м}.$$

Так как $a_1^2 - 4a_0a_2 = 0,529 - 1,36 = -0,89 < 0$, то корни характеристического уравнения (21) $x_{1,2}$ будут комплексными и решение уравнения (20) примет вид:

$$Z = e^{\sigma t} (A \cos \omega t + B \sin \omega t) \quad (22)$$

Постоянные А и В определяем по начальным условиям

$$t=0; \quad Z=Z_0; \quad \frac{dZ}{dt}=0; \quad A=Z_0; \quad B=-Z_0 \frac{\sigma}{\omega}.$$

Тогда амплитуда свободного пульсирующего движения субстрата в биореакторе изменится по следующему закону:

$$Z = Z_0 \sigma e^{\sigma t} \left(\cos \omega t + \frac{\sigma}{\omega} \sin \omega t \right), \quad (23)$$

$$Z = Z_0 \sigma e^{\sigma t} \left(\cos \omega t - \frac{\sigma}{\omega} \sin \omega t \right),$$

$$\sigma = \frac{\mu}{2 a_0}, \quad \omega = \frac{\sqrt{4a_0^2 - \mu^2}}{2 a_0}.$$

На основании приведенных параметров получим значение максимальной амплитуды $Z_{\max} = 0,46$ м и периода $T=3,66$ с, а также скорости $v_n = 0,12$ м/с свободно-пульсирующего движения навоза в биореакторе.

В третьей главе - "Программа и методика экспериментальных исследований" - охарактеризованы программа экспериментальных исследований, методика определения влияния пульсационного перемешивания на показатели процесса брожения навоза, методика определения рациональных параметров пульсационного перемешивания сбраживаемого навоза, приведены описание экспериментальной установки метанового сбраживания и методика проведения на ней опытов.

Программой экспериментальных исследований предусмотрено решение таких задач, как определение:

- влияния пульсационной скорости на выделение газовых пузырьков;
- влияния пульсационной скорости на продольное перемешивание сбраживаемой массы;
- влияния влажности навоза на интенсивность метаногенеза;
- рациональной частоты перемешивания субстрата;
- зависимости выхода биогаза от амплитуды и частоты пульсаций;
- апробация системы пульсационного перемешивания с рациональными параметрами на опытном образце установки метанового сбраживания.

В экспериментальных исследованиях использован бесподстильный навоз крупного рогатого скота молочно-товарной фермы Учхоза ТИИМСХ (ныне - ТИИМ).

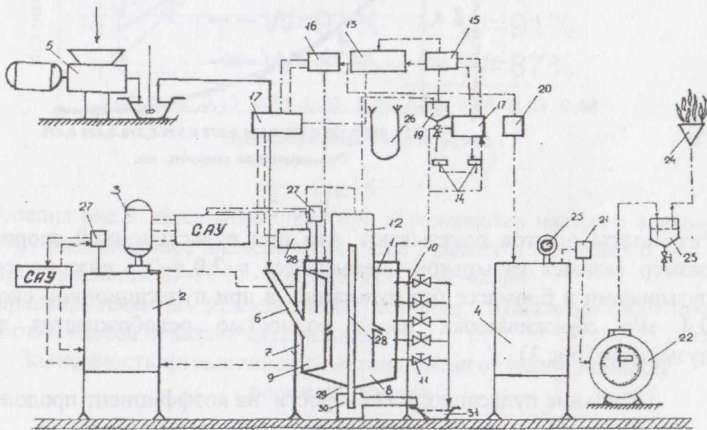
Для обоснования рациональных параметров пульсационного перемешивания сбраживаемого навоза использовалась методика планирования и обработки результатов многофакторного эксперимента. Для

исследования влияния пульсации на показатели метанового брожения навоза разработаны частные методики.

На основании изучения литературных источников, данных теоретических и предварительных лабораторных исследований разработан способ метанового брожения навоза с системой пульсационного перемешивания. Согласно этому способу, исходная масса выдерживается в камере брожения перед смешиванием, анаэробно сбраживается в биореакторе с периодическим возвратно – поступательным движением, причем отбор сбраженного субстрата из биореактора осуществляется раздельно по уровням с дифференциацией времени сбраживания каждого уровня. При сбраживании обеспечивается стабильный температурный режим.

Для проведения экспериментальных исследований разработана экспериментальная установка метанового сбраживания с системой пульсационного перемешивания (рис. 2.)

