

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОСТЕЙШЕЙ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

А.В. Дупанов, ассистент (УО БГАТУ); А.Н. Баран, канд. техн. наук, доцент (УП «Эбта–электро»)

Аннотация

Предложена простейшая биогазовая установка для анаэробного сбраживания навоза и птичьего помета и приводится технико-экономическое обоснование эффективности ее использования на сельскохозяйственных предприятиях. По результатам выполненных расчетов приводится аналитическое заключение о целесообразности применения биогазовой установки для переработки помета птицы, навоза свиней и КРС при различных режимах сбраживания и даны рекомендации по увеличению ее эффективности.

Введение

Обострение экологических проблем, истощение запасов невозобновляемых энергоресурсов, рост цен на них обусловили интерес к разработке и использованию технологии биоконверсии органических отходов для получения энергии.

Известно, что животные плохо усваивают энергию растительных кормов и более половины её уходит в навоз, который является ценным органическим удобрением и может быть при этом использован в качестве возобновляемого источника энергии. Концентрация животных на крупных фермах и комплексах обусловила увеличение объёмов навоза и навозных стоков, которые должны утилизироваться, не загрязняя окружающую среду.

Основная часть

Одним из путей рациональной утилизации навоза и навозных стоков является их анаэробное сбраживание, которое обеспечивает обезвреживание навоза и сохранение его как удобрения при одновременном получении биогаза [1].

Однако изготовление и монтаж биогазовых установок, способных перерабатывать животноводческие отходы с производством биогаза и высококачественных органических удобрений, многим сельскохозяйственным предприятиям не под силу, так как требуют больших капиталовложений. Зачастую животноводческие отходы даже не утилизируют, а просто вывозят на поля. Это в свою очередь приводит к снижению урожайности культур и резкому ухудшению экологической ситуации в данном районе, так как не переработанный навоз содержит ог-

ромное количество различных болезнетворных микробов и микроорганизмов.

Выход из сложившейся ситуации видится в реконструкции и модернизации существующих навозохранилищ животноводческих и птицеводческих ферм путём изготовления на их основе простейших биогазовых установок. Например, навозохранилище накрывают конической крышей из прозрачного полимерного материала, а места соединения крыши со стенками навозохранилища герметизируют, обеспечивая анаэробные условия. В качестве прозрачного полимерного материала можно использовать оргстекло толщиной 4–6 мм, различные плёнки и т.п.

Как показали наши исследования, данная конструкция обеспечит в летний период создание оптимальных температурных условий для прохождения мезофильного процесса 25 – 35°C, а в зимний будет обеспечивать температуру, необходимую для поддержания процесса биоконверсии (рис.1). После переработки в такой установке животноводческих от-

Диаграмма температуры

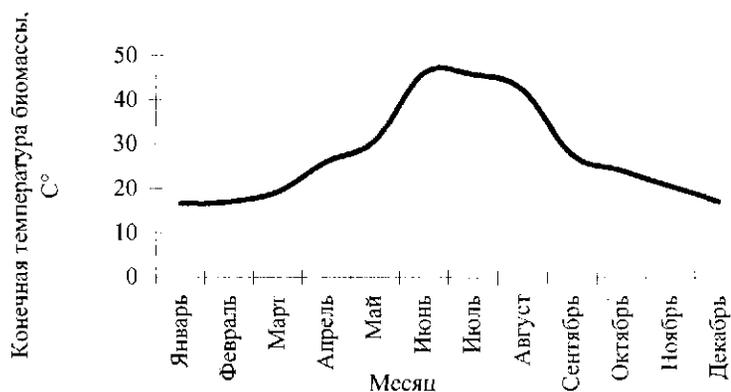


Рис. 1. Диаграмма температуры простейшей биогазовой установки

ходов получаемый компост фактически не содержит болезнетворных бактерий и микроорганизмов, что улучшает экологическую ситуацию.

