

УДК 62-932.2: 661.961.63

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Садчиков А.В.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: post@mail.osu.ru

В статье рассмотрены: актуальность применения биогазовых установок в России и за рубежом. Процессы переработки и утилизации органических отходов путем их разложения в анаэробных условиях. Финансовая поддержка применения и развития биогазовых технологий за рубежом в рамках государственных целевых программ в области энергосбережения и энергетической эффективности. Особенности коммерческого использования биогазовых установок в современных условиях. Направления деятельности предприятий, эксплуатирующих биогазовые установки. Оказание услуг в области рециклинга отходов. Основные виды энергоресурсов, получаемых на биогазовых станциях. Энергетическое и товарно-топливное использование биогазовых установок. Биогазовые установки как источники энергоснабжения. Способы генерации электрической энергии. Повышение эффективности использования энергии биогаза. Конверсия биометана в водород. Пиролитические методы конверсии. Использование водородных топливных элементов для выработки электроэнергии.

Ключевые слова: биогазовые установки, конверсия биометана, водородный топливный элемент, энергоресурсы

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF BIOGAS PLANTS

Sadchikov A.V.

Orenburg State University, Orenburg, e-mail: post@mail.osu.ru

In this article: topical application of biogas plants in Russia and abroad. The processes of processing and recycling of organic waste by their decomposition in anaerobic conditions. Financial support for the use and development of biogas technology abroad in the framework of state programs in the field of energy conservation and energy efficiency. Features commercial use of biogas plants in the modern world. Areas of activities of companies operating biogas plants. Assistance in the field of waste recycling services. The main types of energy produced in biogas stations. Energy and commodity-fuel use biogas plants. Biogas plants as sources of energy. Methods for the generation of electrical energy. More efficient use of biogas energy. Biomethane conversion to hydrogen. Pyrolysis conversion methods. The use of hydrogen fuel cells to generate electricity.

Keywords: biogas plants, conversion of biomethane, hydrogen fuel cell, energy resource

Актуальность применения биогазовых установок в России и за рубежом

Процессы переработки и утилизации органических отходов путем их разложения в анаэробных условиях с получением горючего газа и его энергетическим применением освоены человечеством с времен глубокой древности, при этом природа биологического процесса разложения органических веществ с образованием метана за прошедшие тысячелетия не изменилась. В современных условиях развития науки и техники созданы оборудование и системы, позволяющие сделать эти «древние» технологии рентабельными и применяемыми не только в странах с теплым климатом, но и в странах с суровыми континентальными климатическими условиями, таких как Россия.

Биогаз плохо растворим в воде, состоит из метана (55–85%) и углекислого газа (15–45%), могут быть следы сероводорода. Его теплота сгорания составляет от 21 до 27,2 МДж/м³. При переработке 1 т свежих отходов крупного рогатого скота и свиней

(при влажности 85%) можно получить от 45 до 60 м³ биогаза, 1 т куриного помета (при влажности 75%) – до 100 м³ биогаза. По теплоте сгорания 1 м³ биогаза эквивалентен: 0,8 м³ природного газа, 0,7 кг мазута, 0,6 кг бензина, 1,5 кг дров (в абсолютно сухом состоянии), 3 кг навозных брикетов. Биогаз, как и природный газ, по экологическим показателям относится к наиболее чистым видам топлива.

Получение биогаза из органических отходов имеет следующие особенности:

- осуществляется санитарная обработка сточных вод (особенно животноводческих и коммунально-бытовых), содержание органических веществ снижается до 10 раз;

- анаэробная переработка отходов животноводства, растениеводства и активного ила приводит к минерализации основных компонентов удобрений (азота и фосфора) и их сохранению (в отличие от традиционных способов приготовления органических удобрений методами компостирования, при которых теряется до 30–40% азота);

– при метановом брожении высокий (80–90 %) КПД превращения энергии органических веществ в биогаз;

– биогаз с высокой эффективностью может быть использован для получения тепловой и электрической энергии, а также в двигателях внутреннего сгорания в качестве моторного топлива;

– биогазовые установки могут быть размещены в любом регионе страны и не требуют строительства дорогостоящих газопроводов.

