

Научная статья

УДК 631.371:621.311

EDN TYKDEL

DOI: 10.22450/19996837_2023_1_134

Энергосбережение при обеспечении микроклимата в сельскохозяйственных предприятиях

**Юлия Александровна Фальчевская¹, Орозмамат Мамасалиевич Осмонов²,
Анастасия Валериевна Спиридонова³**

¹ Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского
Иркутская область, Иркутск, Россия

² Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

³ Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

¹ Julia-Katia2010@mail.ru, ² osm.rom2011@yandex.ru, ³ Savadf0706@mail.ru

Аннотация. Электроэнергия – необходимый компонент при производстве сельскохозяйственной продукции. В связи с постоянно растущими тарифами на электроэнергию возникает необходимость в поиске ее альтернативных источников. Одним из способов энергосбережения в сельском хозяйстве является применение биогаза, полученного после переработки в метантенках побочных продуктов животноводства в качестве источника тепловой и электрической энергии. В связи с высокой стоимостью электроэнергии и древесины предприятия нуждаются в обеспечении их альтернативными вариантами источников энергии. Задача, поставленная в данной работе – рассчитать количество необходимой дополнительной теплоты, производимой биогазовой когенерационной установкой на примере крестьянского (фермерского) хозяйства в Иркутской области. В целях энергосбережения в хозяйстве уже заменено освещение. Одновременно существует проблема утилизации навоза. Согласно новым требованиям, его хранение предусматривается только на специальных оборудованных площадках, в противном случае навоз относят к отходам, ухудшающим экологическую обстановку. Теоретически энергетический потенциал хозяйства способен обеспечить предприятие собственной электрической энергией, необходимой для создания оптимального микроклимата при содержании крупного рогатого скота.

Ключевые слова: энергосбережение, побочные продукты животноводства, биогаз, микроклимат, отопление, когенерационная установка

Для цитирования: Фальчевская Ю. А., Осмонов О. М., Спиридонова А. В. Энергосбережение при обеспечении микроклимата в сельскохозяйственных предприятиях // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 1. С. 134–140. doi: 10.22450/19996837_2023_1_134.

Original article

Energy saving while providing a microclimate in agricultural enterprises

**Yuliya A. Falchevskaya¹, Orozमत M. Osmonov²,
Anastasiya V. Spiridonova³**

¹ Irkutsk State Agrarian University named after A. A. Ezhevsky, Irkutsk region, Irkutsk, Russia

² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
Moscow, Russia

³ North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov

Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia

¹ Julia-Katia2010@mail.ru, ² osm.rom2011@yandex.ru, ³ Savadf0706@mail.ru

Abstract. Electricity is a necessary component in the production of agricultural products. In order to the ever-increasing tariffs for electricity, there is a need to search for its alternative sources. One of the ways to save energy in agriculture is the use of biogas obtained after processing of livestock by-products in digesters as a source of heat and electricity. Due to the high cost of electricity and wood, enterprises need to provide themselves with alternative energy sources. The task set in this work is to calculate the amount of additional required heat produced by a biogas cogeneration plant using the example of a peasant farm in the Irkutsk region. Lighting has already been replaced on the farm in order to save energy. At the same time, there is a problem of manure utilization in the farm, according to the new requirements, its storage is provided only on special equipped sites, and otherwise manure is classified as waste that worsens the ecological situation. Theoretically, the energy potential of the farm is able to provide the enterprise with its own electrical energy necessary to create an optimal microclimate when keeping cattle.

Keywords: energy saving, livestock by-products, biogas, microclimate, heating, cogeneration plant

For citation: Falchevskaya Yu. A., Osmonov O. M., Spiridonova A. V. Energosberezhenie pri obespechenii mikroklimata v sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiyakh [Energy saving while providing a microclimate in agricultural enterprises]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 1: 134–140. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837_2023_1_134.

Введение. Для полноценного функционирования сельскохозяйственных предприятий необходимо бесперебойное обеспечение их тепловой или электрической энергией, требуемой в основном для создания одного из важных параметров микроклимата – температуры внутреннего воздуха, поддерживаемой посредством создания эффективно действующей системы отопления.

В животноводческих хозяйствах (птицеводческих и животноводческих фермах) Иркутской области распространено преимущественно печное и электрическое отопление. Во многих крупных сельскохозяйственных предприятиях специально сооруженной системы отопления нет, и на время очень низких температур в телятниках устанавливаются электрические калориферы. В связи с постоянно растущими тарифами на потребляемую электроэнергию задача по энергосбережению для большинства хозяйств является актуальной [1, 2].