Проведём расчёт экономической эффективности использования простейшей биогазовой установки для переработки навоза КРС, помёта птицы и навоза свиней, выполненной на базе навозохранилища с полезным объёмом 100 м³, укрытого конической крышей площадью 76 м² из прозрачного полимерного материала (оргстекла) толщиной 5 мм. В этом случае стоимость реконструкции навозохранилища составит около 7,04 млн. руб., стоимость газоочистительного оборудования – 6,5 млн. руб., совокупные капиталовложения с учётом транспортных расходов и затрат на монтаж оборудования и крыши составят 18,28 млн. руб.

Эксплуатационные издержки состоят из следующих составляющих:

- заработной платы одного оператора и четырёх временных рабочих, которые привлекаются для выгрузки метантенка – 5 млн. руб.;

- амортизационных отчислений – 1,5 млн. руб.;
- отчислений на капитальный ремонт – 1,1 млн. руб.;
- отчислений на текущий ремонт – 0,77 млн. руб.;
- издержек на электроэнергию – 4,5 млн. руб.;
- накладных расходов – 0,25 млн. руб.

Суммарные эксплуатационные издержки составляют 13,12 млн. руб. в год.

Расчёт суточного выхода биогаза при различной температуре сбраживания приведен в табл. 1.

Используя данные, приведенные в табл. 1 [2, 3], определим годовой выход биогаза и размер ежегодной выручки при использовании вместо бензина марки Н-80 получаемого в установке биогаза.

Годовой выход биогаза, получаемого из помёта птицы при температуре сбраживания 20 °С, определяем по формуле:

$$V_{\text{вг}} = V_{\text{вг}0} \cdot \left(365 - \frac{365}{n_0}\right) K_p \quad (1)$$

где $V_{\text{вг}0}$ – суточный выход биогаза при данной температуре, м³;

n_0 – экспозиция сбраживания, дней;

K_p – коэффициент, учитывающий степень распада навоза, принимаем $K_p = 0,85$ [4].

$$V_{\text{вг}} = 72 \times \left(365 - \frac{365}{40}\right) \times 0,85 = 21800 \text{ м}^3$$

Размер ежегодной экономии топлива – бензина марки Н-80 в натуральном выражении при сжигании вместо него биогаза, л

$$D_{\text{н}} = K_{\text{пер}} \times V_{\text{вг}} \quad (2)$$

где $K_{\text{пер}}$ – коэффициент энергетического соответствия биогаза и бензина марки

Н-80 $K_{\text{пер}} = 0,7$ [3].

$$D_{\text{н}} = 0,7 \times 21800 = 15260 \text{ л.}$$

Размер ежегодной экономии топлива в денежном эквиваленте, руб.

$$\Delta_{\text{т}} = D_{\text{н}} \times C_{\text{т}} \quad (3)$$

где $C_{\text{т}}$ – стоимость бензина марки Н-80, руб.

$$\Delta_{\text{т}} = 15260 \times 1120 = 17091200 \text{ руб.}$$

Произведём расчет экономических показателей эффективности применения простейшей биогазовой установки с учётом дисконтирования и определим срок возврата капитала при различных температурах сбраживания.

Инвестиционный доход, руб.

$$D_{\text{и}} = \Delta_{\text{т}} - I_{\text{э}} - \text{НП} + A \quad (4)$$

где $I_{\text{э}}$ – эксплуатационные издержки, млн. руб.;

НП – налог на прибыль, млн. руб. (для сельскохозяйственных предприятий по основной деятельности НП=0); A – амортизационные отчисления, млн. руб.

$$D_{\text{и}} = 17091200 - 13120000 + 1500000 = 5471200 \text{ руб}$$

Дисконтированный годовой доход, руб.

$$D_{\text{д}} = D_{\text{и}} \times \frac{(1+E)^T - 1}{E \times (1+E)^T} \quad (5)$$

где E – базовая процентная ставка, принимаем $E = 0,15$;

T – число лет получения прибыли, лет.

