

УДК 621.36:[662.997:631.22]
DOI: 10.36979/1694-500X-2023-23-4-52-58

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГРЕВА ПОЛА ТЕЛЯТНИКА

*А.Ж. Жусубалиева, И.Э. Турдуев, Н.Ы. Темирбаева, Ж.Ы. Осмонов,
Ч.М. Алыбаева, Б.С. Ордобаев, У.Э. Карасартов*

Аннотация. Представлена энергосберегающая технология обогрева пола телятника, основанная на использовании тепла гелиоустановки и биотермической установки при их совместном функционировании. Гелиоустановка позволяет получить годовой экономический эффект на сумму 57194 сомов. Экономический эффект от использования биотермической установки составляет 9036 сомов. Суммарный экономический эффект от использования данных установок, за счет снижения затрат на традиционную электрическую энергию, составил 66230 сом. за отопительный период (с 15 октября по 15 марта) при нагреве пола телятника площадью 30 м². Срок окупаемости установки – до 2-х лет.

Ключевые слова: энергосберегающая технология; телятник; гелиоколлектор; биотермическая установка; экономический эффект; срок окупаемости.

МУЗООКАНАНЫН ПОЛУН ЖЫЛЫТУУ УЧУН ЭНЕРГИЯНЫ ҮНӨМДӨӨЧҮ ТЕХНОЛОГИЯНЫ ТЕХНИКАЛЫК-ЭКОНОМИКАЛЫК БААЛОО

*А.Ж. Жусубалиева, И.Э. Турдуев, Н.Ы. Темирбаева, Ж.Ы. Осмонов,
Ч.М. Алыбаева, Б.С. Ордобаев, У.Э. Карасартов*

Аннотация. Бул макалада гелий жана биотермикалык агрегаттын жылуулугун алардын биргелешип иштешинде колдонууга негизделген музookананын полун жылытуунун энергияны үнөмдөөчү технологиясы сунушталды. Гелий агрегаты 57194 сом суммасында жылдык экономикалык натыйжа алууга мүмкүндүк берет. Биотермикалык агрегатты пайдалануунун экономикалык натыйжасы 9036 сомду түзөт. Салттуу электр энергиясына сарптоолорду төмөндөтүүнүн эсебинен бул агрегаттарды пайдалануудан жалпы экономикалык натыйжа жылытуу мезгилинде (15-октябрдан 15-мартка чейин) аянты 30 м² болгон музookананын полун жылытууда 66230 сомду түздү. Агрегаттын өзүн-өзү актоо мөөнөтү 2 жылга чейин.

Түйүндүү сөздөр: энергияны үнөмдөөчү технология; музookана; гелиоколлектор; биотермикалык агрегат; экономикалык натыйжа; өзүн-өзү актоо мөөнөтү.

TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGY FOR HEATING THE FLOOR OF THE CALF HOUSE

*A.Zh. Zhusubaliev, I.E. Turduev, N.Y. Temirbaeva, Zh.Y. Osmonov,
Ch.M. Alybaeva, B.S. Ordobaev, U.E. Karasartov*

Abstract. An energy-saving technology for heating the floor of a calf house is presented, based on the use of heat from a solar installation and a biothermal installation when they function together. The solar installation allows you to get an annual economic effect in the amount of 57194 som. The economic effect of using a biothermal installation is 9036 som. The total economic effect from the use of these installations, due to the reduction of costs for traditional electric energy, amounted to 66,230 som. during the heating period (from October 15 to March 15) when heating the floor of the calf house with an area of 30 m². The payback period of the installation is up to 2 years.

Keywords: energy-saving technology; calf; solar collector; biothermal plant; economic effect; payback period.

Введение. Способы тепло- и электроснабжения малых объектов сельского хозяйства могут быть традиционными или на базе возобновляемых источников энергии в зависимости от географического расположения местности. Каждый из способов обладает определенными преимуществами и недостатками, поэтому при их технико-экономической оценке необходимо учитывать каждый конкретный случай. К примеру, при использовании возобновляемых источников энергии имеют место высокие первоначальные расходы, тогда как текущие расходы по обслуживанию технических средств, преобразующих возобновляемые источники на потребительский вид, невысоки. Поэтому, технологии на базе возобновляемых источников энергии конкурентоспособны и экономически целесообразны. Основными преимуществами производства энергии на базе ВИЭ являются экологические и социальные выгоды.

