

УДК 631.3:620.92

DOI: 10.36979/1694-500X-2023-23-8-58-62

МАЛОГАБАРИТНАЯ БИОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Ж.Ы. Осмонов, Н.Ы. Темирбаева, У.Э. Карасартов, Б.С. Ордобаев

Аннотация. Предложена малогабаритная установка для переработки и обеззараживания навоза на базе биогазовой технологии в условиях фермерских хозяйств. Отличительные особенности установки: автономность; подогрев биореактора осуществляется от внешних возобновляемых источников (солнце, вода, ветер) в зависимости от географического месторасположения фермерского хозяйства; улучшение показателей биогаза и биоудобрения путем использования опилок камышитовых растений; экспозиция брожения сокращается за счет подачи жидкой части биоудобрения обратно в биореактор. Разработаны рекомендации по использованию малогабаритной установки с необходимым соотношением углерода и азота (C/N) для метанового брожения, химическим составом и физико-механическими свойствами навоза.

Ключевые слова: навоз; биогаз; биоудобрение; биогазовая установка; технология; обеззараживание; экспозиция брожения.

ФЕРМЕРДИК ЧАРБАЛАР ҮЧҮН ЧАКАН БИОГАЗ ОРНОТМОСУ

Ж.Ы. Осмонов, Н.Ы. Темирбаева, У.Э. Карасартов, Б.С. Ордобаев

Аннотация. Фермердик чарбалардын шарттарында биогаз технологиясынын базасында кыкты кайра иштетүү жана зыянсыздандыруу үчүн чакан габариттүү жабдуу сунушталды. Фермердик чарбалардын шарттарында биогаз технологиясынын базасында кыкты кайра иштетүү жана зыянсыздандыруу үчүн чакан габариттүү жабдуу сунушталды. Орнотмонун айырмалоочу белгилери: автономиялуулугу; биореакторду жылытуу чарбанын географиялык абалына жараша тышкы кайра жаралуучу булактардан (күн, суу, шамал) жүргүзүлөт; камыш өсүмдүктөрүнүн талкандарын колдонуу менен биогаздын жана биожер семирткичтин көрсөткүчтөрүн жакшыртуу; ачытуу экспозициясы био жер семирткичтин суюк бөлүгүн кайра биореакторго берүү менен азаят. Метан ачытуу, кыктын химиялык курамы жана физикалык-механикалык касиеттери үчүн көмүртектин жана азоттун (C/N) керектүү катышы бар чакан габариттүү орнотмону пайдалануу боюнча сунуштар иштелип чыкты.

Түйүндү сөздөр: кык; биогаз; биожерсемирткич; биогаз орнотмосу; технология; зыянсыздандыруу; ачытуу экспозициясы.

SMALL-SIZED BIOGAS PLANT FOR FARMS

Zh.Y. Osmonov, N.Y. Temirbaeva, U.E. Karasartov, B.S. Ordobaev

Abstract. Biogas technology is an effective way to process manure, as it produces valuable products in the form of biogas and biofertilizer. This technology improves the ecological state of livestock buildings as it solves the problem of fresh manure disinfection. The authors proposed a small-sized plant for manure processing and disinfection based on biogas technology in farm conditions. Distinctive features of the installation: autonomy; heating of the bioreactor is carried out from external renewable sources (Sun, water, wind) depending on the geographical location of the farm; improvement of indicators of biogas and biofertilizer by using sawdust of reed plants; the fermentation exposure is reduced by feeding the liquid part of the biofertilizer back into the bioreactor. The results of experimental studies of different types of manure made it possible to develop the necessary recommendations for their use related to the ratio of carbon and nitrogen (C/N), chemical composition and physical and mechanical properties of manure.

Keywords: manure; biogas; biofertilizer; biogas plant; technology; disinfection; fermentation exposure.

Введение. Экономическое развитие Кыргызской Республики в значительной степени зависит от сельского хозяйства, чувствительного к природным условиям, общая доля которого в ВВП варьирует от 20 до 40 %.

Благодаря обширным территориям, занятым горными пастбищами, животноводство является основным компонентом сельскохозяйственного производства. Площадь естественных пастбищ Кыргызской Республики составляет 8,9 га и занимает 45 % всей площади республики.