Принципиальная схема экспериментальной установки метанового Сбраживания



1 - биореактор; 2 - термостат; 3 - циркуляционный насос; 4 - газгольдер; 5 - измельчитель; 6 - трубопровод загрузки; 7 - теплообменник; 8 - камера сбраживания; 9 - выдерживатель; 10 - пробоотборные патрубки; 11 - краны; 12 - газосборник; 13 - газовый компрессор; 14 - регулятор давления; 15, 16, 18, 20, 21- электромагнитные клапаны; 17- программное устройство; 19- пеноуловитель; 22 - газовый счетчик; 23 - пламягаситель; 24 - горелка; 25 - манометр; 26 - водяной мановакуумметр; 27 - регулятор температуры; 28 - цилиндр; 29 - трубопровод выгрузки; 30 - гидравлический затвор; 31 - емкость для сбраженной массы; —; —; — соответственно линии навоза, горячей воды, и биогаза.

Рис. 2.

В четвертой главе - «Обоснование режимных параметров пульсационного перемешивания сбраживаемого навоза» - приведены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния пульсационной скорости и влажности навоза на выделение газовых пузырьков, продольное перемешивание сбраживаемого субстрата, интенсивность метаногенеза. Определены рациональная частота перемешивания и зависимость выхода биогаза от амплитуды и частоты пульсаций. Полученные результаты проверены на опытной полупроизводственной установке.

Изученное влияние пульсационного перемешивания на показатели брожения навоза.

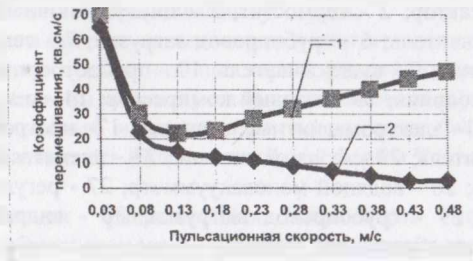
Изменение диаметра газовых пузырьков в зависимости от пульсационной скорости



Рис. 3.

Результаты опытов показывают, что при пульсационной скорости 0,1 м/с размер газовых пузырьков уменьшается в 2,0 - 2,5 раза по сравнению с пузырьками в биомассе без пульсации, а при пульсационной скорости 0,30-0,4 м/с сбраживаемый навоз полностью освобождается от газовых пузырьков.(рис.3).

Влияние пульсационной скорости на коэффициент продольного перемешивания частиц сбраживаемой массы



1- в биореакторе без насадки; 2 - в биореакторе с насадками.

Рис. 4.

Из рис.4 видно, что в биореакторе с насадками при увеличении пульсационной скорости с 0,05 до 0,20 м/с достигнуто резкое снижение коэффициента продольного перемешивания с 60 до 15 см²/с по сравнению с коэффициентом перемешивания в биореакторе без насадки.

Интенсивность метаногенеза в зависимости от пульсационной скорости и влажности исходного навоза

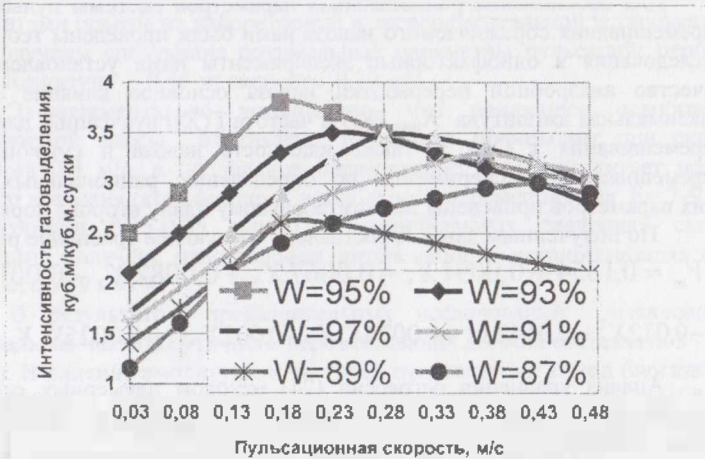


Рис. 5.

Анализ рис.5 показывает, что при сбраживании навоза с влажностью 93 - 97% рациональное значение скорости лежит в пределах 0,15 - 0,25 м/с, а при влажности 87-91 % - в пределах 0,30-0,40 м/с

Предварительные исследования влияние пульсации на качество переработки навоза показали следующие.

Зависимость интенсивности метаногенеза от периода между перемешиваниями



Рис. 6.

