

УДК 636.4.033

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА В УСЛОВИЯХ МАЛЫХ ФОРМ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ АПК

Котелевская Елена Анатольевна

к.т.н., доцент

Scopus Author ID: 788 241

РИНЦ SPIN-код: 6276-1524

9183119059@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина 13

Туманова Марина Ивановна

к.т.н., доцент

Scopus Author ID: 676 203

РИНЦ SPIN-код: 1927-7090

tumanova-kgau@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина 13

Дещенко Ксения Васильевна

студентка

deshch_henko@mail.ru

ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ им. И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия

В настоящее время при производстве продукции животноводства значительную часть производят на предприятиях малых форм хозяйствования. Однако, остается проблема утилизации отходов животноводства в условиях малых форм хозяйствования, которая является неотъемлемой задачей при производстве молока, мяса. Существуют различные способы и методы утилизации, но перспективным методом переработки отходов является процесс производства биогаза из экскрементов животных. Производство биогаза как средство альтернативной энергетики способствует снижению содержания вредных микроорганизмов в конечном продукте, улучшает утилизацию органических отходов животноводства и снижает негативное воздействие их на окружающую среду. В данной статье проведен анализ химического состава навоза, этапов производства биогаза из подстилочного навоза, представлено техническое решение по модернизации схемы существующей биореактора-метантенка ИБГУ-1

Ключевые слова: БИОГАЗ, ПРОИЗВОДСТВО, ТЕХНОЛОГИЯ, БИОМАССА, МЕТАН,

UDC 636.4.033

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

ON THE ISSUE OF IMPROVING THE PROCESSING OF ANIMAL BY-PRODUCTS IN THE CONDITIONS OF SMALL FORMS OF AGRICULTURAL ECONOMY

Kotelevskaya Elena Anatolyevna

Cand.Tech.Sci., docent

Scopus Author ID: 788 241

RSCI SPIN-code: 6276-1524

9183119059@mail.ru

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Tumanova Marina Ivanovna

Cand.Tech.Sci., docent

Scopus Author ID: 676 203

RSCI SPIN-code: 1927-7090

tumanova-kgau@mail.ru

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Deshchenko Ksenia Vasilyevna

student

deshch_henko@mail.ru

«Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Krasnodar, Russia

Currently, in the production of livestock products, a significant part is produced at small enterprises. However, there remains the problem of recycling animal husbandry waste in small-scale farming, which is an integral task in the production of milk and meat. There are various ways and methods of disposal, but a promising method of waste recycling is the process of producing biogas from animal excrement. The production of biogas as a means of alternative energy helps to reduce the content of harmful microorganisms in the final product, improves the utilization of organic waste from animal husbandry and reduces their negative impact on the environment. This article analyzes the chemical composition of manure, the stages of biogas production from litter manure, and presents technical solutions for upgrading the scheme of the existing bioreactor-methane tank IBGU-1

Keywords: BIOGAS, PRODUCTION, TECHNOLOGY, BIOMASS, METHANE, ANIMAL

ЖИВОТНОВОДСТВО, НАВОЗ, ТЕМПЕРАТУРА,
СБРАЖИВАНИЕ, РЕЖИМ, БАЛАНС

HUSBANDRY, MANURE, TEMPERATURE,
FERMENTATION, MODE, BALANCE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-200-031>

Введение. В Краснодарском крае зарегистрировано около 13 тыс. крестьянских по состоянию на январь 2023 года (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей, а также более 1,1 млн личных подсобных хозяйств. В 2023 году в России вступили в силу правила утилизации побочной продукции животноводства (ППЖ).



Рисунок 1 – Статические данные количества побочной продукции животноводства на разных форм хозяйствования в год по Краснодарскому краю.

Отходы от деятельности сельскохозяйственных животных нуждаются в утилизации, так как согласно сведениям ФККО экскременты от разных видов животных в зависимости от свежести относятся к 3-5 классам опасности. По статистическим данным двадцать четыре процента составляют малые формы хозяйствования в общем количестве побочной продукции животноводства.

