Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 621.31

Выбор и обоснование энергосберегающей биогазовой технологии для сельскохозяйственного потребителя в условиях юга Тюменской области

Суринский Д.О.[1], Фараносов В.В.[1], Пинигин М.А.[2]

[1]Тюменский государственный университет

[2]Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Аннотация

В статье рассматривается актуальная проблема повышения энергетической автономии и энергоэффективности сельскохозяйственных предприятий в условиях сурового климата юга Тюменской области. На примере ООО «Согласие» выполнено технико-экономическое обоснование внедрения биогазовой технологии с когенерацией тепловой и электрической энергии. Проведены расчёты теплопотерь коровника, годовой потребности в энергоресурсах, потенциального выхода биогаза из навоза крупного рогатого скота, а также энергетической и экономической эффективности проекта. Показано, что использование биогазовой установки мощностью 20 т/сут и когенерационного модуля с электрической мощностью 150 кВт позволяет полностью покрыть потребности предприятия в энергии, снизить затраты на приобретение природного газа и электроэнергии, а также обеспечить производство высококачественных органических удобрений. Простой срок окупаемости проекта составляет 4,7 года, что подтверждает его высокую инвестиционную привлекательность. Предложенное решение демонстрирует синергетический эффект в трёх ключевых направлениях: энергетика, экономика и экология.

Ключевые слова: БИОГАЗ, КОГЕНЕРАЦИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, АПК, ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ, АНАЭРОБНОЕ СБРАЖИВАНИЕ, ДИГЕСТАТ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Введение

Современный этап развития агропромышленного комплекса (АПК) характеризуется усилением взаимосвязи между энергетической безопасностью, экономической эффективностью и экологической устойчивостью. В регионах с суровыми климатическими условиями, таких как юг Тюменской области, данная триада приобретает особую остроту. Резко континентальный климат с продолжительным отопительным периодом (до 230 дней в году) и низкими среднезимними температурами (–18 °C) обусловливает высокую энергоемкость сельскохозяйственного производства [1-3]. Значительные затраты на тепловую и электрическую энергию (до 30% в структуре себестоимости продукции) снижают конкурентоспособность предприятий АПК.

На этом фоне поиск и внедрение локальных и возобновляемых источников энергии становятся приоритетными задачами. Биогазовые технологии, основанные на анаэробной переработке органических отходов (в первую очередь навоза), представляют собой одно из наиболее перспективных направлений. Они позволяют одновременно решать три стратегические задачи: обеспечивать предприятия автономными источниками тепловой и электрической энергии, эффективно утилизировать отходы животноводства и производить высококачественные органические удобрения (дигестат) [4-6].

В России потенциал использования биогаза до сих пор реализуется крайне слабо, несмотря на наличие огромных объемов сельскохозяйственных отходов. Согласно оценкам, только в Тюменской области ежедневный выход органических отходов от КРС, свиней и птицы превышает 700 тыс. тонн [7, 8]. Данная работа направлена на устранение этого дисбаланса путём комплексного обоснования внедрения биогазового комплекса на конкретном сельскохозяйственном предприятии.

Цель исследования — выбор и научное обоснование энергосберегающей биогазовой технологии для повышения энергетической эффективности и автономности сельскохозяйственного потребителя на примере ООО «Согласие».

Природно-климатические и энергетические особенности региона

Юг Тюменской области расположен в зоне резко континентального климата. Среднегодовая температура составляет +1,5 °C, а средняя температура января — –18 °C.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Отопительный период длится в среднем 214–230 дней в году [9]. В таких условиях поддержание нормативного микроклимата в животноводческих помещениях является критически важной задачей, требующей значительных энергозатрат.

Энергетическая инфраструктура региона характеризуется высокой степенью газификации (более 70%), однако для удалённых хозяйств зависимость от централизованных сетей создаёт риски из-за роста тарифов. В структуре потребления энергоресурсов в сельском хозяйстве региона доминируют электрическая энергия (45%) и природный газ (35%) [10].