$$T = \frac{100}{\text{НА}} \quad (6)$$

$$T = \frac{100}{8} = 12,5 \text{ лет}$$

1. Расчёт суточного выхода биогаза при различной температуре сбраживания

Температура сбраживания, С°	Помёт птицы			Навоз КРС			Навоз свиньи		
	Экспозиция сбраживания, дней	Выход биогаза с 1 м ³ субстрата	Выход биогаза в сутки, м ³	Экспозиция сбраживания, дней	Выход биогаза с 1 м ³ субстрата	Выход биогаза в сутки, м ³	Экспозиция сбраживания, дней	Выход биогаза с 1 м ³ субстрата	Выход биогаза в сутки, м ³
15	55	0,48	48	60	0,24	24	55	0,33	33
20	40	0,72	72	45	0,42	42	45	0,54	54
25	30	1,38	138	35	0,48	48	40	0,77	77
30	24	1,8	180	30	0,58	58	30	0,96	96
35	20	2,45	245	30	0,66	66	25	1,2	120
40	18	3,06	306	25	0,78	78	20	1,45	145

$$D_n = 5471200 \cdot \frac{(1+0.15)^{12.5} - 1}{0.15 \cdot (1+0.15)^{12.5}} = 30117430 \text{ руб.}$$

Чистый дисконтированный доход за расчётный период, руб.

$$\text{ЧДД} = D_n - K \quad (7)$$

$$\Delta_n = 30117430 - 18280000 = 11837430 \text{ руб.}$$

Индекс доходности инвестиций

$$\text{ИД} = \frac{D_n}{K} \quad (8)$$

$$\text{ИД} = \frac{30117430}{18280000} = 1.65$$

Коэффициент возврата капитала

$$P_n = \frac{D_n}{K} - E \quad (9)$$

$$P_n = \frac{5471200}{18280000} - 0.15 = -0.15$$

Динамический срок окупаемости капиталовложений, лет

$$T_n = \frac{\log\left(1 + \frac{E}{P_n}\right)}{\log(1+E)} \quad (10)$$

$$T_n = \frac{\log\left(1 + \frac{0.15}{-0.15}\right)}{\log(1+0.15)} = 5.0 \text{ лет}$$

Аналогично произведём расчёт экономической эффективности переработки помёта птицы, навоза крупного рогатого скота, навоза свиней при других температурах сбраживания и результаты расчётов сведём в табл. 2, 3 и 4.

2. Результаты расчёта экономической эффективности применения биогазовой установки при использовании помёта птицы

Показатель	Ед. изм.	Помёт птицы при температуре сбраживания, С°				
		20	25	30	35	40
Годовой выход биогаза	тыс. м ³ /год	21,8	41,4	53,5	72,2	89,7
Годовая экономия топлива	тыс. т у.т.	11,34	21,5	27,8	37,55	46,6
Ежегодная выручка	млн.руб/год	17,1	32,5	42,18	56,6	70,32
Капиталовложения	млн.руб/год	18,28	18,28	18,28	18,28	18,28
Эксплуатационные издержки	млн.руб/год	13,12	13,12	13,12	13,12	13,12
Показатели экономической эффективности инвестиций						
Инвестиционный доход	млн.руб/год	5,480	20,880	30,560	44,980	58,700
Дисконтированный годовой доход	млн.руб/год	30,167	114,944	168,233	247,615	323,144
Чистый дисконтированный доход	млн.руб/год	11,887	96,664	149,953	229,335	304,864
Индекс доходности инвестиций	-	1,650	6,288	9,203	13,546	17,677
Динамический срок окупаемости	лет	4,965	1,007	0,673	0,450	0,342

3. Результаты расчёта экономической эффективности применения биогазовой установки при использовании навоза КРС

