

Научная статья

УДК 620:631.22

EDN WJEEAO

DOI: 10.22450/199996837_2022_4_131

Биогазовая технология как автономный источник энергии для создания микроклимата животноводческих помещений

Юлия Александровна Фальчевская¹, Орозмамат Мамасалиевич Осмонов²

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

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

Аннотация. В работе рассмотрены используемые в настоящее время для создания микроклимата животноводческих помещений системы отопления в Иркутской области и показана необходимость поиска энергосберегающих технологий обеспечения микроклимата. При этом одной из важных проблем для животноводческих ферм является эффективная утилизация животноводческих отходов в виде навоза. В целях энергосбережения предлагается использовать биогаз, получаемый при анаэробной переработке животноводческих отходов в качестве дополнительного источника тепловой энергии для создания требуемых параметров микроклимата животноводческих помещений. Представлена аналитическая зависимость для расчета необходимого количества теплоты, производимой биогазовой когенерационной установкой для помещений ферм. Показано, что в сельскохозяйственных предприятиях Иркутской области имеется достаточное количество энергетического топлива для эффективной работы биогазовых когенерационных установок, обеспечивающих требуемые параметры микроклимата животноводческих помещений и приводящих в конечном итоге к повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: микроклимат, утилизация отходов животноводства, биогаз, биогазовая технология, когенерационная установка, энергосбережение

Для цитирования: 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. doi: 10.22450/199996837_2022_4_131.

Original article

Biogas technology as an autonomous energy source for creating a microclimate in livestock buildings

Yuliya A. Falchevskaya¹, Orozmamat M. Osmonov²

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

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

Abstract. The paper considers the heating systems currently used to create a microclimate in livestock buildings in the Irkutsk region and shows the need to search for energy-saving technologies for providing a microclimate. At the same time, one of the important problems for livestock farms is the effective animal waste disposal in the form of manure. In order to save energy, it is proposed to use biogas obtained from the anaerobic processing of livestock waste as an additional source of thermal energy to create the required parameters of the microclimate of livestock build-

ings. An analytical dependence for calculating the required amount of heat produced by a biogas cogeneration plant for farm premises is presented. It is shown that there is a sufficient amount of energy fuel in the agricultural enterprises of the Irkutsk region for the efficient operation of biogas cogeneration plants that provide the required parameters of the microclimate of livestock buildings and ultimately lead to an increase in the efficiency of agricultural production.

Keywords: microclimate, animal waste disposal, biogas, biogas technology, cogeneration plant, energy saving

For citation: Falchevskaya Yu. A., Osmonov O. M. Biogazovaya tekhnologiya kak avtonomnyi istochnik energii dlya sozdaniya mikroklimata zhivotnovodcheskikh pomeshchenii [Biogas technology as an autonomous energy source for creating a microclimate in livestock buildings]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2022; 16; 4: 131–137. (in Russ.). doi: 10.22450/199996837_2022_4_131.

Введение. В настоящее время актуальными являются вопросы энергосбережения и уменьшения загрязнения окружающей среды. Согласно государственного доклада о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации в 2020 г., технологический фактор впервые за последние три года привел к перерасходу энергии в сельском хозяйстве на 0,29 млн. тонн условного топлива [1].

В тоже время вопрос утилизации отходов животноводства, являющихся источником вредных выбросов в атмосферу и загрязняющих грунтовые воды, заставляет сельскохозяйственные предприятия искать эффективные способы решения данной проблемы. Один из них – переработка органических отходов в биогазовых установках с последующим получением горючего топлива (биогаза), а также обеззараженного экологически чистого органического удобрения [2].

Полученная за счет сжигания биогаза энергия может обеспечить энергосбережение при создании микроклимата животноводческих помещений. Формирование и поддержание оптимальных показателей микроклимата животноводческих помещений, в свою очередь, создаст полноценное функционирование животноводческих ферм с повышением продуктивности животных.

При этом, по мнению специалистов в области технологии животноводства, продуктивность животных на 50–60 % определяется кормами, на 15–20 % – уходом и на 10–30 % – микроклиматом в животноводческом помещении; при этом температура является одним из основных параметров микроклимата животноводче-

ских ферм. Данный фактор (температура) обеспечивается за счет подвода в животноводческое помещение дополнительного количества тепловой энергии и влияет на усваивание животными корма, репродуктивные функции и эффективность производства.