Развитие животноводства – это не только главный фактор обеспечения продовольственной безопасности страны, но и источник возобновляемого энергоресурса – биомассы. Доля биомассы в мировом энергетическом балансе составляет 15 %, а в странах Евросоюза 40 % [1].

В Кыргызстане имеющееся поголовье скота и птицы обеспечивает накопление порядка 5,5 млн тонн навоза в год [2]. При переработке данной массы навоза с помощью биотехнологий можно получить около 110 млн м³ биогаза и 5,3 млн тонн биоудобрений, которые могут быть использованы как для получения тепла, так и для улучшения плодородия посевных площадей. Кроме того, улучшается экологическое состояние окружающей среды за счет уменьшения выбросов парниковых газов (метан, углекислый газ, закись азота) в атмосферу. С помощью биогазовых технологий появляется возможность автономного обеспечения отдаленных сельхозформирований как биогазом, так и биоудобрением, поскольку там всегда имеется в наличии необходимое сырье – биомасса. Биогазовые установки могут быть использованы практически везде круглый год.

Если учесть, что сегодня более 90 % фермерских хозяйств республики не могут в полной мере воспользоваться традиционными энергоносителями, то народно-хозяйственное значение использования биотехнологий приобретает особую актуальность. Следует учитывать и тот факт, что подвод централизованных линий электропередач к отдаленным фермерским, крестьянским хозяйствам, особенно при ведении пастбищного содержания животных, нерентабелен.

При разработке биогазовых установок для фермерских и других хозяйств необходимо учитывать их специфику и физико-химические свойства биомассы, которыми располагают данные хозяйства. Специфика малых сельхозформирований предполагает небольшой объем потребления биогаза для обеспечения жилого дома, животноводческих помещений, теплиц, технологического оборудования и т. д.

Известные биогазовые установки, особенно зарубежные, как правило имеют сложные конструкции, большие габариты и стоимость, не приспособлены к условиям фермерских хозяйств. Поэтому разработка биогазовых установок для малых сельхозформирований с учетом их специфических особенностей и физико-химических свойств биомассы (в основном навоза) является актуальной и перспективной задачей.

Материалы и методы исследований. Одним из наиболее важных факторов, влияющих на метановое брожение, является соотношение углерода и азота (C/N) в перерабатываемом навозе. В таблице 1 приведены указанные соотношения для различных типов навоза [3, 4].

Установлено, что наибольший выход биогаза происходит при уровне C/N от 10 до 20. Для достижения оптимального соотношения C/N практикуется смешивание сырья. Если соотношение чрезмерно велико, например, овечий навоз, то недостаток азота будет служить фактором, ограничивающим

Таблица 1 – Содержание азота и соотношение C/N для различных типов навоза

Навоз животных	Азот N (%)	C/N
КРС	1,7–1,8	16,6–25
Овечий	3,8	33
Куриный	3,7–6,3	7,3–9,65
Конский	2,3	25
Свиной	3,8	6,2–12,5

процесс метанового брожения. В случае использования, например, куриного и свиного навоза образуется большое количество аммиака, токсичного для метанобразующих бактерий.

Также важным фактором метанового брожения является кислотно-щелочной баланс. Оптимальное значение рН колеблется от 6,5 до 8,5 [4, 5] и зависит от типа сырья.

Влажность навоза обеспечивает его оптимальную вязкость, которая обеспечивает свободное движение бактерий и газовых пузырьков между жидкостью и содержащимися в навозе твердыми веществами (песок, глина, остатки корма и др.).

Значение влажности навоза и экскрементов (навоз и моча) для различных видов животных различается, колеблется в пределах от 65 % (навоз КРС) до 75 % (куриный навоз) и от 75 % (экскременты птицы) до 86 % (экскременты КРС) [5].

Рекомендуемая влажность сырья, загружаемого в реактор биогазовой установки, составляет не менее 85 % в зимнее время и 92 % в летнее время года. Для достижения этих значений влажности навоз разбавляют горячей водой (таблица 2).

При этом количество воды (В) для разбавления 100 кг навоза определяют по формуле:

$$B = \frac{M(W_2 - W_1)}{100 - W_2}, \quad (1)$$

где М – масса загружаемого навоза, кг; W_1 – первоначальная влажность навоза, %; W_2 – необходимая влажность сырья, %.