Одновременно в хозяйствах остро стоит вопрос утилизации отходов животноводства, которые негативно воздействуют на окружающую среду [3]. С 1 марта 2023 года вступает в силу федеральный закон «О побочных продуктах животно-

водства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Согласно федеральному закону, хранение навоза предусматривается только на специализированных площадках, в результате чего он будет относиться к побочным продуктам животноводства, которые можно будет вносить в почву в качестве органического удобрения для воспроизводства плодородия земель. В случае признания побочных продуктов отходами собственник должен будет внести плату за негативное воздействие на окружающую среду [4].

При этом одним из рациональных способов утилизации побочных продуктов животноводства в виде органических отходов является их анаэробная переработка в биогазовых установках. Переработка органических отходов животноводческих сельскохозяйственных предприятий с использованием биогазовой когенерационной установки позволит решить сразу две важные задачи – энергосбережение и рациональную утилизацию побочных продуктов животноводства.

Цель исследования – определение целесообразности применения биогазовой когенерационной установки в целях энергосбережения в сельскохозяйствен-

ных предприятиях, в частности в крестьянских (фермерских) хозяйствах Иркутской области.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на примере крестьянского (фермерского) хозяйства (КФХ), расположенного в Боханском районе Иркутской области. Основной деятельностью КФХ является разведение крупного рогатого скота и выращивание зерновых культур. В хозяйстве содержится 156 голов крупного рогатого скота, из них 34 коров сухостойных, 62 быка и 60 телят. Площадь животноводческого помещения составляет 1 424 м². Содержание животных в хозяйстве подстилочное, в основном беспривязное и частично привязное (быки в возрасте 6 месяцев ставятся на привязь).

Согласно технологическим требованиям, при содержании коров температура воздуха животноводческих помещений должна составлять 10–15 градусов [5]. Система обеспечения требуемых параметров микроклимата животноводческих помещений основывается на обогреве воздуха посредством использования водонагревателей печного отопления. При этом высокая стоимость электроэнергии и топлива в виде древесины не позволяет полноценно обеспечить оптимальные параметры микроклимата в животноводческих помещениях.

Мероприятия по энергосбережению в хозяйстве в основном направлены на снижение количества потребляемой электроэнергии. Так, в целях энергосбережения, произведена замена ламп накаливания мощностью 100 Вт системы освещения животноводческих помещений на энергосберегающие лампы мощностью 20 Вт. Это привело к снижению энергопотребления на 670 кВт·ч.

Предполагается, что внедрение технологий по использованию энергетического потенциала побочных продуктов животноводства в виде органических отходов могло бы значительно увеличить энергосбережение в хозяйстве.

Результаты исследований и обсуждение. Для оценки энергетического потенциала побочных продуктов животноводства в виде органических отходов хозяйства, на основании проведенных ранее теоретических исследований [6], рассчитаем потребность животноводческих

помещений в дополнительной теплоте, выделяемой биогазовой установкой.

Величина тепловых потерь через ограждающие конструкции животноводческого помещения может быть определена по формуле (1):

$$Q_{огр} = q_0 \cdot a \cdot V_n \cdot (t_{вн} - t_{ср.от}) \quad (1)$$

где q_0 – удельная тепловая характеристика, ккал/(м³·ч) (рекомендуемое значение 0,25);

a – коэффициент инфильтрации наружного воздуха (рекомендуемое значение 1,05);

V_n – объем здания по наружному обмеру, м³;

$t_{вн}$ – температура воздуха внутри помещений, °С;

$t_{ср.от}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С.

Тепловые потери на испарение влаги с открытой водной и смоченной поверхности с учетом технологии содержания животных и планировочных решений животноводческого помещения рассчитываются по формуле (2):

$$Q_{п} = 600 \cdot W_{с.п} \quad (2)$$

где $W_{с.п}$ – количество влаги, выделяющейся со смоченных поверхностей, кг;

600 – количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг воды в пар, ккал/кг.

При этом количество влаги, выделяющейся со смоченной поверхности пола и стен, рассчитывается по формуле (3):

$$W_{с.п} = \omega_{с.п} \cdot S \quad (3)$$

где $\omega_{с.п}$ – удельное влаговыделение, кг/ч·м² (принимается равным 0,01);

S – смоченная поверхность, м².

Количество тепловых потерь животноводческого помещения с вентиляционным воздухом определяют по формуле (4):

$$Q_{\text{в}} = 0,278 \cdot K_{\text{инф}} \cdot G_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (4)$$

где $K_{\text{инф}}$ – коэффициент инфильтрации;
 $G_{\text{пр}}$ – требуемое количество приточного воздуха, м³/час;
 $t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха, °С;
 $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, °С.