Это формирует предпосылки для децентрализованного энергоснабжения на основе возобновляемых источников, в частности биогаза. Внедрение таких технологий соответствует современным концепциям устойчивого развития и экономики замкнутого цикла, где отходы одного производства становятся ресурсом для другого.

Расчёт энергетических потребностей и ресурсного потенциала

Расчёт теплопотерь и энергопотребления коровника

Для коровника ООО «Согласие» на 400 голов дойного стада с площадью 3600 м² и объёмом 12 600 м³ были выполнены расчёты теплопотерь. При расчётной разнице температур +10 °C (внутри) и –15 °C (снаружи) общие теплопотери составили 395,75 кВт. Из них:

- на вентиляцию — 315 кВт;
- через ограждающие конструкции — 80,75 кВт.

Годовое потребление тепловой энергии на отопление в течение 214 отопительных суток оценивается в 2030 МВт·ч, что эквивалентно расходу 242 729 м³ природного газа в год при КПД котельной 90%.

Оценка ресурсного потенциала навоза

Суточный выход навоза от 400 голов КРС составляет 20 тонн, или 7300 т/год. Содержание сухого вещества (СВ) — 12%, органического вещества (ОВ) — 80% от СВ. При степени разложения ОВ в мезофильном режиме 60% суточный выход разложившегося ОВ составляет 1152 кг.

Удельный выход биогаза из навоза КРС принимался равным 0,8 м³/кг ОВ. Таким образом, годовой выход биогаза оценивается в 336 384 м³, при содержании метана 60% и

низшей теплоте сгорания 5,97 кВт·ч/м³. Общий годовой энергетический потенциал биогаза составляет 2 008 212 кВт·ч.

Выбор и обоснование технологического комплекса

Расчёт параметров биогазовой установки

Для обеспечения стабильного процесса анаэробного сбраживания при мезофильной температуре (35–40 °C) и времени гидравлического удержания (HRT) 25 суток, требуемый рабочий объём метантенка составляет 500 м³. Рекомендуется применение двух реакторов по 250 м³ для повышения надёжности и удобства обслуживания.

Энергетические затраты на собственные нужды БГУ (подогрев, перемешивание) приняты равными 13% от общего выхода энергии, что соответствует 261 067 кВт·ч/год. Полезная энергетическая продукция составляет 1 747 145 кВт·ч/год.

Выбор когенерационной установки

Для утилизации энергии биогаза был проведён сравнительный анализ российских и импортных когенерационных установок. С учётом специфики 2025 года (санкционные ограничения, логистические сложности, проблемы с сервисом зарубежного оборудования) оптимальным решением признана газопоршневая когенерационная установка ЭГП-150БГ от ООО «ЭнергоИнжиниринг».

Технические характеристики:

Электрическая мощность: 150 кВт;

Тепловая мощность: 170 кВт;

Общий КПД: 83%;

Расход биогаза: 55–60 м³/ч;

Диапазон рабочих температур: до –40 °C.

Установка полностью покрывает потребности фермы в электроэнергии (600 000 кВт·ч/год) и частично — в тепловой энергии.

Обоснование выбора отечественного производителя БГУ

Сравнительный анализ шести моделей БГУ (две российские, четыре европейские) показал, что БГУ от ООО «СельхозБиоГаз» является наиболее подходящим вариантом:

- Полная климатическая адаптация до –35 °C;
- Комплектация «под ключ» с полным сервисным сопровождением;

- Цена — 27 млн руб. (в рамках бюджета);
- Срок окупаемости — 4,5 года.

Импортные аналоги, несмотря на высокие технические характеристики, сопряжены с рисками поставок, обслуживания и программного обеспечения.

Технико-экономическое обоснование проекта

Капитальные затраты

Общие капитальные затраты на проект составили 34 505 000 руб., включая:

- БГУ: 23 000 000 руб.;
- КГУ: 10 500 000 руб.;
- Прочие (ПИР, СМР, ПНР): 1 005 000 руб.