Разбавляемая вода не должна содержать веществ, отрицательно влияющих на жизнедеятельность микроорганизмов (растворители, антибиотики и т. п.). Например, для разбавления навоза нельзя использовать воду, оставшуюся после стирки белья, которая содержит синтетически моющиеся вещества.

Отличительными признаками разработанной авторами биогазовой установки являются [6]:

- увеличение объема вырабатываемого биогаза, в том числе в холодное время года, за счет использования внешнего источника энергии от возобновляемых ресурсов (Солнце, вода, ветер) для круглосуточного поддержания нужной температуры внутри биореактора;
- уменьшение образования корки и улучшение качества биоудобрения за счет использования опилок из камышитовых растений при предварительной подготовке биомассы;
- разделение биоудобрения на фракции – сухой остаток и жидкость.

Использование опилок из камышитовых растений в процессе предварительной подготовке навоза путем их смешивания в определенных пропорциях, улучшает качество биоудобрения, так как в камышитовых растениях содержится витамины С, каротин, крахмал, углеводы и белки. Эти вещества улучшают структуру почвы, склеивая бесструктурные частицы в комочки и создавая свободное пространство между ними. Структурная почва имеет лучшую водопроницаемость, дольше сохраняет тепло и удерживает питательные вещества, меньше загрязняет подземные воды. Камышитовые растения способствуют снижению времени сбраживания субстрата и процесса образования корки.

Технологический процесс функционирования биогазовой установки отображает связь основных технологических операций: подготовка навоза к загрузке; загрузка опилок из камышитовых растений в смеситель; загрузка субстрата в биореактор; обеспечение температурного режима, равномерного распределения биомассы и герметичности биореактора; накопление биогаза и подачи его к потребителю; выгрузка биоудобрения и разделение ее на фракции. Установка работает следующим образом (рисунок 1).

Таблица 2 – Количество воды для достижения необходимой влажности на 100 кг навоза

Необходимая влажность, %	Первоначальная влажность сырья, %						
	60	65	70	75	80	85	90
85	166	133	100	67	33,5	-	-
92	400	337	275	213	150	87,5	25

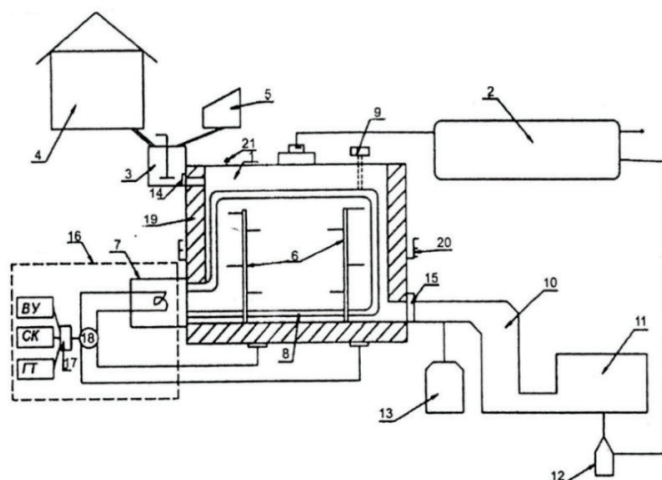


Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема биогазовой установки: 1 – биореактор; 2 – газгольдер; 3 – смеситель; 4 – животноводческое помещение; 5 – емкость; 6 – мешалка; 7 – теплоаккумулятор; 8 – теплообменник; 9 – расширительный бачок; 10 – емкость для жидкого биоудобрения; 11 – емкость для сухого биоудобрения; 12 – горелка; 13 – центрифуга; 14, 15 – клапан; 16 – блок источников возобновляемой энергии; 17 – мультипликатор; 18 – генератор; 19 – минеральная вата; 20 – термометр; 21 – предохранительный клапан