Показатель	Ед. изм.	Навоз КРС при температуре сбраживания, С°				
		20	25	30	35	40
Годовой выход биогаза	тыс. м ³ /год	12,74	14,5	17,4	19,8	23,23
Годовая экономия топлива	тыс. т у.т.	6,62	7,52	9,05	10,3	12,1
Ежегодная выручка	млн.руб/год	9,98	11,4	13,65	15,52	18,21
Капиталовложения	млн.руб/год	18,28	18,28	18,28	18,28	18,28
Эксплуатационные издержки	млн.руб/год	13,12	13,12	13,12	13,12	13,12
Показатели экономической эффективности инвестиций						
Инвестиционный доход	млн.руб/год	-1,640	-0,220	2,030	3,900	6,590
Дисконтированный годовой доход	млн.руб/год	-9,028	-1,211	11,175	21,470	36,278
Чистый дисконтированный доход	млн.руб/год	-27,308	-19,49	-7,105	3,190	17,998
Индекс доходности инвестиций	-	-0,494	-0,066	0,611	1,174	1,985
Динамический срок окупаемости	лет	-	-	-	8,688	3,849

4. Результаты расчёта экономической эффективности применения биогазовой установки при использовании навоза свиней

Показатель	Ед. изм.	Навоз свиней при температуре сбраживания, С°				
		20	25	30	35	40
Годовой выход биогаза	тыс.м ³ /год	16,4	23,3	28,8	35,74	42,74
Годовая экономия топлива	Тыс. т.у.т.	8,52	12,11	14,97	18,6	22,2
Ежегодная выручка	млн.руб/год	12,86	18,27	22,6	28,02	33,5
Капиталовложения	млн.руб/год	18,28	18,28	18,28	18,28	18,28
Эксплуатационные издержки	млн.руб/год	13,12	13,12	13,12	13,12	13,12
Показатели экономической эффективности инвестиций						
Инвестиционный доход	млн.руб/год	1,240	6,650	10,980	16,400	21,880
Дисконтированный годовой доход	млн.руб/год	6,826	36,608	60,445	90,282	120,449
Чистый дисконтированный доход	млн.руб/год	-11,454	18,328	42,165	72,002	102,169
Индекс доходности инвестиций	-	0,373	2,003	3,307	4,939	6,589
Динамический срок окупаемости	лет	-	3,804	2,056	1,309	0,958

Выводы

Расчёты экономической эффективности простейшей биогазовой установки без подогрева перерабатываемого сырья и поддержания постоянной температуры сбраживания по помёту птицы, навозу крупного рогатого скота и свиней без учёта дохода от применения получаемых в результате сбраживания высококачественных органических удобрений, приведенные в табл. 2, 3 и 4, показывают:

- получение биогаза из помёта птицы при неконтролируемой температуре сбраживания экономически эффективно даже без учёта дохода от реализации получаемых органических удобрений уже при температуре сбраживания, равной 20°С;

- переработка навоза свиней с получением биогаза экономически эффективна в период с апреля по ноябрь, когда температура в зоне реактора не опускается ниже 23°С. Для увеличения эффективности переработки навоза свиней в период с ноября по апрель необходимо:

- производить переработку навоза свиней совместно с помётом птицы в определённых пропорциях;
- увеличить температуру сбраживания на 5-10°С;
- снизить теплопотери через ограждающие конструкции, усилив их теплоизоляцию.

Применение биогазовой установки только для получения газа из навоза крупного рогатого скота экономически не выгодно. Для получения прибыли при использовании данного сырья необходимо:

- увеличивать температуру сбраживания с её постоянным поддержанием;
- получать дополнительную прибыль от использования получаемых органических удобрений;
- производить переработку навоза крупного рогатого скота совместно с помётом птицы в определённых пропорциях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочно-статистические материалы о состоянии окружающей среды и природоохранной деятельности в Республике Беларусь. - Минск, 1997. - 34с.
2. Ковалёв, А.А. Технологии и технико-экономическое обоснование производства биогаза в системах утилизации навоза животноводческих ферм. Дисс. ... д-ра техн. наук ВИЭСХ, 05990000095. - защищена 29.12.1998.
3. Ши, Сунь Цзинь. Сельские биогазогумусные установки в КНР [Текст]/ Сунь Цзинь Ши. - Пекинский институт инженерии сельского хозяйства. 1990.