

УДК 631.3:620.92
DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-4-121-126

ОБОСНОВАНИЕ ТИПОРАЗМЕРНОГО РЯДА БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ МАЛЫХ СЕЛЬХОЗФОРМИРОВАНИЙ

Ж.Ы. Осмонов

Аннотация. При переработке навоза сельскохозяйственных животных с помощью современной биогазовой технологии можно получить весьма ценную продукцию – биогаз и биоудобрения для сельских потребителей. Обоснован типоразмерный ряд основного элемента биогазовых установок – биореактора для фермерских и кооперативных хозяйств в зависимости от поголовья и вида сельскохозяйственных животных. Рекомендованы необходимые режимы сбраживания (термофильный и мезофильный) биомассы в биореакторе и способы содержания животных. Полученная линейная зависимость объема биореактора от количества животных ($V = f(n)$) позволяет подобрать соответствующий объем биореактора для любого количества и вида животных в выбранном хозяйстве.

Ключевые слова: биогазовая установка; малые сельхозформирования; биореактор; навоз; типоразмерный ряд; сельскохозяйственные животные.

ЧАКАН АЙЫЛ ЧАРБА ТҮЗҮЛҮШТӨРҮ ҮЧҮН БИОГАЗ ОРНОТМОЛОРУНУН ТИПТҮҮ ӨЛЧӨМДҮК КАТАРЛАРЫН НЕГИЗДӨӨ

Ж.Ы. Осмонов

Аннотация. Айыл чарба малынын кыгын кайра иштетүүдө заманбап биогаз технологиясынын жардамы менен абдан баалуу продукцияны – биогазды жана айылдык керектөөчүлөр үчүн био жер семирткичтерди алууга болот. Биогаз орнотмолорунун негизги элементинин – фермердик жана кооперативдик чарбалар үчүн жаныбарлардын башына жана айыл чарба жаныбарларынын түрүнө жараша биореактордун типтүү өлчөмдүк сериясы негизделген. Биореактордогу биомассанын керектүү ачытуу режимдери (термофилдик жана мезофилдик) жана жаныбарларды кармоо ыкмалары сунушталган. Натыйжада биореактордун көлөмүнүн жаныбарлардын санына сызыктуу көз карандылыгы ($V = f(n)$) тандалган чарбадагы жаныбарлардын каалаган саны жана түрү үчүн биореактордун тиешелүү көлөмүн тандоого мүмкүндүк берет.

Түйүндүү сөздөр: биогаз орнотмосу; чакан айыл чарба ишканалары; биореактор; кык; өлчөмдөр катары; айыл чарба жаныбарлары.

JUSTIFICATION OF THE SIZE RANGE OF BIOGAS INSTALLATIONS FOR SMALL AGRICULTURAL FORMS

Zh.Y. Osmonov

Abstract. Farm animal manure, when processed using modern biogas technology, produces valuable products - biogas and biofertilizers for rural consumers. By examining the output of manure in existing small agricultural enterprises, the standard size range of the main element of biogas bioreactor installations for farms and cooperative farms was substantiated, depending on the number and type of farm animals. This also takes into account the fermentation modes (thermophilic and mesophilic) of biomass in the bioreactor and methods of keeping animals. The resulting linear dependence of the bioreactor volume on the number of animals ($V = f(n)$) allows you to select the appropriate bioreactor volume for any number and type of animals in the selected farm.

Keywords: biogas plant; small agricultural enterprises; bioreactor; manure; size range; farm animals.

Введение. Надежное энергоснабжение малых агроформирований и охрана окружающей среды – одна из приоритетных задач аграрной науки. Многие страны мира, в том числе и наша республика, большое внимание уделяют развитию использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). К таким видам энергии относится и биомасса (навоз сельскохозяйственных животных). Существующее в Кыргызстане поголовье сельскохозяйственных животных и птицы обеспечивает накопление порядка 5,5 млн тонн навоза в год. При стойловом содержании животных накопление навоза может составить около 1/3 этой массы или 1,832 млн тонн. При переработке с помощью биогазовой технологии навоз массой 1,83 млн тонн выделяют до 133,5 млн м³ биогаза и 1,8 млн тонн биоудобрений. Переработка навоза в качестве энергетического сырья решает проблему его утилизации, уменьшаются выбросы парниковых газов, улучшается экологическое состояние животноводческих помещений [1].