Из графических зависимостей видно, что максимальная интенсивность метанового сбраживания достигается при периоде между перемешиваниями около 8 ч., т.е. при пульсационном перемешивании сбраживаемого навоза - 3 суток⁻¹. Исследованиями также установлено, что увеличение длительности разового пульсационного перемешивания в одном цикле более 12 - 14 мин. приводит к снижению интенсивности метанового сбраживания.

Для обоснования рациональных параметров системы пульсационного перемешивания сбраживаемого навоза нами были проведены теоретические исследования и однофакторные эксперименты нами установлено, что на качество анаэробной переработки навоза основное влияние оказывают максимальная амплитуда A_{\max} (X_1) и частота f (X_2) пульсаций, длительность перемешивания τ (X_3), а также влажность навоза и суточная частота перемешивания. Эксперименты по определению рациональных значений этих параметров проведены по ротатбельному плану второго порядка.

По полученным данным составлено следующее уравнение регрессии:

$$V_m = 0,1854 + 0,0091X_1 - 0,0067X_2 + 0,0082X_3 - 0,0018X_1^2 - 0,012X_2^2 - 0,0142X_3^2 + 0,0074X_1X_2 + 0,002X_1X_3 - 0,0025X_2X_3, \quad (24)$$

Анализ уравнения регрессии (24) методом двумерных сечений дал следующие рациональные значения параметров пульсационного перемешивания:

$$A_{\max} = 0,27 \dots 0,3 \text{ м}, \quad f = 0,12 \dots 0,16 \text{ с}^{-1}, \quad \tau = 12 \dots 14 \text{ мин.}$$

При этих значениях параметров выход биогаза на единицу массы ОВ составляет около 0,19 м³/кг, а степень распада ОВ - 53 - 55 %.

Результаты испытаний полупроизводственной установки с предлагаемой системой перемешивания показали, что содержание метана в биогазе, получаемом при исследованиях, составляет 68 - 71 %. Содержание калия и фосфора в сбраженной массе при этом практически не меняется, а содержание азота снижается незначительно: белковая форма уменьшается до 8 % при одновременном увеличении аммиачной формы до 7,5 % а смена сорняков полностью теряют полевую всхожесть.

В пятой главе "Оценка экономической эффективности установки метанового брожения с предложенной системой перемешивания навоза" - приведено её технико-экономическое обоснование.

Расчеты показали, что для фермы на 50 голов коров потребуется установка с объёмом биореактора 4 м³ и производительностью переработки навоза около тонны в сутки при влажности 90 %.

Ожидаемый годовой экономический эффект от применения установки метанового брожения навоза с предложенной системой перемешивания на молочно - товарной ферме на 50 голов коров за счет производимого товарного биогаза, прибавки урожая при использовании сбраженного жидкого навоза, отсутствии загрязнения водных источников и атмосферы с учетом приведенных затрат составит 927700 сум (в ценах апреля 2005г.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Существующие способы и системы перемешивания сбраживаемого навоза недостаточно эффективно обеспечивают рациональные сроки сбраживания массы навоза в биореакторе и её полное освобождение от газовых пузырьков.

2. Выведены аналитические зависимости параметров пульсации системы перемешивания от размеров установки, подтвержденные результатами опытов на лабораторной и экспериментальной установках. При этом получены следующие оптимальные параметры пульсаций: период – 3,66 с; амплитуда – 0,46 м; скорость 0,12 м/с

3. Экспериментально установлено, что наилучшее освобождение сбраживаемой массы от газовых пузырьков происходит при скорости пульсации 0,3 м/с, а продольное перемещение массы достигает незначительного значения (коэффициент продольного перемешивания $E=7-9 \text{ см}^2/\text{с}$) при скорости 0,25-0,35 м/с. При рациональных значениях скорости пульсации получена максимальная интенсивность метаногенеза для навоза влажностью 89 - 91%.

4. В результате предварительных исследований выявлено, что рациональная частота суточного перемешивания должна составлять 3 - 4 раза в сутки. Влияние амплитуды и частоты пульсации на выход биогаза имеет вид параболы, причем максимальное количество выделившегося биогаза соответствует амплитудам пульсаций 0,13 - 0,47 м, частота пульсаций 0,08 - 0,29 с⁻¹, длительности пульсации, имеющей вид минимакса.