Цель исследования – обоснование применения биогазовой технологии утилизации органических отходов животноводства для получения тепловой энергии при создании необходимых параметров микроклимата животноводческих помещений на фермах Иркутской области в целях энергосбережения.

Состояние проблемы и необходимость ее решения. Изучены статистические данные о состоянии сельского хозяйства Иркутской области, проведен сбор данных о способах отопления животноводческих и птицеводческих помещений Иркутской области.

Для обеспечения оптимальной температуры воздуха животноводческие фермы в основном оборудуются газовым, водяным, печным и электрическим отоплением. В Иркутской области в индивидуальных предприятиях и крестьянских (фермерских) хозяйствах преимущественно используется печное или электрическое отопление, либо обогрев животноводческих помещений совсем отсутствует.

Крупные предприятия области, такие как АО «Железнодорожник», АО «Большееланское», АО «Агрофирма «Ангара», занимающиеся разведением крупного рогатого скота в животноводческих помещениях, не имеют отопления. Только во время сильных морозов в телятниках применяются калориферы, выставленные на минимальную температуру.

В ПАО «Белореченское» для отопления используется теплоноситель от централизованной системы теплоснабжения поселка Белореченский, также фермы предприятия частично перешли на отопление от местных котельных установок с водогрейными котлами. В ООО «Саянский бройлер» применяется водяное отопление.

Практика показывает, что используемые в сельскохозяйственных предприятиях области виды отопления имеют свои минусы. Использование печного отопления, в котором в качестве топлива применяется древесина разных видов, ухудшает обстановку окружающей среды в связи с сокращением лесного массива в Иркутской области [3]. Основной причиной отказа сельскохозяйственных предприятий от электрического обогрева является дороговизна электроэнергии от централизованных электросетей.

Известно, что отопление в животноводческих помещениях необходимо применять в тех случаях, когда биологической теплоты, выделяемой животными, недостаточно для компенсации тепловых потерь через ограждения, нагрева приточного воздуха и испарения влаги в помещении.

Согласно проведенным исследованиям, на обогрев животноводческих помещений дополнительно расходуется энергия, эквивалентная 1,8 млрд. кВт·ч электроэнергии, или 0,6 млн. м³ природного газа, 1,3 млн. т жидкого и 1,7 млн. т твердого топлива. Общие затраты энергии на создание требуемых параметров микроклимата животноводческих помещений составляют до 3 млн. т. условного топлива в год, что эквивалентно 32 % всей энергии, потребляемой в отрасли животноводства [4].

В целях энергосбережения предлагается использовать биогаз, получаемый при переработке животноводческих отходов в биогазовой установке, который может выступать в качестве дополнительного источника тепловой энергии для создания требуемых параметров микроклимата животноводческих помещений.

Результаты и обсуждение. Для обоснованного определения необходимого количества дополнительной теплоты, обеспечивающей создание требуемых параметров микроклимата в животноводческих помещениях, рассмотрим тепловой баланс животноводческой фермы с использованием биогазовой когенерационной установки (рис. 1).