Материалы, методы и результаты исследований. В работах [1, 2] были рассмотрены вопросы совместного использования биотеплоты навоза, образующейся в процессе перегноя, а также энергии Солнца в системе обогрева пола телятника с помощью соответствующих технических средств (биотермической установки и гелиоколлектора).

В мировой практике при технико-экономическом обосновании различных способов энергоснабжения потребителей на базе возобновляемых источников энергии используются множество критериев, основными из них являются дисконтированные затраты и срок окупаемости, которые учитывают не только энергетические и технологические характеристики, но и влияние внешних факторов – метеорологических показателей и режимов потребления, которые имеют вероятностный характер и взаимосвязаны [3–5].

При технико-экономической оценке энергосберегающей технологии обогрева пола телятника [6] в качестве исходного материала были использованы основные результаты теоретико-экспериментальных исследований данной технологии, которые представлены в таблице 1.

Экономическая эффективность гелиоустановки рассчитана на применение одной панели. Если известна стоимость одной панели C_1 , то стоимость панелей гелиоустановки равна:

$$\tilde{N}_{\text{а.о.}}^{\text{а}} = \tilde{N}_1 \cdot n, \text{ сом.}, \quad (1)$$

где n – количество панелей, шт.

При известной стоимости одной трубки C_2 , стоимость всех труб гелиоколлектора равна:

$$\tilde{N}_{\text{а.о.}}^{\text{о.о.}} = \tilde{N}_2 \cdot n_{\text{о.о.}}, \text{ сом.}, \quad (2)$$

где $n_{\text{тр}}$ – количество труб, шт.

Стоимость дополнительного оборудования гелиоколлектора (гидроаккумулятор, контролер, разводка) усредненно оценивается как [3]:

$$\tilde{N}_{\text{а.о.}}^{\text{и.а}} = \tilde{N}_{\text{а.о.}}^{\text{о.о.}} \cdot 1,5, \text{ сом.} \quad (3)$$

Стоимость строительно-монтажных работ, в зависимости от расположения солнечных коллекторов, в среднем составляет:

$$\tilde{N}_{\text{а.о.}}^{\text{н.л}} = 0,2 \cdot \tilde{N}_{\text{а.о.}}^{\text{и.а}}, \text{ сом.} \quad (4)$$

Суммарная стоимость гелиоустановки равна:

$$\Sigma \tilde{N}_{\text{а.о.}} = \tilde{N}_1 \cdot n + C_2 \cdot n_{\text{о.о.}} + \tilde{N}_{\text{а.о.}}^{\text{о.о.}} \cdot 1,5 + 0,2 \cdot \tilde{N}_{\text{а.о.}}^{\text{и.а}}, \text{ сом.} \quad (5)$$

Стоимость пуско-наладочных работ гелиоколлектора составляет 5 % от стоимости оборудования:

$$\tilde{N}_{\text{а.о.}}^{\text{а.л}} = 0,05 \Sigma \tilde{N}_{\text{а.о.}}, \text{ сом.} \quad (6)$$

Таблица 1 – Сводные показатели статистической оценки энергосберегающей технологии обогрева пола телятника (за отопительный период с 15 октября по 15 марта)