Биогазовые технологии позволяют наиболее рационально и эффективно конвертировать энергию химических связей органических отходов в энергию газобразного топлива и высокоэффективных органических удобрений, применение которых, в свою очередь, позволит существенно снизить производство минеральных удобрений, на получение которых расходуется до 30 % электроэнергии, потребляемой сельским хозяйством. Наряду с биогазом биогазовые установки производят высокоэффективное дорогостоящее жидкое органическое удобрение [1].

Актуальность применения биогазовых установок в России, перспективы для развития биогазовых технологий обусловлены, прежде всего, объемами образования исходного сырья: ежегодно 780 млн т органических отходов только в аграрном секторе могли бы дать до 68 млрд м³ биогаза и, соответственно, около 110 млрд кВт·ч электроэнергии.

В настоящее время развитие биогазовой промышленности происходит в двух направлениях: создаются крупные биогазовые станции – такие, как в п. Лучки Белгородской области, и небольшие фермерские биогазовые установки, с объемом ферментации не более 10–15 кубометров. С учётом того, что большая часть российских почв малоурожайны и требуют внесения удобрений, строительство биогазовых установок необходимо стимулировать на государственном уровне.

В большинстве стран мира биогазовые технологии стали стандартом очистки и утилизации муниципальных и промышленных сточных вод и переработки сельскохозяйственных и твердых бытовых отходов с целью получения биогаза для производства тепловой и электрической энергии и высокоэффективного органического удобрения. За рубежом финансовая поддержка применения и развития биогазовых технологий

производится в рамках государственных целевых программ в области энергосбережения и энергоэффективности. Примером служат Швеция, Австрия, Финляндия, в которых около 20 % произведенной энергии – из биогаза, им отапливают дома и освещают улицы. Около двухсот биогазовых установок работают в Австрии, в Германии – почти 10 тыс., к 2020 г. их количество планируют увеличить вдвое. В Англии использование биогаза покрывает все энергозатраты в сельском хозяйстве. Швеция считается лидером по продаже машин, заправляемых биогазом. В сравнительно небольшом городке Гётеборге работают 19 заправок станций, создан первый работающий на биогазе поезд и построен крупнейший в Европе биогазовый завод.

В 2010 г. страны ЕС увеличили вклад биомассы в общее потребление энергии в мире до 12 %, а прогноз роста биомассы как источника возобновляемой энергии в мире предполагает достижение 23,8 % к 2040 г.

Особенности коммерческого использования биогазовых установок в современных условиях

В настоящее время многие российские предприятия активно разрабатывают и осваивают производство биогазовых установок различной мощности и назначения. Анализ внедрения биогазовых технологий на уровне государственных программ и индивидуальных хозяйств показывает, что это внедрение имеет следующие цели:

– дешевое производство энергии (индивидуальный и государственный уровень);

– увеличение урожайности сельскохозяйственных культур с помощью применения биоудобрений (индивидуальный и государственный уровень);

– улучшение качества сельскохозяйственной продукции – производство экологически чистых продуктов;

– улучшение социальных условий жизни сельского населения (индивидуальный и государственный уровень);

– сохранение лесопосадок, снижение эрозии почв (в основном государственный уровень);

– повышение уровня жизни сельского населения (в основном государственный уровень);

– снижение безработицы в сельских районах (государственный уровень);

– снижение миграции из сельской местности (государственный уровень).

Следует отметить, что наиболее распространенным заблуждением является представление о биогазовых станциях только лишь как об источниках возобновляемых энергоресурсов. Действительно, в процессе переработки образуется биогаз, позволяющий исключить расходы энергоресурсов на собственные нужды установки (тепло, электроэнергия, заправка автомобиля биометаном) и получить определенную прибыль, и все-таки главным назначением биогазовой станции является экологически безопасная утилизация и переработка отходов, поэтому основным направлением деятельности предприятий, эксплуатирующих биогазовые установки, является оказание услуг в области рециклинга отходов [2].