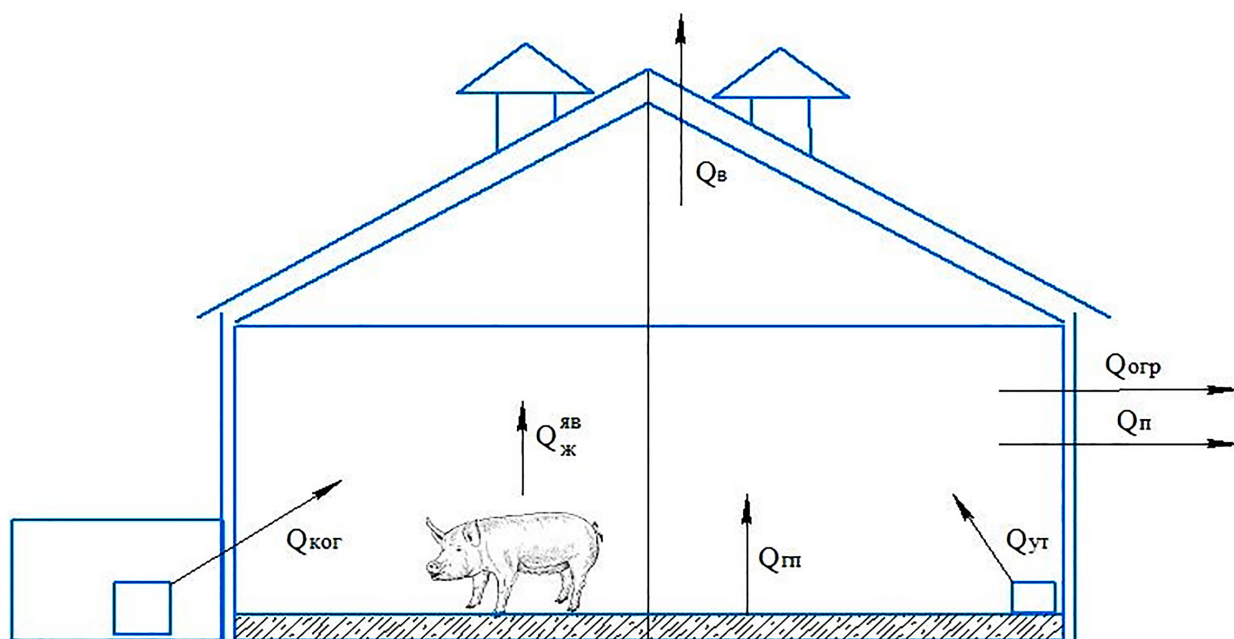


Рисунок 1 – Расчетная схема теплового баланса животноводческого помещения с биогазовой когенерационной установкой

Уравнение теплового баланса животноводческого помещения, согласно расчетной схеме и руководству по расчету и проектированию систем обеспечения микроклимата при строительстве новых и реконструкции действующих животноводческих зданий, будет иметь вид (1):

$$Q_{ж}^{яв} + Q_{zn} + Q_{ym} + Q_{хоз} = Q_{опр} + Q_n + Q_s \quad (1)$$

где $Q_{ж}^{яв}$ – явная теплота, выделяемая животными;

Q_{zn} – тепловой поток в помещении от глубокой подстилки в наиболее холодный период года;

Q_{ym} – тепловозврат от теплоутилизационных установок;

$Q_{хоз}$ – теплота, выделяемая когенерационной установкой;

$Q_{опр}$ – тепловые потери помещения через ограждающие конструкции;

Q_n – тепловые потери на испарение влаги с открытой водной и смоченной поверхности;

Q_s – тепловые потери помещения с вентиляционным воздухом.

Составляющие уравнения теплового баланса (1) могут быть определены по следующим выражениям [5].

Тепловые потери через ограждающие конструкции животноводческого помещения рассчитываются по формуле (2):

$$Q_{опр} = q_0 \cdot a \cdot V_n \cdot (t_s - t_{ср.ом}) \quad (2)$$

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

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

V_n – объем здания по наружному обмену, м³;

t_s – температура воздуха внутри помещения, °С;

$t_{ср.ом}$ – 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 живот-

новодческого помещения рассчитываются по формуле (3):

$$Q_n = 600 \cdot W \quad (3)$$

где W – количество влаги, выделяющейся со смоченных поверхностей, кг;

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

Тепловые потери животноводческого помещения с вентиляционным воздухом рассчитываются по формуле (4):

$$Q_s = 0,278 \cdot K_{инф} \cdot G_{np} \cdot (t_s - t_n) \quad (4)$$

где $K_{инф}$ – коэффициент инфильтрации;

G_{np} – требуемое количество приточного воздуха, м³/час;

t_s – температура внутреннего воздуха, °С;

t_n – температура наружного воздуха, °С.

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

$$Q_{ж}^{яв} = Q_{ж}^{св} \cdot k_t \cdot 1,03 \cdot n \quad (5)$$

где $Q_{ж}^{св}$ – 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 %;

n – поголовье животных.

Величину тепловых потерь на испарение влаги с открытой водной и смоченной поверхности с учетом технологии содержания животных и планировочных решений животноводческого помещения рекомендуется принимать равным 10 Вт с одного квадратного метра поверхности подстилки.