Требуемое количество приточного воздуха определяется по формуле (5):

$$G_{\text{пр}} = (W_{\text{ж}} - W_{\text{с.п}}) / (d_{\text{в}} - d_{\text{н}}) \quad (5)$$

где $W_{\text{ж}}$ – количество влаги, выделяемое одним животным, г/ч;
 $d_{\text{в}}$ – расчетный коэффициент теплоотдачи внутреннего ограждения (рекомендуемое значение 8,7) [7];
 $d_{\text{н}}$ – расчетный коэффициент теплоотдачи наружного ограждения (равен 12).

В свою очередь, количество влаги, выделяемое одним животным, определяется из формулы (6):

$$W_{\text{ж}} = n \cdot \omega_{\text{ж}} \cdot K_{\text{ж}} \quad (6)$$

где n – количество животных в помещении, гол.;
 $\omega_{\text{ж}}$ – удельное количество водяных паров, выделяемых одним животным, г/ч;
 $K_{\text{ж}}$ – поправочный температурный коэффициент на влаговыделение животными, зависящий от температуры воздуха в помещении.

Количество явной теплоты, выделяемое животными, определяется в зависимости от веса, возраста животных, а также с учетом расчетной температуры внутреннего воздуха по формуле (7) [5]:

$$Q_{\text{ж}}^{\text{яв}} = Q_{\text{ж}}^{\text{св}} \cdot k_t \cdot 1,03 \cdot n \quad (7)$$

где $Q_{\text{ж}}^{\text{св}}$ – количество свободной теплоты, выделяемой животными при температуре внутреннего воздуха 10 °С;
 k_t – поправочный коэффициент, учитывающий изменение тепловыделений при температурах, отличных от 10 °С;
 1,03 – увеличение тепловыделений при повышении влажности воздуха до 85 %.

Таблица 1 – Результаты расчетов потребности крестьянского (фермерского) хозяйства в тепловой энергии, вырабатываемой когенерационной биогазовой установкой

Наименование показателя	Числовое значение
Тепловые потери через ограждающие конструкции животноводческого помещения, ккал/ч	16 596,7
Количество влаги, выделяющейся со смоченной поверхности пола и стен, кг/(ч·м ²)	63,99
Тепловые потери на испарение влаги с открытой водной и смоченной поверхности с учетом технологии содержания животных и планировочных решений животноводческого помещения, ккал/ч	38 394
Требуемое количество приточного воздуха, м ³ /ч	34,77
Количество влаги, выделяемое одним животным, г/ч	50,75
Тепловые потери животноводческого помещения с вентиляционным воздухом, ккал/ч	178,8
Количество явной теплоты, выделяемое животными, в зависимости от веса, возраста животных, а также с учетом расчетной температуры внутреннего воздуха, ккал/ч	72,947
Тепловые потери на испарение влаги с открытой водной и смоченной поверхности, ккал/ч	63,99
Суммарное количество тепловой энергии, которое необходимо обеспечивать за счет работы когенерационной биогазовой установки, ккал/ч	48 700

Величину тепловых потерь на испарение влаги с открытой водной и смоченной поверхности с учетом технологии содержания животных и планировочных решений животноводческого помещения ($Q_{2п}$) рекомендуется принимать равным $10 \text{ Вт с } 1 \text{ м}^2$ поверхности подстилки [2].

Суммарное количество тепловой энергии, которое необходимо обеспечивать за счет работы когенерационной биогазовой установки ($Q_{ког}$) определяется по формуле (8):

$$Q_{ког} = Q_{огр} + Q_{п} + Q_{в} - Q_{ж}^{яв} - Q_{г.п} \quad (8)$$

Результаты расчетов на основе представленных аналитических зависимостей, потребности в тепловой энергии, вырабатываемой когенерационной биогазовой установкой по анаэробной переработке органических отходов животноводства в крестьянском (фермерском) хозяйстве, представлены в таблице 1.

На основании данных по энергетическому потенциалу отходов КФХ Иркутской области, представленных в работе [2], можно сделать вывод, что такое количество тепловой энергии вполне может обеспечиваться за счет работы когенерационной биогазовой установки по анаэробной переработке органических отходов животноводства.

Выводы. 1. В результате обработки информации по хозяйству выявлено, что оно нуждается в мероприятиях по энергосбережению, в основном для обеспечения основного параметра микроклимата в животноводческом помещении – температуры внутреннего воздуха, поддерживаемой посредством создания эффективно функционирующей системы отопления.

2. Определено суммарное количество тепловой энергии, которое необходимо обеспечивать за счет работы когенерационной биогазовой установки по анаэробной переработке органических отходов животноводства в КФХ.