Навоз представляет собой воды и органических удобрений и различных микроэлементов (рисунок 2). В зависимости от технологии содержания животных его подразделяют на постилочный навоз и бесподстилочный. К органическим подстилкам относятся солома, опилки,

<http://ej.kubagro.ru/2024/06/pdf/31.pdf>

торф и переработанный навоз. Подстилка из соломы на хорошо впитывает влагу и сохраняет тепло.



Рисунок 2 – Химический состав навоза

Побочная продукция животноводства – это полидисперсная суспензия, состоящая из органических компонентов и минеральных веществ, образованная экскрементами сельскохозяйственных животных и птицы, кормовых остатков, газов, технологической воды.

Существует различные виды технологий биогазового производства, которые используются для конвертации побочной продукции животноводства в биогаз. Применение которых позволяет решить следующие проблемы (рисунок 3):

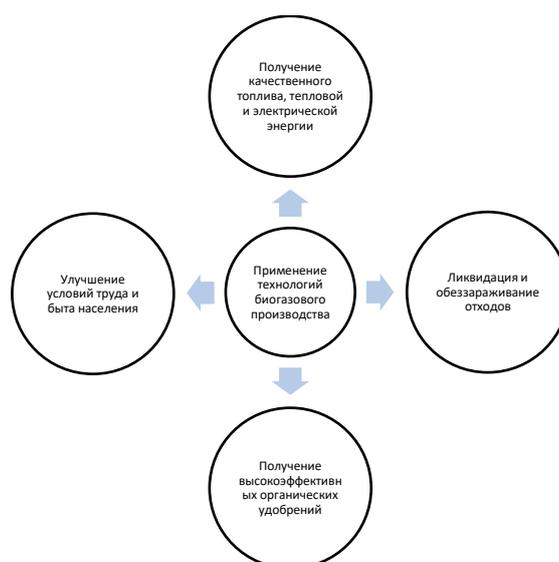


Рисунок 3 – Применение технологий биогазового производства

Биогаз производится путем анаэробного распада биомассы в виде органических побочных продуктов животноводства. Содержание одной коровы обеспечит производство 2,5 куб. м биогаза в сутки. В результате процесса формируется газовая смесь, которая содержит около 50% метана и углекислого газа. В метантенках, специальных реакторах производится производство биогаза. Процесс производства биогаза является экономически целесообразным и предпочтительным для обработки постоянного потока органических отходов, так как нет необходимости в их предварительном сборе и доставке отходов. Благодаря постоянному потоку побочных продуктов животноводства, возможно точно определить их количество и время поступления, что упрощает управление процессом производства биогаза.

Метановое брожение может происходить при различных температурных условиях, включая мезофильное и термофильное брожение. Наилучшие результаты достигаются при температуре примерно от 30°C до 40°C, что способствует развитию мезофильных бактерий. Для преодоления данной проблемы можно использовать специальные щелевые подовые горелки, специально разработанные для сжигания биогаза. Эти горелки спроектированы с учетом особенностей сгорания данного газа, включая низкую устойчивость пламени, и изготавливаются из специализированных видов сталей. Они также оборудованы сменными соплами, устойчивыми к коррозии сероводородом, и специальными механизмами для стабилизации пламени. В целом, для безопасного использования биогаза необходимо учитывать его характеристики и принимать специфические технические решения.

Цель исследования - модернизация биореактора-метантенка ИБГУ-1, путем оснащения шнека, который находится на валу мешалки, режущими сегментами трапециевидной формы, с режущей кромкой по

краям, для дополнительного измельчения материала при использовании подстилочного навоза в качестве сырья.