№ п/п	Параметры	Единица измерения	Статистические показатели				Примечание	
			М	±σ	max	min		среднее
1	Количество солнечной радиации	кВт / м ² .мес.	53,09	30,12			Подчиняется нормальному закону распределения	
2	Удельная солнечная энергия	кВт/м ²			0,554	0,154	0,354	
3	Коэффициент тепловых потерь гелиоколлектора	Вт / м ² ·ч			12,67	7,77	10,22	Диапазон изменения температуры t _{опр} = +12...-12 °С
4	Коэффициент отвода тепла гелиоколлектора				0,810	0,494	0,652	При t _{опр} = +12...-12 °С
5	Средняя полезная энергия, полученная в гелиоколлекторе	Вт / м ²					261,75	При t _{опр} = +12...-12 °С
6	Коэффициент полезного действия гелиоколлектора				0,36	0,28	0,32	0,28 теоретический КПД 0,36 экспериментальный КПД
7	Тепловая мощность гелиоколлектора	Вт			260,2	260	260,1	
8	Температура воды в гелиоколлекторе: на входе на выходе	°С			44 49	39 46	41,5 47,5	При подаче воды на вход с температурой: 20, 30, 40 °С
9	Произведение общего коэффициента тепловых потерь и коэффициента эффективности гелиоколлектора	Вт / (м ² ·с)					10,1 4,9	
10	Продолжительность инсоляции точки В на полу телятника: суммарная непрерывная	час						
11	Среднее значение инсоляции зданий телятника: к 15 октябрю к 22 декабрю к 15 марта	час			3	1,75		С учетом высоты здания (6,3 м)
12	Угол наклона гелиоколлектора при географической широте местности φ = 42° с.ш.	град.			60	54	7,33 6,15 8,17	Начало отопительного периода Самый короткий день Конец отопительного периода Место расположения фермерского хозяйства

13	Температура самонагрева навозной массы при температуре окружающей среды: $t_{\text{окр}} = 13 \dots 16 \text{ } ^\circ\text{C}$ $t_{\text{окр}} = 7 \dots 14 \text{ } ^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	42,7 39,9	1,75 1,87				Днем Ночью
14	Продолжительность времени самонагревания навозной массы в количестве 3000–3100 кг	дни			40			С 30 октября по 9 декабря
15	Температура навозной массы за время самонагревания при колебании температуры $+17 \dots -2 \text{ } ^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	57,9	5,67				Коэффициент вариации $V=9,8 \%$
16	Температура воды в биотермической установке: на входе на выходе	$^\circ\text{C}$			44,9			При температуре $t_{\text{окр}} = +17 \dots -5 \text{ } ^\circ\text{C}$
17	Теплопроизводительность биотермической установки	кДж /кг	54,9		53			Между 20-м и 30-м днями самонагревания навозной массы
18	Тепловая мощность биотермической установки	Вт			325			
19	Суммарный коэффициент телопередачи элементов системы обогрева пола телятника	$\text{Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$			45,87			Элементы системы обогрева: бак- аккумулятор, трубопроводы и пол
20	Количество тепла, необходимого для обогрева пола телятника при температуре: $t_{\text{окр}} = +12 \text{ } ^\circ\text{C}$ $t_{\text{окр}} = -12 \text{ } ^\circ\text{C}$					1,5		
21	Температура пола телятника «вход» «выход»				2,6		43	
								8

Расчеты экономической эффективности приводим с учетом экономии традиционной электрической энергии.

1. Исходные данные для расчета: время эксплуатации гелиоустановки (средней отопительный период) – $N = 120 \dots 150$ сут. (2880...3600 час); $N_{\text{ср}}^{\circ} = 135$ сут. (3240 час); среднее суточное число часов солнечного сияния – $\tau = 8$ час; средняя удельная мощность солнечного излучения – $Y = 0,354$ кВт/м²; средний коэффициент полезного действия гелиоустановки – $\eta = 0,32$. Количество панелей – $n = 3$ шт.; площадь одной панели: $S_{\text{гк}} = 1,68$ м²; средняя удельная тепловая мощность гелиоустановки $P = 260,2 \times 3 = 780,6$ Вт = 0,78 кВт в час; 260,2 Вт – мощность одной панели); средняя дневная температура наружного воздуха – $t_{\text{окр}} = 3$ °С; расход воды только на испарение (G_{min} , кг/ч); площадь одного бокса телятника: $S_{\text{т}} = 5 \times 6 = 30$ м².