Повышенный интерес к биогазовым установкам вызван тем, что они могут функционировать и вырабатывать биогаз круглогодично, там, где имеется доступная биомасса, например навоз сельскохозяйственных животных.

Однако навоз разных животных, которые содержится в малых хозяйствах, по своим физико-химическим и механическим свойствам, а также по накапливаемой массе различен, что накладывает свои особенности на технологию его переработки и на параметры биогазовых установок. Поэтому разработка биогазовых установок для малых сельхозформирований с учетом этих особенностей весьма актуальна.

Материалы, методы и результаты исследования. С целью обоснования объема биореактора биогазовой установки для фермерских хозяйств и для сельхозкооперативов было обследовано поголовье сельскохозяйственных животных в ряде хозяйств по областям и в целом по республике [2–5]. В таблице 1 приведены обобщенные данные, которые были использованы при расчете выхода навоза по видам животных, по областям и в целом по республике.

Данные расчета суммарного выхода навоза по видам животных по областям Кыргызстана показывают, что 20 % навоза сосредоточено в Ошской области, 17,7 % – в Нарынской области, 16 % – в Джалал-Абадской области, 15,9 % – в Чуйской области, 13,7 – в Иссык-Кульской области, 9,5 % – в Баткенской области и 7,1 % – в Таласской области.

Данные обследования выхода навоза в сельхозкооперативах (СХК) и фермерских (крестьянских (КХ)) хозяйствах показывают, что в них основным источником навоза является крупно-рогатый скот (КРС) с поголовьем от 20 до 600 голов (таблица 2).

Эти данные (таблицы 1 и 2) использованы при обосновании типоразмерного ряда биогазовых установок с соответствующими объемами биореакторов.

Таблица 1 – Расчет выхода навоза по областям Кыргызской Республики с учетом способа содержания животных (по данным 2021 г.)

Область	Количество и вид животных, тыс. голов					Выход навоза, т	
	КРС	овцы и козы	лошади	птицы	свиньи	средне-суточный	годовой
Чуйская	265	667	40	1968	62	17224,8	878464,8
Ошская	310	1061	77	735	1,4	21544,6	1098774,6
Джалал-Абадская	250	937	51	781	1,3	17233,8	878923,8
Нарынская	245	949	92	213	0,07	19053,8	971743,8
Иссык-Кульская	191	847	69	782	13	14728,6	751158,6
Баткенская	160	659	8	280	0,2	10238,07	522141,5
Таласская	105	541	22	277	1,4	7661,84	390753,8
Итого	1526	5661	359	5036	79,37	107685,5	5491960,9

Таблица 2 – Результаты обследования выхода навоза и способа его уборки из животноводческих помещений

Наименование хозяйства	Животные			Способ уборки навоза	Суточный выход навоза		Годовой выход навоза, т
	вид	число, голов	сред. масса, кг		на одну голову, кг	суммарный выход, т	
СХК «Ветка»	коровы	630	400	Мех. ТСН	29	18,27	3891,5
	телята до 1 года	540	130	Ручной	13	7,02	1495,2
СХК им. Шопокова	коровы	180	390	Мех. ТСН	28	5,04	1073,5
	телята до 1 года	110	125	Ручной	12	1,32	281,16
СХК «Заря»	коровы	150	385	Мех. ТСН	28	4,20	894,6
КХ «Хано»	КРС	5	400	Ручной	29	0,145	30,88
	овцы, козы	16	50	Ручной	2,2	0,035	7,45
КХ «Ханым»	КРС	8	390	Ручной	28	0,224	47,71
КХ «Звезда»	КРС	6	390	Ручной	28	0,168	35,78
	овцы, козы	20	50	Ручной	2,2	0,044	9,37
КХ «Бакай»	КРС	6	380	Ручной	28	0,168	35,78
	овцы, козы	30	50	Ручной	2,2	0,066	14,05
КХ «Ветка»	КРС	10	400	Ручной	29	0,290	61,77
	овцы, козы	100	50	Ручной	2,2	0,220	46,86
КХ «Шабан»	коровы,	40	385	Ручной	28	1,120	238,5
	телята	260	125	Ручной	12	3,120	664,5
КХ «Эфенди»	КРС	20	380	Ручной	28	0,560	119,28
	овцы, козы	23	50	Ручной	2,2	0,051	10,86