Материалы и методы. На первом этапе образования биогаза наблюдается активность аэробных бактерий, которые проводят процесс гидролиза, разлагая органическую массу и превращая сложные молекулы в более простые соединения (рисунок 4). Это является основой для последующих этапов образования биогаза. Уровень рН 4,5-6 и время пребывания в резервуаре также оказывают влияние на данный процесс. В процессе формирования биогаза на втором этапе значительную роль играют бактерии, способные образовывать кислоты [1]. Этот этап, который называется фазой окисления, является промежуточным перед образованием метана и происходит при уровне рН от 6 до 7,5.

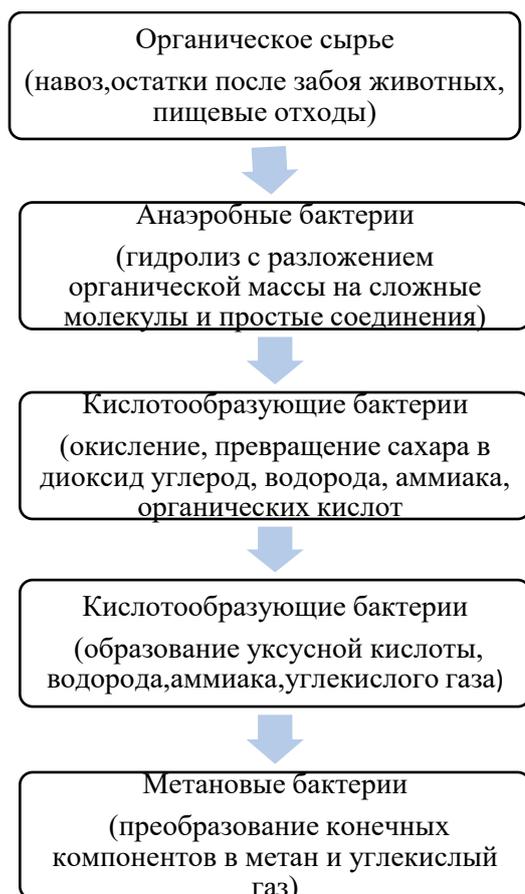


Рисунок 4 – Этапы образования биогаза

На третьем этапе происходит переход от окислительной фазы к фазе

образования метана. Кислотные соединения расщепляются под воздействием определенных групп бактерий, что приводит к образованию уксусной кислоты и других промежуточных продуктов. Этот процесс происходит при определенных температурных условиях, которые обеспечивают оптимальную активность кислотообразующих бактерий.

На заключительном этапе производства биогаза происходит окончательное образование метана, составляющего около 90%. Низкое содержание метана и высокая концентрация углекислого газа в биогазе требуют особых технических решений для обеспечения эффективного горения. Можно использовать специальные щелевые подовые горелки, специально разработанные для сжигания биогаза. Эти горелки спроектированы с учетом особенностей сгорания данного газа, включая низкую устойчивость пламени, и изготавливаются из специализированных видов сталей. Они также оборудованы сменными соплами, устойчивыми к коррозии сероводородом, и специальными механизмами для стабилизации пламени. В целом, для безопасного использования биогаза необходимо учитывать его характеристики и принимать специфические технические решения.

Анализ литературных источников существующих конструкций показал, что основными техническими средствами для производства биогаза в условиях малых форм хозяйствования является биореактор-метантенка ИБГУ-1. Нами предлагается модернизировать известную конструкцию биореактора-метантенка ИБГУ-1 путем оснащения шнека, который находится на валу мешалки, режущими сегментами трапецевидной формы, с режущей кромкой по краям, для дополнительного измельчения соломы при использовании подстилочного навоза (рисунок 5).

Принцип работы модернизированного биореактора-метантенка ИБГУ-1. Полидисперсная суспензия побочных продуктов животноводства

поступает в загрузочный люк, где происходит смешивание.