Основным видом деятельности ООО «Комплексные системы утилизации» (г. Оренбург) является утилизация и переработка отходов на биогазовой станции УГБ-25. Процесс переработки осуществляется в условиях анаэробного дигерирования сырья в биотермическом реакторе [3]. Сырьем для энергонезависимого процесса служат различные группы отходов органического (растительного или животного) происхождения: навоз КРС, конский навоз, свиной навоз, птичий помет, растительные отходы, пивная дробина, биологические отходы и прочее. Продуктами переработки являются: эффлюент – жидкие и твердые продукты переработки биоотходов в метантенке; высокоэффективное биоорганическое удобрение «Самородово»; двухкомпонентный микробиологический препарат «Микс+»; биогаз; биометан – очищенный биогаз с объемной долей метана 93–98 %.

В настоящее время ООО «КомплеСУ» оказывает услуги по утилизации и переработке отходов многим предприятиям Оренбургской области, в их числе контрагенты – поставщики отходов – ООО «МЕТРО Кэш энд Керри», некачественные продукты питания (далее – НПП), ООО «Оренбив», отходы после переработки технических фабрикатов убойного производства, навоз, каньга КРС, отходы убойного производства; ЗАО ТД «Перекрёсток», НПП; ООО «Форпост», НПП; Управление Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Оренбургской области (Управление Россельхознадзора по Оренбургской об-

ласти), санкционные продукты; ООО Агрофирма «Промышленная», навоз КРС; ЗАО «Уральский бройлер», птичий помет. Опыт работы ООО «КомплеСУ» с 2011 г. показывает, что в современных условиях успех коммерческого использования биогазовых установок основывается на оказании услуг по утилизации отходов в сочетании с расширением областей использования всех продуктов переработки.

Основные виды энергоресурсов, получаемых на биогазовых станциях. Энергетическое и товарно-топливное использование биогазовых установок

К основным видам энергоресурсов, получаемых в процессе анаэробного дигерирования на биогазовых станциях, относят биогаз и получаемые на его основе биометан, электрическую и тепловую энергию.

В настоящее время существует несколько основных направлений использования энергоресурсов БГУ, среди которых можно выделить два наиболее значимых:

- энергетическое (использование БГУ в основном для выработки электрической и тепловой энергии в когенерационном цикле);
- товарно-топливное (использование БГУ в основном для производства компримированного биометана для заправки транспортных средств) [4].

При упрощенном анализе сравнительной экономической оценки энергетического и товарно-топливного направлений использования БГУ, без учета экономического эффекта от использования биоудобрений, а также без учета амортизационных отчислений и эксплуатационных затрат, суточная прибыль от продажи заправочного биометана превышает суточную прибыль от продажи электроэнергии по существующим тарифам (или замещения ею покупаемой электроэнергии из энергосистемы). При этом учитываются затраты на технологические операции, связанные с очисткой биогаза и последующим компримированием.

Другими словами, для существующих тарифов на электроэнергию без прогнозируемого увеличения стоимости до уровня действующих в ЕС «зеленых» тарифов, вместо того, чтобы сжигать 35 м³ биогаза в сутки и получать из них 40 кВт·ч электричества, экономически более выгодно производить из этих 35 м³ биогаза 23 м³ биометана в сутки, при этом выручка от продажи биометана будет определяться рыночной стоимостью заправочного газа.

Данная оценка справедлива для биогазовых установок малой и средней мощности, при использовании для выработки электрической энергии газопоршневых установок. Для более точной оценки необходимо рассмотреть все возможные способы получения энергии из биогаза, в том числе когенерацию и применение топливных элементов.

Биогазовые установки как источники энергоснабжения. Способы генерации электрической энергии

В настоящее время преобразование энергии газовых смесей (таких, как природный газ, свалочный газ, биогаз метантенков) осуществляется в основном с помощью газотурбинных двигателей и газопоршневых установок. При использовании газовых смесей с низким содержанием метана (свалочный газ, биогаз) предпочтительнее использовать газопоршневые генераторы, а в некоторых случаях это единственный возможный вариант, поскольку газотурбинные установки более чувствительны к компонентному составу топлива [5]. Сжигание биогаза в газопоршневых установках возможно при минимальных затратах на системы очистки (при обязательном отделении влаги, серы и пр.), при этом происходит некоторое снижение КПД установки за счет относительно невысокой теплотворной способности биогаза по сравнению с природным газом.