Суточный выход навоза определяли в зависимости от массы животных и их половозрастных характеристик. Механизированный способ уборки навоза применяется только в сельхозкооперативах. Причем ограничиваются только уборкой навоза из помещений, где содержатся дойные коровы. Как правило, дойные коровы в помещении находятся только во время их доения и в ночное время, а в остальное время они находятся на выгульных площадках. Поэтому при расчете годового выхода навоза были учтены особенности стойлово-выгульного (смешанного) способа содержания животных.

Годовой выход навоза ($Q_{год}$, $Q'_{год}$) определяли с учетом способа содержания животных:

➤ при стойловом содержании животных:

$$Q_{год} = V_c \cdot D \cdot m, \quad (1)$$

где V_c – суточное выделение навоза от одного животного, кг (таблица 1); D – число дней накопления навоза, эквивалентное времени содержания животных на стойле ($D = 213$ дней – установлено экспериментально); m – количество животных в помещении (коровнике).

➤ при выгульном содержании животных:

$$Q'_{год} = V_c \cdot D' \cdot m', \quad (2)$$

где D' – число дней накопления навоза, эквивалентное времени содержания животных на выгульной площадке ($D' = 152$ дней – установлено экспериментально); m' – количество животных на выгульной площадке.

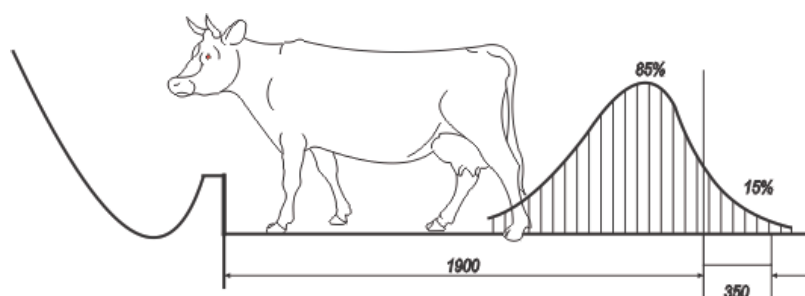


Рисунок 1 – Распределение экскрементов КРС в зависимости от длины стойл
(примечание: размеры в мм)

В результате наблюдения установлено, что в течение суток выход навоза идет неравномерно. Больше 30–35 % суточного выхода у коров наблюдается в часы кормления. В стойловом содержании крупно-рогатый скот выделяют экскременты 12–16 раз в сутки, основная масса их (до 85–88 %) приходится на полосу вдоль навозного прохода на расстоянии 1,5–2 м от кормушки (рисунок 1).

При обосновании объема реактора биогазовой установки для различных типов хозяйств, определение выхода навоза с учетом способа содержания животных, является основным показателем. Кроме того, при этом необходимо учитывать время процесса сбраживания («время оборота реактора») в зависимости от режима сбраживания. В основном используют термофильный и мезофильный режимы сбраживания. Термофильный режим сбраживания биомассы рекомендован для сельхозкооперативов, а мезофильный – для фермерских хозяйств.

Оптимальная температура внутри биореактора при термофильном режиме составляет 52–54 °С (изменение температуры $\pm 0,5$ °С за час), при мезофильном режиме – 34–37 °С (изменения температуры ± 1 °С за час).

Время оборота реактора при термофильном режиме составляет 5–10 суток, при мезофильном режиме – 10–15 суток (для навоза КРС).