3. На основании данных по энергетическому потенциалу отходов КФХ Иркутской области, представленных в работе [2], такое количество тепловой энергии вполне может обеспечиваться за счет работы когенерационной биогазовой установки по анаэробной переработке органических отходов животноводства.

4. Предложенное мероприятие по энергосбережению также позволит в целом улучшить экологическую обстановку вблизи животноводческого хозяйства и обеспечить хозяйство собственными экологически чистыми органическими удобрениями для растениеводческого подразделения.

Список источников

1. Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Оптимизация энергетических затрат транспортно-производственного процесса // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 4 (56). С.151–155.
2. Раднаев Д. Н. К методике проектирования технологических процессов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова. 2011. № 1 (22). С. 71–75.
3. Бондаренко А. М., Качанова Л. С. Эффективность технологизации процессов переработки органических отходов животноводства // АПК: экономика и управление. 2019. № 7. С. 54–61.
4. О побочных продуктах животноводства : Федеральный закон от 14.07.2022 № 248-ФЗ // Официальный Интернет-портал правовой информации URL: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207140005> (дата обращения: 25.12.2022).
5. Ветеринарно-санитарные требования при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации животноводческих помещений. М. : Росинформагротех, 2017. 82 с.

6. Фальчевская Ю. А., Осмонов О. М. Биогазовая технология как автономный источник энергии для создания микроклимата животноводческих помещений // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Том 16. № 4. С.131–137.

7. СП 50.13330.2012 Свод правил. Тепловая защита зданий // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095525> (дата обращения: 25.12.2022).

References

1. Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Optimizatsiya energeticheskikh zatrat transportno-proizvodstvennogo protsessa [Optimization of energy costs of the transport and production process]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2020; 4 (56): 151–155 (in Russ.).

2. Radnaev D. N. K metodike proektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov [To the methodology of designing technological processes]. *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii imeni V. R. Filippova. – Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippova*, 2011; 1 (22): 71–75 (in Russ.).

3. Bondarenko A. M., Kachanova L. S. Effektivnost' tekhnologizatsii protsessov pererabotki organicheskikh otkhodov zhivotnovodstva [Efficiency of technologization of processes for processing organic animal waste]. *APK: ekonomika i upravlenie. – Agro-industrial Complex: Economics and Management*, 2019; 7: 54–61 (in Russ.).

4. O pobochnykh produktakh zhivotnovodstva: Federal'nyi zakon ot 14.07.2022 № 248-FZ [On livestock by-products: Federal Law of July 14, 2022 No. 248-FZ] *Publication.pravo.gov.ru* Retrieved from <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207140005> (Accessed 25 December 2022) (in Russ.).

5. *Veterinarno-sanitarnye trebovaniya pri proektirovanii, stroitel'stve, rekonstruktsii i ekspluatatsii zhivotnovodcheskikh pomeshchenii [Veterinary and sanitary requirements for the design, construction, reconstruction and operation of livestock buildings]*, Moskva, Rosinformagrotech, 2017, 82 p. (in Russ.).

6. Fal'chevskaya Yu. A., Osmonov O. M. Biogazovaya tekhnologiya kak avtonomnyi istochnik energii dlya sozdaniya mikroklimate zhivotnovodcheskikh pomeshchenii [Biogas technology as an autonomous source of energy for creating a microclimate for livestock buildings]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2022; 16; 4: 131–137 (in Russ.).

7. Svod pravil. Teplovaya zashchita zdaniy [Code of Practice. Thermal protection of buildings]. (2012) *SP 50.13330.2012 Docs.cntd.ru* Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/1200095525> (Accessed 25 December 2022) (in Russ.).

© Фальчевская Ю. А., Осмонов О. М., Спиридонова А. В., 2023

Статья поступила в редакцию 19.01.2023; одобрена после рецензирования 20.02.2023; принята к публикации 27.02.2023.

The article was submitted 19.01.2023; approved after reviewing 20.02.2023; accepted for publication 27.02.2023.

Информация об авторах

Фальчевская Юлия Александровна, преподаватель, Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежовского, Julia-Katia2010@mail.ru;

Осмонов Орозмамат Мамасалиевич, доктор технических наук, профессор кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, osm.rom2011@yandex.ru;

Спиридонова Анастасия Валериевна, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, Savadf0706@mail.ru

Information about authors

Yuliya A. Falchevskaya, Lecturer, Irkutsk State Agrarian University named after A. A. Ezhevsky, Julia-Katia2010@mail.ru;

Orozmamat M. Osmonov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Heat Engineering, Hydraulics and Power Supply of Enterprises, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, osm.rom2011@yandex.ru;

Anastasiya V. Spiridonova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Operation of Motor Transport and Car Service, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Savadf0706@mail.ru