Количество теплоты, возвращаемой от теплоутилизационных установок в зависимости от типа теплоутилизатора и его

теплотехнических характеристик, определяется по формуле (6):

$$Q_{yt} = q_{yt} \cdot z_{yt} \quad (6)$$

где q_{yt} – удельный тепловозврат теплоутилизационной установки;

z_{yt} – количество теплоутилизаторов, шт.

Таким образом, из уравнения теплового баланса следует, что необходимое количество тепловой энергии, вырабатываемое биогазовой когенерационной установкой ($Q_{ког}$) для обеспечения требуемых параметров микроклимата в животноводческих помещениях, можно рассчитать согласно формуле (7):

$$Q_{ког} = Q_{огр} + Q_n + Q_s - Q_{ж}^{эб} - Q_{zn} - Q_{yt} \quad (7)$$

Нами произведена оценка потенциальных возможностей производства топлива для когенерационной установки в виде биогаза, полученного в процессе утилизации органических отходов животноводства, на основе данных микропереписи сельского хозяйства в Иркутской области (на 1 августа 2021 г.).

Согласно данным микропереписи, в Иркутской области зарегистрировано: 0,15 тыс. сельскохозяйственных организаций, 2,15 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств, 80 индивидуальных предприятий [6]. Теоретический энергетический потенциал отходов животноводства и птицеводства в сутки на 100 голов согласно данным [7] представлен в таблице 1.

С учетом теоретического энергетического потенциала отходов животноводства и птицеводства, а также с использованием данных микропереписи сельского

хозяйства в Иркутской области [7] и сведений по рециклингу отходов в АПК [8], определены обобщенные данные возможностей получения энергетического топлива при утилизации органических отходов животноводства и птицеводства в Иркутской области (табл. 2).

Представленные данные показывают, что в сельскохозяйственных предприятиях региона имеется достаточное количество энергетического топлива для эффективной работы биогазовых когенерационных установок, обеспечивающих требуемые параметры микроклимата животноводческих помещений и приводящих к повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

Выводы. 1. В сельскохозяйственных предприятиях Иркутской области для создания микроклимата животноводческих помещений применяются системы отопления, которые или ухудшают экологическую обстановку (дровяное отопление), или экономически невыгодны (электрическое), или зависят от централизованных систем теплоснабжения, либо обогрев помещений вовсе отсутствует.

2. В целях энергосбережения для создания требуемых параметров микроклимата животноводческих помещений предложено использовать биогаз, получаемый при анаэробной переработке животноводческих отходов в качестве автономного источника тепловой энергии.

3. Обеспечение требуемого микроклимата помещений на основе тепловой энергии, вырабатываемой биогазовой когенерационной установкой, является решением проблемы утилизации животноводческих отходов, позволяя сельскохозяйственным предприятиям региона обеспечить себя возобновляемым источником энергии и эффективно обеззараживать отходы в виде навоза животных, улучшая экологическую обстановку в регионе.

Таблица 1 – Теоретический энергетический потенциал отходов животноводства и птицеводства в сутки на 100 голов животных

Вид сельскохозяйственных животных	Энергетический потенциал отходов		
	ккал	кг усл. топлива	кВт·ч
Крупный рогатый скот	$6 \cdot 10^6$	857	6957
Свиньи	$8 \cdot 10^5$	114	927
Птица	35 000	5	40,7

Таблица 2 – Потенциальные возможности получения энергетического топлива от утилизации органических отходов Иркутской области

Отрасль животноводства	Поголовье сельскохозяйственных животных, тыс. голов			Среднее количество отходов, тыс. тонн	Потенциальное количество энергетического топлива от утилизации отходов, тыс. кг условного топлива
	СО	КФХ	ИП		
Скотоводство (крупный рогатый скот)	64	99,6	1,0	4,08	1 400
Свиноводство	100,5	11,9	0,1	0,75	12 800
Птицеводство	6 730,8	6,7	0,1	2,02	33 700
Примечание: СО – сельскохозяйственные организации; КФХ – крестьянские (фермерские) хозяйства; ИП – индивидуальные предприятия.					