5. Многофакторный эксперимент с применением предлагаемой системы перемешивания позволил установить, что выход биогаза на единицу биомассы ОВ навоза достигает своего наибольшего значения 0,19 м³/кг ОВ при частоте пульсаций 0,12 - 0,16; их длительности 12 - 15 мин и амплитуде 0,27 - 0,30 м. Степень распада ОВ составляла 53 - 55%.

6. Опытами на полупроизводственной установке с предлагаемой системой перемешивания показано, что содержание метана в биогазе составляет 68...71 %, содержание калия и фосфора в сбраживаемой массе практически не меняется, а азота снижается незначительно: белковая форма уменьшается до 8% при одновременном увеличении аммиачной формы до 7,5%, и при этом семена сорняков полностью теряют полевую всхожесть.

7. Расчет технико-экономических показателей установки для фермерских хозяйств на 50 голов крупного рогатого скота позволил установить следующее: при производительности по переработке навоза 1 т/сутки выработке биогаза 15 м³/сутки и объеме биореактора 4 м³, годовой экономический эффект от реализации разработок составит 927700 сумов (в ценах 2005 г.), а срок окупаемости - 1,7 год.

8. Дальнейшее исследование следует вести в направлении обоснования параметров предлагаемой системы перемешивания для других видов сельскохозяйственных отходов.

Библиотека

УкрСХИ

ИЧР

а-140фт

СПИСОК АВТОРА ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Халилов Н.Т., Эшанкулов У.Д., Рахматов Б.Ф. О возвратно-поступательном перемешивании многокомпонентных жидкостей в проточном метантеке: Тез. докл. Республ. Конференции, посвящен. 85-летию академика АН РУз Х.А.Рахматулина и 70-летию член-корр. АН РУз Д.Ф.Файзуллаева. – Ташкент, 1994. - 21 с.
2. Халилов Н.Т., Эшанкулов У.Д., Рахматов Б.Ф. Значение перемешивания в обработке биомассы в биогазовой установке Тез. докл. научно-практ. конфер. проф.- преп. состава, посвящ. 60- летию ТИИМСХ.- Ташкент, 1994. -116 с.
3. Рахматов Б.Ф., Эшанкулов У.Д., Халилов Н.Т. Моделирование биотехнического процесса в проточном метантеке : Тезисы докл. научно-практической конференции ТИИМСХ “ГИКХМИИнинг Ўзбекистон Республикаси илмий - техникавий, иқтисодий - ижтимоий муаммоларни хал қилишдаги хиссаси” Тошкент , 1994. – 60-61 бетлар.
4. Салимов А.У., Эшанкулов У.Д. Рахматов Б.Ф., Халилов Н.Т. Суюк органик чиқиндиларга бионергетик қурилмада қатлавлар бўйича ишлов бериш технологик жараёнини математик моделлаштириш Тез. Докл. Международн. Научно-техн. симпозиума “Разработка, производство и эксплуатация сельскохозяйственных машин в условиях рыночной экономики” – Ташкент, 1994.с -69-70.
5. Эшанкулов У.Д., Халилов Н.Т., Рахматов Б.Ф. Исследования процесса расслоения многокомпонентных сред для обработки в метантенке: Тез.докл. Республ. конференции, посвящ. 85 – летию академика АН РУз Х.А.Рахматулина и 70-летию член-корр. АН РУз Д.Ф. Файзуллаева. – Ташкент, 1994. – 21с.
6. Эшанкулов У.Д., Халилов Н.Т., Рахматов Б.Ф. Суюк гунглинг қатлавларида хоссасининг биологик газ ажратиш жараёнига таъсири : Тез.докл. научно-практ. конф. проф. - преп.состава, посвящ. 60-летию ТИИМСХ.-Ташкент, 1994. -68с.
7. Рахматов Б.Ф., Эшанкулов У.Д., Халилов Н.Т., Исследование биотехнологического процесса в оригинальной конструкции проточного метантека: Тез.докл. научно-практ. конф. проф. - преп. состава, посвящ. 60-летию ТИИМСХ. - Ташкент, 1994.- 167 с.
8. Рахматов Б.Ф., Халилов Н.Т., Абсейделла Ал Каваба. Поперечное перемешивание частиц в слоях сбраживаемого субстрата: Актуальные проблемы прикладной механики: Международн. научн. тр., посвящ. 90-летию со дня рождения великого писателя М.Т. Айбека и 50 – летию Победы в Великой Отечественной войне.- Ташкент, 1995.
9. Предварительный патент № 2881 (UZ) МПК 5 А01С 3/00. Способ переработки жидкого органического субстрата и установка для его осуществления //Эшанкулов У.Д., Рахматов Б.Ф., Халилов Н.Т. Расмий ахборотнома- 1995. -№4.