2. Среднее количество солнечной энергии, получаемой за отопительный период гелиоустановки:

$$Q = P \cdot N_{\text{пб}}^{\circ} \cdot \tau = 0,78 \cdot 135 \cdot 8 = 842,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч.} \quad (7)$$

3. Среднее количество солнечной энергии для обогрева пола одного бокса за отопительный период:

$$Q_{\delta} = Q_{\text{о}} \cdot S = 25272 \text{ кВт}\cdot\text{ч.} \quad (8)$$

4. Расход традиционной электрической энергии на получение Q_{δ} :

$$Q_{\text{д.э.}} = \frac{Q_{\delta}}{\eta_{\text{л.э.}}} = \frac{25272}{0,95} = 26602,1 \text{ кВт}\cdot\text{ч,} \quad (9)$$

где $\eta_{\text{л.э.}}$ – коэффициент полезного действия электронагревательного устройства для обогрева пола, $\eta_{\text{л.э.}} = 0,95$.

5. Затраты на традиционную электрическую энергию:

$$C_{\text{э.д.}} = Q_{\text{д.э.}} \cdot \dot{E}_{\text{э}} = 26602,1 \cdot 2,15 = 57194,5 \text{ сом.,} \quad (10)$$

где $K_{\text{э}} = 2,15$ сом/кВт·ч – тариф на электрическую энергию.

6. Срок окупаемости гелиоустановки:

$$T_{\text{а.о.}}^{\text{н}} = \frac{S_{\text{а.о.}}^{\text{н}}}{Q \cdot C_{\text{т}}}, \quad (11)$$

где $S_{\text{а.о.}}^{\text{н}}$ – удельная стоимость гелиоустановки, сом/м²; ($S_{\text{а.о.}}^{\text{н}} = 3200$ сом/м² – рыночная стоимость); Q – количество теплоты, выработанной гелиоустановкой за отопительный период, кДж/м²; $C_{\text{т}}$ – стоимость теплоты от традиционного энергоисточника, сом/кДж·ч ($C_{\text{т}} = 0,065$ сом/кДж·ч).

$$Q = N_{\text{пб}}^{\circ} \cdot m \cdot C_{\text{д}} \cdot \rho(t_{\text{а.о.}} - t_{\text{л.э.}}) = 135 \cdot 4,19 \cdot 0,973(47 - 3) = 23216 \text{ (кДж/м}^2\text{)};$$

$$\dot{O}_{\text{а.о.}} = \frac{3200}{23216} \cdot 0,065 = 2,1 \text{ лет.}$$

Таким образом, гелиоустановка позволяет получить дополнительный экономический эффект от использования солнечной энергии для обогрева пола телятника за счет снижения затрат на традиционную электрическую энергию на сумму 57194,5 сом. в расчете на отопительный период.

В фермерском хозяйстве выход биомассы (в основном навоза) постоянен во времени. Особенно данная масса увеличивается в стойловый период. Данный период совпадает с отопительным периодом. Поэтому накопление сырья для биотермической установки для обогрева пола животноводческих помещений также имеет постоянный характер. Биотермическая установка снабжается собственным энергетическим сырьем (навозом).

Общий объем выработанной тепловой энергии $Q_{6,y}$ биотермической установкой составляет:

$$Q_{a.o.} = (1 + Z_{o.y.}) Q_{a.o.}^i, \quad (12)$$

где $Z_{т,з}$ – коэффициент потерь тепловой энергии ($Z_{т,з} = 0,22-0,31$) [4]; $Q_{a.o.}^i$ – потребляемая тепловая энергия, кДж.

В предложенной энергосберегающей технологии обогрева пола телятника биотермическая установка используется для выработки биотепла в процессе самонагрева определенной массы навоза. Поэтому расчет экономической эффективности также приводим с учетом экономики традиционной электрической энергии.

1. Средняя теплопроизводительность биотермической установки за продолжительность времени самонагрева навозной массы (40 суток):

$$Q_{6,y.}^{cp} = \left(53 + \frac{50}{2}\right) \left(3000 + \frac{3100}{2}\right) \cdot 40 = 6270800 \text{ кДж} \approx 1496610,9 \text{ Вт} = 1496,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Средняя теплопроизводительность биотермической установки за отопительный период:

$$Q_{a.o.}^{ii} = Q_{a.o.}^{no} \cdot \frac{135}{40} = 1496,6 \cdot 3,375 = 5051 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