Объем биореактора биогазовой установки
➤ при термофильном режиме сбраживания:

$$V_T = \frac{V_c^k \cdot \tau_T}{\rho}, \quad (3)$$

при мезофильном режиме сбраживания:

$$V_M = \frac{V_c^\Phi \cdot \tau_M}{\rho}, \quad (4)$$

где V_c^k – суточный выход навоза в сельхоз кооперативах, кг; τ_T – «время оборота реактора» при термофильном режиме (принимается 7,5 суток); V_c^Φ – суточный выход навоза в фермерских (крестьянских) хозяйствах, кг; τ_M – «время оборота реактора» при мезофильном режиме (принимается 12,5 суток); ρ – плотность субстрата, $\rho = 1020\text{--}1035$ кг/м³ [6, 7].

При расчете объема биореактора были выбраны: сельхозкооператив им. Шопокова и усредненное крестьянское (фермерское) хозяйство, как средние хозяйства из числа обследованных по количеству животных. При этом для коров массой 390 кг $V_c^k = 28 \cdot 180 = 5040$ кг; для телят массой 125 кг $V_c^k = 12 \cdot 110 = 1320$ кг, их среднее значение составляет $V_c^k = 3180$ кг (данные сельхозкооператива

им. Шопокова (таблица 2). Для коров массой 400 кг $V_c^\phi = 29 \cdot 28 = 812$ кг; для телят массой 120 кг $V_c^\phi = 12 \cdot 16 = 192$ кг, их среднее значение составляет $V_c^\phi = 502$ кг (данные усредненного крестьянского (фермерского) хозяйства (таблица 2).

Для выбранных хозяйств объемы биореакторов согласно формулам (3) и (4) соответственно составляют: $V_T = 23,2$ м³ и $V_M = 6,107$ м³.

Эти данные для ферм КРС сельхозкооператива с поголовьем 180 коров и 110 телят до одного года, а также фермерского хозяйства с поголовьем 28 коров и 16 телят позволяют рассчитать типоразмерный ряд биогазовой установки.

Типоразмерный ряд для фермерских (крестьянских) хозяйств с поголовьем от 20 до 100 коров и от 10 до 50 телят представлен в таблице 3.

Типоразмерный ряд биогазовой установки для сельхозкооперативов с поголовьем от 120 до 600 коров и от 60 до 300 телят приведен на рисунке 2.

Обсуждение. Исходя из типоразмерных рядов биогазовых установок можно выработать некоторые рекомендации. Например, если фермер содержит 20–25 коров и 10–15 телят, то рекомендованный объем биореактора составляет до 5 м³. Если количество животных в хозяйстве доходит до 90–100 коров и 40–50 телят, то объем биореактора может достигать 20–22 м³.

Если сельхозкооператив содержит 100–120 коров и 50–60 телят, то рекомендуемый объем биореактора составляет 14–15 м³. Если количество коров доходит до 600, а телят до 300 голов, то объем реактора увеличивается до 55 м³.

Таблица 3 – Типоразмерный ряд биогазовой установки для фермерских (крестьянских) хозяйств

Количество животных, $\frac{\text{коровы}}{\text{телята}}$	$\frac{20}{10}$	$\frac{40}{20}$	$\frac{60}{30}$	$\frac{80}{40}$	$\frac{100}{50}$
Объем биореактора, м ³	4,25	8,51	12,77	17,03	21,28