10. Рахматов Б.Ф., Халилов Н.Т., Эшанкулов У.Д. Распределение органических веществ при метановом сбраживании // Сельское хозяйство Узбекистана.-1996.-№6-34с.

11. Рахматов Б.Ф., Халилов Н.Т., Умурзаков У.П. Исследование кинетики метаногенеза из жидких органических отходов. Повышение технологического уровня процессов механизмов эксплуатации и ремонта сельскохозяйственной техники: Сборник Труды ТИИИМСХ.- Ташкент,1996.

12. Рахматов Б.Ф., Халилов Н.Т., Ибрагимов Х.И. Исследование кинетики метаногенеза из жидких органических отходов // Материалы. Международной научно-технической конференции "Теория машин и инженерные проблемы" Ташкент, 1998. – 126с.

13. Рахматов Б.Ф., Халилов Н.Т. Пульсационное перемешивание сбраживаемого навоза. // Аграрная наука ежемесячный научно-теоретический и производственный журнал – М - № 10. 2001 - 25с.

Техника фанлари номзоди илмий даражасига талабгор Халилов Норбой Товбаевичнинг 05.20.01 – кишлок хужалиги ишлаб чиқаришини механизациялаш ихтисослиги бўйича «Биогаз қурилмасида йирик шохдор қорамоллар гўнгни пульсацияли аралаштиришни ишлаб чиқиш ва иш режимларини асослаш» мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕ СИ

Таянч (энг муҳим) сузлар: органик чикиндилар, гўнг намлиги, анаэроб қайта ишлаш, метанли бижғитиш, пульсацияли аралаштириш, биогаз, биреактор, пульсация частотаси, амплитудаси ва даврийлиги.

Тадқиқот объектлари: биогаз қурилмасида гўнгни пулсацияли аралаштириш ва унинг асосий параметрлари.

Ишнинг мақсади: биогаз қурилмасида йирик шохли қорамоллар гўнгни қайта ишлаш самарадорлигини рационал режимларда даврий пульсацияли аралаштириш йули билан ошириш.

Тадқиқот усули: биогаз қурилмасида гўнгни пульсация аралаштиришнинг иш режимларини асослаш тадқиқотлари математик режаиштириш асосида утказилди, гўннинг ҳамда биогазнинг характеристикалари ГОСТ талабларига мувофиқ холда аниқланди, аналитик ва экспериментал боғлиқларни келтириб чиқаришда гидрогазодинамика қонуниятлари ва математик статистика усулларидан фойдаланилди.

Олинган натижалар ва уларнинг яшилиги: утказилган тадқиқотлар асосида биогаз қурилмасида гўнгни пульсация аралаштириш ишлаб чиқилди ва унинг иш режимлари асосланди.

Қайта ишлаш сифатига пульсацияли аралаштириш параметрларининг таъсирини ифодаловчи регрессия тенгламаси кўринишидаги математик модель, пульсацияли аралаштиришнинг конструктив ва технологик параметрларини аниқлаш учун аналитик боғлиқликлар, пульсация давомида қайта ишланаётган массада газ пуфакчалари тезроқ чиқиши ва қайта ишланаётган массанинг кундаланг аралашинининг камайиш қонуниятлари ишлаб чиқилди.

Амалий аҳамияти: иш режимлари асосланган пулсацияли аралаштиришли биогаз қурилмасини йирик шохли қора мол гўнгни қайта ишлашга қўллаш самарадорликни ошириш имконини берди. Бунда гўнг таркибидаги азотнинг оксил формаси 8 % камайиб аммиакли шакли 7,5 %га ошди, 1кг курук органик массасидан олинган газ миқдори 10–15 % ошиб 0,19 м³га етди, шунингдек бегона ўтлар уруғларининг униб чиқиш қобилияти тула йўқотилди.

Тадбиқ этиш даражаси ва иктисодий самарадорлиги: илмий иш натижалари Ўзбекистон Республикаси дехқон ва фермерлар уюшмаси тамонидан жорий қилишга қабул қилинган. Натижаларни 50 бош йирик шохли қора молга эга фермер хужалигида тадбиқ қилишдан олинган йиллик иктисодий самара 2005 йил 1 апрел нархлари бўйича 927700 сўмни ташкил этди.

Қўлланиш (фойдаланиш) соҳаси: кишлок хужалиги техник воситаларида.