Список источников

1. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации в 2020 г. // Министерство энергетики РФ. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/22832> (дата обращения: 12.08.2022).

2. Осмонов О. М. Основы инженерного расчета автономных гелиобиоэнергетических установок : научная монография. М. : Энергия, 2011. 175 с.

3. Горбунова О. И., Гапонько Е. А., Гаскин А. А. Оценка изменения площади лесных земель Иркутской области // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2020. № 2 (31). С. 125–127.

4. Мишуров Н. П., Кузьмина Т. Н. Энергосберегающее оборудование для обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях. Научный аналитический обзор. М. : Росинформагротех, 2004. 94 с.

5. Драганов Б. Х., Кузнецов А. В., Рудобашта С. П. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве. М. : Агропромиздат, 1990. 463 с.

6. Сельскохозяйственная микроперепись 2021 г. // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 12.08.2022).

7. Возобновляемые источники электроэнергии : монография / под общ. ред. О. В. Григораш. Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2012. 272 с.

8. Рециклинг отходов в АПК : справочник / И. Г. Голубев, И. А. Шванская, Л. Ю. Коноваленко, М. В. Лопатников. М. : Росинформагротех, 2011. 296 с.

References

1. Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii energosberezheniya i povysheniya energeticheskoi effektivnosti v Rossiiskoi Federatsii v 2020 g. [State report on the state of energy saving and energy efficiency in the Russian Federation in 2020]. *Minenergo.gov.ru* Retrieved from <https://minenergo.gov.ru/node/22832> (Accessed 12 August 2022) (in Russ.).

2. Osmonov O. M. *Osnovy inzhenernogo rascheta avtonomnykh geliobioenergeticheskikh ustanovok: nauchnaya monografiya* [Fundamentals of engineering calculation of autonomous heliobioenergy installations: scientific monograph], Moskva, Energiya, 2011, 175 p. (in Russ.).

3. Gorbunova O. I., Gaponko E. A., Gaskin A. A. Otsenka izmeneniya ploshchadi lesnykh zemel' Irkutskoi oblasti [Assessment of changes in the area of forest land in the Irkutsk region]. *Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie. – Research Azimuth: Economics and Management*, 2020; 2: 125–127 (in Russ.).

4. Mishurov N. P., Kuzmina T. N. *Energosberegayushchee oborudovanie dlya obespecheniya mikroklimata v zhivotnovodcheskikh pomeshcheniyakh. Nauchnyi analiticheskiy obzor [Energy-saving equipment for providing a microclimate in livestock buildings. Scientific review]*, Moskva, Rosinformagrotekh, 2004, 94 p. (in Russ.).

5. Draganov B. Kh., Kuznetsov A. V., Rudobashta S. P. *Teplotekhnika i primeneniye teploty v sel'skom khozyaistve [Heat engineering and application of heat in agriculture]*, Moskva, Agropromizdat, 1990, 463 p. (in Russ.).

6. Sel'skokhozyaistvennaya mikroperepis' 2021 [Agricultural microcensus 2021]. *Rosstat.gov.ru* Retrieved from <https://rosstat.gov.ru> (Accessed 12 August 2022) (in Russ.).

7. Grigorash O. V. (Eds.). *Vozobnovlyаемые источники электроэнергии: монография [Renewable energy sources: monograph]*, Krasnodar, Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2012, 272 p. (in Russ.).

8. Golubev I. G., Shvanskaya I. A., Konovalenko L. Yu., Lopatnikov M. V. *Rettsikling otkhodov v APK: spravochnik [Waste recycling in the agroindustrial complex: a guide]*, Moskva, Rocinformagrotekh, 2011, 296 p. (in Russ.).

© Фальчевская Ю. А., Осмонов О. М., 2022

Статья поступила в редакцию 01.11.2022; одобрена после рецензирования 30.11.2022; принята к публикации 07.12.2022.

The article was submitted 01.11.2022; approved after reviewing 30.11.2022; accepted for publication 07.12.2022.

Информация об авторах

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

Осмонов Орозмамат Мамасалиевич, доктор технических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, osm.rom2011@yandex.ru

Information about authors

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

Orozmamat M. Osmonov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, osm.rom2011@yandex.ru