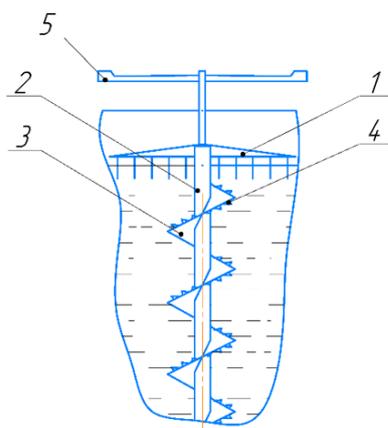


Рисунок 5- Схема модернизированного биореактора-метантенка ИБГУ-1 [1]: 1 - гребенка; 2 - вал мешалки; 3 - шнек; 4 - режущий сегмент; 5 - рукоятка-крестовина мешалки;

За счет дополнительного оснащения шнека мешалки режущими сегментами трапецевидной формы происходит дополнительное измельчение всех составляющих частей суспензии отходов животноводства (рисунок 6,7). Затем принцип работы не отличается существующего в биореакторе-метантенке ИБГУ-1. Необходимо учитывать, что использование биогаза может различаться в зависимости от различных факторов, таких как эффективность горелки, интенсивность использования и технические характеристики устройства.

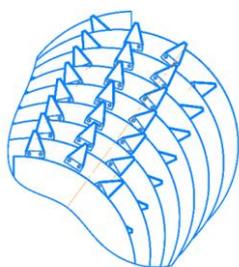


Рисунок 6 – Схема модернизированного шнека биореактора-метантенка ИБГУ-1

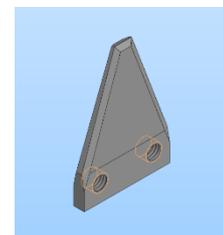
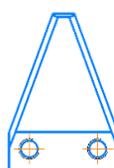


Рисунок 7- Режущий сегмент

Для предотвращения резонанса колебаний должно соблюдаться условие виброустойчивости для жесткого вала. Для этого определяется критическая угловая скорость вала $\omega_{кр}$ в воздухе. А затем производится проверка условий виброустойчивости.

Критическая угловая скорость вала в воздухе:

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{K_{кр}}{m_{пр}}} = \sqrt{\frac{13854}{55,8}} = 15,759 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Виброустойчивость вала проверяем по условиям:

а) $\omega/\omega_{кр} \leq 0,7$ – жесткий вал;

б) $1,3 \leq \omega/\omega_{кр} \leq 1,6$ – гибкий вал:

$$\frac{\omega}{\omega_{кр}} = \frac{6,597}{15,759} = 0,42$$

Следовательно, вал жесткий.

Предельная угловая скорость для жесткого вала:

$$\omega_{пр\max} = 0,7 \cdot \omega_{кр} = 0,7 \cdot 15,759 = 11,031 \frac{\text{рад}}{\text{с}} = 105,3 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Вывод. Биогаз в настоящее время все шире находит применение в различных областях, включая сельское хозяйство, животноводство. В состав биогаза входят различные примеси подстилочного навоза, включая сероводород и влагу. Процесс образования биогаза состоит из нескольких этапов, что подчёркивает сложность и многокомпонентность процесса брожения и ферментации. Биогаз может быть получен при различных температурных режимах, каждый из которых имеет свои плюсы и минусы. Выбор оптимального режима зависит от параметров работы технического средства, а также исходного сырья, конструктивных особенностей

биореактора. Условие виброустойчивости вала выполняется ($0,42 \leq 0,7$). Производство биогаза является эффективным способом уменьшения зависимости от ископаемых топлив и снижения выбросов парниковых газов. А также решение проблемы утилизации побочных продуктов животноводства. Это способствует устойчивому развитию и экологически ответственному подходу к энергетике и управлению отходами.

Список литературы:

1. Энергия биомассы // <https://metallurgist.pro/> URL: <https://metallurgist.pro/energiya-biomassy/> (дата обращения: 05.04.24).

References:

1. Jenergiya biomassy // <https://metallurgist.pro/> URL: <https://metallurgist.pro/energiya-biomassy/> (data obrashheniya: 05.04.24).