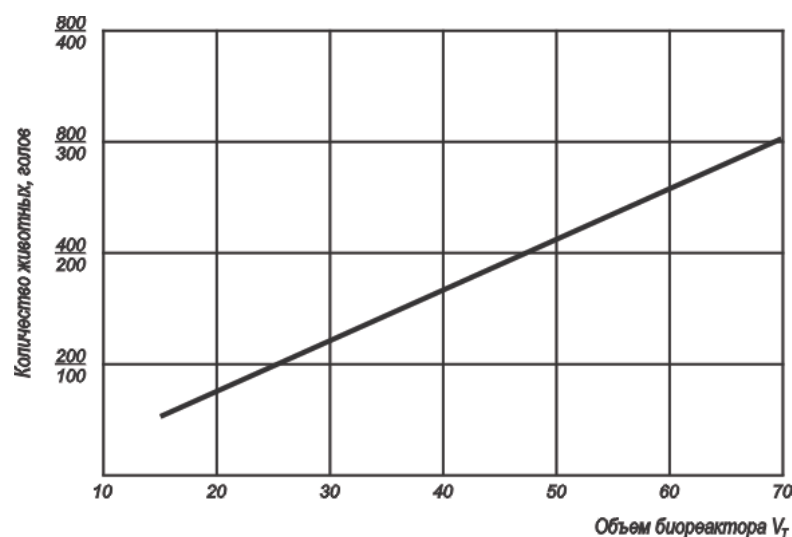


Рисунок 2 – Типоразмерный ряд биогазовой установки для сельхозкооперативов (примечание: числитель – количество коров; знаменатель – количество телят)

Поскольку типоразмерные ряды имеют линейную зависимость $V = f(n)$, то для любого количества КРС можно подобрать соответствующий объем биореактора. По такой же методике можно составить типоразмерные ряды для других видов сельскохозяйственных животных по отдельности или при их смешанном содержании.

Выводы. Навоз сельскохозяйственных животных имеется во всех областях на территории Кыргызстана и его количество показывает растущую тенденцию по массе и по видам в соответствии с ростом поголовья различных видов сельскохозяйственных животных. Навоз является основным энергетическим сырьем для биогазовых установок.

Обоснован типоразмерный ряд биогазовых установок для фермерских хозяйств и для сельхозкооперативов путем обследования выхода навоза (суточного и годового) в зависимости от вида и поголовья сельскохозяйственных животных в конкретных хозяйствах с последующим расчетом объема биореактора при различных режимах сбраживания биомассы.

Сравнительный анализ типоразмерных рядов для фермерских (крестьянских) хозяйств и сельхозкооперативов показывает, что рекомендуемый объем биореактора для сельхозкооператива при одинаковом количестве животных может быть уменьшен до 5 м³. Это достигается за счет выбора режима сбраживания субстрата, а именно – термофильного режима. Данный режим сокращает «время оборота реактора» на 4,5–5 суток за счет более высокой температуры внутри реактора.

Поступила: 04.03.24; рецензирована: 18.03.24; принята: 20.03.24.

Литература

1. *Темирбаева Н.Ы.* Моделирование накопления навоза в коровнике при привязном содержании животных / Н.Ы. Темирбаева, М.С. Нарымбетов // Исследования, результаты Каз. НАУ. 2013. № 1 (057). С. 119–122.
2. Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. Животноводство. Бишкек: Учкун, 2021.
3. Разработка научных основ совершенствования генетических ресурсов животных и кормовых культур: Отчет о НИР (промежуточный) Кыргызский НИИЖ и П. Фрунзе, 2021. 107 с.
4. *Осмонов Ж.Ы.* Резервы энергообеспечения животноводов Кыргызстана на базе возобновляемых источников энергии / Ж.Ы. Осмонов, Ж.О. Абдимуратов, И.А. Худайбердиев // Аграрная наука – сельскому хозяйству: матер. межд. научно-практ. конф. Барнаул: Алтайский ГАУ, 2015. С. 469–471.
5. *Жусубалиева А.Ж.* Техничко-экономическая оценка энергосберегающей технологии обогрева пола телятника / А.Ж. Жусубалиева, И.Э. Турдуев, Н.Ы. Темирбаева // Вестник КРСУ. 2023. Т. 23. № 4. С. 52–58.
6. *Мельников С.В.* Механизация и автоматизация животноводческих ферм: учебник / С.В. Мельников. Л.: Колос, 1978. 560 с.
7. *Нестеров Е.Б.* Биогазовые установки для крестьянских и фермерских хозяйств / Е.Б. Нестеров, В.А. Матвеев, А.Б. Токмолдаев // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 2006. № 2. С. 53–55.