2. Потребляемая тепловая энергия $Q_{a.o.}^i$ составляет:

$$Q_{a.o.}^i = \frac{Q_{a.o.}^{ii}}{1 + Z_{o.y.}} = \frac{5051}{1 + 0,265} = 3992,9 \text{ кДж}\cdot\text{ч}.$$

3. Расход традиционной электрической энергии на получение $Q_{a.o.}^i$:

$$Q_{o.y.}^1 = \frac{Q_{a.o.}^i}{\eta_{i.y.}} = \frac{3992,9}{0,95} = 4203,06 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

4. Затраты на традиционную электрическую энергию:

$$C_{(y.o.)}^1 = Q_{(o.y.)}^1 \cdot K_y = 4203,06 \cdot 2,15 = 9036,6 \text{ сом}.$$

5. Срок окупаемости биотермической установки:

$$T_{a.o.} = \frac{S_{a.o.}^n}{Q_{a.o.}^{ii}} \cdot C_o = \frac{2632}{5051} \cdot 0,27 = 1,93 \text{ лет},$$

где $S_{a.o.}^n$ – удельная стоимость биотермической установки ($S_{a.o.}^n = 2632$ сом/м² – цена изготовителя).

Биотермическая установка также позволяет получить дополнительный экономический эффект от биотепла при самонагревании навозной массы для обогрева пола телятника, за счет снижения затрат на электрическую энергию на сумму 9036,6 сом. в расчете на отопительный период.

Сводные показатели технико-экономической эффективности энергосберегающей технологии обогрева пола телятника приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели технико-экономической эффективности

№ п/п	Показатели	Энергосберегающая технология		
		гелиоустановка	биотермическая установка	сумма
1	2	3	4	5
1	Среднее количество солнечной энергии для обогрева пола телятника ($S_{\tau} = 30\text{ м}^2$), $Q_{\text{б}}$	25272 кВт·ч (за отопительный период)	5051 кВт·ч	30323
2	Расход традиционной электрической энергии на выработку $Q_{\text{б}}$	26602,1 кВт·ч	4203,06 кВт·ч	30805
3	Затраты на традиционную электрическую энергию	57194,5 сом.	9036,6 сом.	66229,1
4	Срок окупаемости	2,1 лет	1,93	

Выводы. В мировой практике технико-экономическое обоснование использования возобновляемых источников энергии осуществляется путем расчета дисконтированных затрат и срока окупаемости, которые учитывают не только энергетические и технологические характеристики, но и влияние метеорологических факторов и режимы потребления. Экономический эффект от использования гелиоустановки и биотермической установки в системе обогрева пола телятника при совместном их функционировании, обеспечивается за счет снижения затрат на традиционную электрическую энергию. При нагреве пола телятника площадью 30 м² можно получить экономический эффект 66230 сом. за отопительный период (с 15 октября по 15 марта). Срок окупаемости установки – до 2-х лет.

Поступила: 01.03.23; рецензирована: 15.03.23; принята: 17.03.23.

Литература

1. Осмонов Ы.Дж. Моделирование энергосберегающей технологии обогрева пола телятника / Ы.Дж. Осмонов, А.Ж. Жусубалиева, Н.Ы. Темирбаева, Б.С. Ордобаев // Вестник КРСУ. 2022. Т. 22. № 8. С. 122–126.
2. Осмонов Ы.Дж. Энергосберегающая технология обогрева пола телятника / Ы.Дж. Осмонов, Ж.Ы. Осмонов, Н.Ы. Темирбаева, А.Ж. Жусубалиева, И.Э. Турдуев // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 1(45). С. 39–44.
3. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. Минск: Департамент по энергоэффективности Гос. ком. по стандартизации Республики Беларусь, 2008. 31 с.
4. Методика технико-экономического обоснования вариантов размещения возобновляемых источников энергии, их целесообразного количества с учетом расположения на территории Самарской области. Самара, 2012. 64 с.
5. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов по их отбору для функционирования. Утв. Мин. экономики РФ, Мин. финансов РФ 31.03.94. № 7. 12/47. М., 1994.
6. Патент № 451. Кыргызская Республика. Энергосберегающая система обогрева пола телятника. МПК А01 К 1/00, F24F 3/16. 2023.