РЕЗЮМЕ

диссертации Халилова Норбая Товбаевича на тему «Разработка и обоснование режимных параметров пульсационного перемешивания навоза крупного рогатого скота в биогазовой установке» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 - Механизация сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: органические отходы, влажность навоза, органическое вещество, анаэробная переработка, метановое брожения, пульсационное перемешивание, биогаз, частота и амплитуда пульсации, биогазовая установка.

Объекты исследования: биогазов установка с пульсационным перемешиванием сбраживаемого навоза и его основные режимные параметры.

Цель работы: повышение эффективности переработки навоза КРС в биогазовой установке путем периодического, пульсационного перемешивания в рациональных режимах.

Метод исследования: рациональные режимные параметры пульсационного перемешивания навоза определены планированием эксперимента, характеристики навоза; состав биогаза определены по соответствующим ГОСТам, аналитические и экспериментальные выражения выведены на основе законов гидродинамики и математической статистики.

Полученные результаты и их новизна: на основе проведенных исследований разработаны и обоснованы режимные параметры пульсационного перемешивания сбраживаемого навоза в биогазовой установке. Разработана математическая модель в виде уравнения регрессии процесса влияния пульсационного перемешивания на качество переработки навоза, получены аналитические зависимости для определения технологических и конструктивных параметров пульсационного перемешивания, закономерности освобождения от газовых пузырей и снижения продольного перемешивания сбраживаемой массы при пульсациях.

Практическая значимость: использование разработанной биогазовой установки (РУз № 2881 (UZ)) с обоснованными режимными параметрами пульсационного перемешивания позволили повысить эффективность переработки навоза крупного рогатого скота. Белковая форма азота уменьшается до 8 % при одновременном увеличении аммиачной формы до 7,5 %, выход горючего биогаза увеличивается на 10-15 % и составляет 0,19 м³ на 1 кг сухой органической массы навоза, полностью теряется выход семян сорняков, содержащихся в исходном навозе.

Степень внедрения и экономическая эффективность: результаты исследований приняты к внедрению в Ассоциацией дехканских и фермерских хозяйств РУз. Годовой экономической эффект от применения разработанной установки в фермерском хозяйстве на 50 голов КРС по ценам на 1 апреля 2005 г. составляет 927700 сум.

Область применения: в качестве технического средства для сельского хозяйства

Resume

Dissertation of Khalilov Narbay Tovbayevich on the subject of "Development and grounding of mode parameters of pulsating mixing of manure KRS in biogas utility" was prepared for an academic degree of candidate of engineering sciences- specialization: mechanization of agriculture production.

Key words: Organic wastes (excrements of animals), humidity of manure, organic substance, anaerobic processing, methane fermentation, pulsating mixing, manure gas, pulsating frequency and amplitude, manure gas utility, organic manure.

Subject of the inquiry: Pulsating fermentation of manure system in bioreactor and its' general parameters.

Aim of inquiry: Improving effectiveness of processing the manure KRS by anaerobic fermentation with periodical, pulsating mixing in manure gas utility.

Method of inquiry: Experiment was planned to define mode parameters of pulsating mixing of fermented manure in bioreactor. The characteristics of initial and processed manure, also the structure of manure gas was defined according to the State determined standards. Hydro-gasdynamics and mathematical statistics laws were use to receive analytical an experimental expressions.

The results achieved and their novelty: On the base of conducted research developed and grounded mode parameters of pulsating mixing of fermented manure in biogas utility.

Developed mathematical model of the affecting process of pulsating mixing to quality of processing the manure in regression equation. Was founded analytic dependences for defining the technological and constructive parameters pulsating mixing, regularity of releasing from gas bubbles and reducing the longitudinal of mixing the mass during pulsating.

Practical value: The exploitation of the developed biogas utility (RUz №2881) with grounded mode parameters of pulsating mixing let improve processing effectiveness manure KRS. Aluminous form of nitrogen was reduced for 8% while ammonia was increased for 7,5%. The leaving of gas was improved for 10-15% and approaches 0,19 m³ in 1 kg dry organic mass of manure. Seeds of weed, contained in initial manure lose there germination.

Degree of embed and economic effectivity: The research results was accepted to introducing in associations of dehkans and farmers economies of RUz. Yearly economical effect of using the developed utility in farm economy for 50 heads KRS at 1st Aprils 2005 prices was 927 700 som.

Sphere of usage: Technical tool for agriculture