Годовые выгоды

Общая годовая выгода от проекта оценивается в 8 434 170 руб., включая:

- Экономия на газе: 1 820 468 руб.;
- Экономия на электроэнергии: 3 600 000 руб.;
- Доход от продажи излишков электроэнергии: 223 703 руб.;
- Выгода от дигестата (7300 т/год по 300 руб./т): 2 190 000 руб.;
- Экономия на утилизации навоза и прирост урожайности: 600 000 руб.

Эксплуатационные затраты и срок окупаемости

Годовые эксплуатационные затраты составляют 1 137 500 руб. (обслуживание, зарплата, материалы).

Годовой чистый денежный поток: 7 296 670 руб.

Простой срок окупаемости:

$$T=\frac{34505000}{7296670}=4{,}73 \text{ года.}$$

Данный показатель является высоким для сельскохозяйственного сектора и подтверждает инвестиционную привлекательность проекта.

Заключение

Проведённое исследование подтвердило техническую осуществимость и экономическую целесообразность внедрения биогазового комплекса на базе ООО

«Согласие». Использование отечественных технологий, адаптированных к климатическим и рыночным условиям России в 2025 году, позволяет достичь следующих результатов:

1. Энергетическая независимость: Полное покрытие потребностей в электроэнергии и частичное — в тепловой.

2. Экономическая выгода: Снижение годовых затрат на энергоресурсы более чем на 5,4 млн руб., общий срок окупаемости менее 5 лет.

3. Экологическая безопасность: Утилизация 7300 т/год навоза, предотвращение выбросов метана и загрязнения почв.

4. Агротехнический эффект: Производство 7300 т/год дигестата — ценного органического удобрения, способствующего повышению плодородия почв.

Предложенное решение обладает свойством масштабируемости и может быть рекомендовано для внедрения на других животноводческих комплексах юга Тюменской области и в регионах со схожими природно-климатическими и энергетическими условиями.

Список использованных источников:

1. Васильев А.Н., Лисина П.А. Биогазовые технологии в АПК: состояние и перспективы // Энергосбережение в сельском хозяйстве. — 2021. — № 2. — С. 12–18.

2. Брюханов А.Ю., Друзьянова В.П. Биогаз: от теории к практике. — СПб.: Профессия, 2021. — 210 с.

3. Кузнецова С.А. Когенерационные установки на биогазе в сельском хозяйстве // Энергетика АПК. — 2022. — № 3. — С. 22–28.

4. Клименко М.В. Влияние очистки биогаза на ресурс газопоршневых двигателей // Техника и оборудование для АПК. — 2023. — № 7. — С. 55–59.

5. Никольский О.К. Модель функционирования системы техногенной безопасности электроустановок // Вестник АПК Ставрополья. 2021. № 1(41). С. 19-23. Doi: 10/31279/2222-9345-2021-10-41-19-23.

6. Shirobokova T., Surinsky D., Egorov S. Modeling of led luminaires with optimal temperature operation of leds // Intelligent Information Technology and Mathematical Modeling. 2021. Vol.174. No. 529. doi: 10.1088/1742-6596/2131/5/052093.

7. Куликова Л.В. Энергетический анализ производства продукции растениеводства/ Л.В. Куликова, Д.О. Суринский // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (96). С. 176-179.

8. Суринский Д.О. Методика расчета энергосберегающих мероприятий при защите объектов АПК от вредителей / Д.О. Суринский, К.А. Карнаухов // АгроЭкоИнфо. 2022. № 3 (51).

9. Иванова Л.К. Дигестат как органическое удобрение: агрохимические свойства и эффективность // Агрохимия. — 2022. — № 5. — С. 30–36.

10. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности». — 2009 (с изм. 2023).

==========

Цитирование: Суринский Д.О., Фараносов В.В., Пинигин М.А. Выбор и обоснование энергосберегающей биогазовой технологии для сельскохозяйственного потребителя в условиях юга Тюменской области [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2025. – № 6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2025/6/st_607.pdf DOI: https://doi.org/10.51419/202156607.