Из коровника 4 навоз поступает в смеситель 3, куда также подают опилки из камышитовых растений из емкости 5 в определенных пропорциях. Содержимое в смесителе 3 разбавляют водой до необходимой влажности (85–92 %), полученный субстрат через клапан 14 подают в биореактор 1 до определенного уровня. Запускают блок источников возобновляемой энергии 16. В зависимости от наличия и величины ветровой, гидравлической или солнечной энергии, в работе используются соответствующие установки (ветровая установка (ВУ), гидротурбина (ГТ) или солнечный коллектор (СК)), которые через многоступенчатый мультипликатор 17 приводят в действие электрический генератор 18, соединенный с ТЭНом теплоаккумулятора 7. Необходимая температура в биореакторе 1 обеспечивается подачей горячей воды в теплообменник 8, оборудованный расширительным бачком 9 через регулирующий клапан, подключенный к выходу теплоаккумулятора 7. Теплоаккумулятор 7 предварительно может накопить тепловую энергию от одного или нескольких источников возобновляемой энергии. Температуру и давление биомассы контролируют, соответственно, термометрами 20 и предохранительным клапаном 21. В зависимости от режима брожения (мезофильный или термофильный), процесс метаболитов субстрата происходит в течение 5–10 суток (термофильный режим) и 7–15 суток (мезофильный режим). Поскольку первые порции биогаза содержат более 40 % углекислого газа, их стравливают в атмосферу. Субстрат периодически перемешивают с помощью мешалки 6.

Биогаз из биореактора 1 по газопроводу поступает в газгольдер 2 и далее к потребителям. Определенную часть биогаза подают в газовую горелку 12 для сушки биоудобрения в емкости 11.

Биоудобрение из биореактора 1 через клапан 15 последовательно поступает в емкости 10 и 11. Часть удобрения, которая поступает в емкость 11, высушивают до определенной влажности с помощью газовой горелки 12, а другая часть поступает в центрифугу 13 для разделения биоудобрения на сухой остаток и жидкость. При этом жидкая часть, сохранившая тепло биомассы, направляется обратно в биореактор. Эта жидкость насыщена метановыми бактериями, что способствует быстрому их воспроизводству и сокращению времени брожения. В целях максимальной экономии тепловой и электрической энергии биореактор утеплен минеральной ватой 19.

Установка представляет собой новое сочетание и взаимосвязь размещения технологического оборудования для производства биогаза и биоудобрения в условиях малых сельхозформирований. При реализации установки решаются вопросы переработки и обеззараживания навоза с качественными, экологическими и энергосберегающими показателями с получением существенного экономического эффекта.

Преимущества предлагаемой установки: автономность, источниками тепловой и электрической энергии являются возобновляемые энергоресурсы, которые через многоступенчатый мультипликатор попеременно могут обеспечить работу генератора; использование опилок из камышитовых растений улучшает процесс метаногенеза и качество биоудобрения, увеличивает возможность его использования и способствует сокращению времени брожения. Предлагаемая установка с предварительным накоплением тепловой энергии от возобновляемых источников энергии повышает эффективность переработки биомассы.

Заключение. Перспективы развития животноводства связаны с возможностью и необходимостью энергообеспечения отдаленных сельских товаропроизводителей за счет переработки и обеззараживания навоза, как собственного возобновляемого сырья на базе биогазовых технологий с одновременным решением экологических вопросов. Данные перспективы особенно актуальны для малых сельхозформирований, которые нуждаются в автономном энергоснабжении, так как подвод к ним централизованных источников энергии нерентабелен, особенно в условиях пастбищ.

Предложенная энергосберегающая технология на базе биогазовой установки в виде нового сочетания и взаимосвязи размещения технологического оборудования повышает объем вырабатываемого биогаза за счет поддержания необходимой температуры внутри биореактора независимо от температуры наружного воздуха.

Поступила: 03.07.23; рецензирована: 16.07.23; принята: 19.07.23.

Литература

1. *Martinot E. Renewables 2005 / E. Martinot // Global Status Report. World watch Institute, 2005.*
2. *Темирбаева Н.Б.* Внедрение биогазовой технологии в Кыргызстане / Н.Б. Темирбаева // Исследования, результаты. Научный журнал Казахского нац. аграрного ун-та. 2013. № 1 (057). С. 123–125.
3. *AT Information: Biogas, GTZ project Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), 1996, Ashburn, Deutschland.*
4. *Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов / В. Дубровский, У. Виестур. Рига: Зинатне, 1988.*
5. *Некрасов В.И.* Микробиологическая анаэробная конверсия биомассы / В.И. Некрасов, 2001 (рукопись).
6. *Установка для получения биогаза и биоудобрения из навоза с использованием возобновляемых источников энергии и опилок камышитовых растений. Патент Кыргызской Республики № 261 / Ы.Д. Осмонов, Д.А. Абидов, А.Ж. Карагулова, Б.С. Ордобаев, Ж.Ы. Осмонов // Бюл. № 5. 2019. 9 с.*