Таким образом, для использования биогазовых установок в качестве источников энергоснабжения необходим поиск новых технических решений, направленных на повышение эффективности использования энергии биогаза. Среди известных сегодня энергетически эффективных способов генерации электрической энергии из газовых смесей следует отметить когенерацию и тригенерацию. В этом случае энергия сжигания топлива используется более эффективно, коэффициент полезного использования энергии топлива при этом повышается до 70–80 %.

В качестве недостатков указанных способов следует отметить наличие продуктов сгорания при работе газопоршневых (или газотурбинных) установок, загрязняющих атмосферу, а также необходимость использования дорогостоящего теплообменного оборудования системы утилизации тепла, абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин. Кроме

того, работа генерирующего оборудования сопровождается вибрацией и шумом, особенно ощутимыми при высокой мощности установки.

Конверсия биометана в водород. Использование водородных топливных элементов для выработки электроэнергии

При наличии совершенных систем очистки биогаза и получения биометана высокой степени чистоты (до 98 % метана) возможно получение энергии принципиально другим, более выгодным способом по экономическим, эксплуатационным, эргономическим и экологическим показателям. В этом случае биометан используется в качестве сырья для производства водорода, который, в свою очередь, является топливом для энергоустановок с применением топливных элементов. В водородных топливных элементах происходит преобразование химической энергии топлива (водорода) непосредственно в электрическую и тепловую, минуя малоэффективные, идущие с большими потерями, необратимые процессы горения.

В отличие от других генераторов электроэнергии, таких как двигатели внутреннего сгорания или турбины, работающие на углеводородных видах органического топлива, топливные элементы работают без сжигания топлива, они не имеют вращающихся частей, их работа лишена громкого шума и вибраций. Кроме того, топливные элементы не производят парниковых газов, таких как углекислый газ, метан, оксиды азота и серы. Единственным продуктом выброса при работе топливных элементов является вода в виде пара, если в качестве топлива используется чистый водород.

В настоящее время для конверсии метана в водород используются различные методы, такие как паровая конверсия, углекислотная конверсия, паро-кислородная конверсия, парциальное окисление. С точки зрения снижения энергозатрат и чистоты получаемого водорода большой научный интерес представляют пиролитические методы конверсии. Такие методы выгодно применять для газовых смесей с высоким содержанием метана, к которым можно отнести биометан. При этом они не требуют наличия химических реакторов больших размеров и дополнительных макрокомпонентов реакции конверсии, таких как водяной пар, кислород или углекислый газ.

Полученный в результате пиролизической конверсии биометана водород может быть использован для когенерации энергии в топливном элементе. Коэффициент преобразования химической энергии топлива при этом достигает значений 80–90 %. В сравнении с традиционной выработкой на газопоршневой установке, себестоимость получаемой электроэнергии в водородном топливном элементе значительно ниже (до 30%), при этом не происходит загрязнения атмосферы продуктами окисления. Рассмотренный способ позволит значительно улучшить энергоэкономические и экологические показатели БГС малой и средней мощности как источника энергоснабжения.

Список литературы

1. ГОСТ Р 53790-2010 «Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Общие технические требования к биогазовым установкам». – М.: Стандартинформ, 2011. – 15 с.

2. Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф. Биогазовые станции как экологически безопасное средство для повышения биопродукционной способности естественных и культурных ландшафтов // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 4. – С. 173–177.

3. Стандарт организации СТО 69393208-003-2013 «Энергонезависимый процесс по переработке отходов агропредприятий».

4. Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф., Идигенов А.Б. Биогаз – как газомоторное топливо // Международная биоэнергетика. – 2013. – № 9.

5. Соколов В.Ю. Когенерационная выработка энергии газопоршневыми электростанциями // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы: Труды VII Всероссийской научно-технической конференции. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2014. – С. 47–49.

References

1. GOST R 53790-2010 «Netradicionnye tehnologii. Jenergetika bioothodov. Obshhie tehnicheckie trebovanija k biogazovym ustanovkam». M.: Standartinform, 2011. 15 p.

2. Sadchikov A.V., Kokarev N.F. Biogazovye stancii kak jekologicheski bezopasnoe sredstvo dlja povyshenija bioprodukcionnoj sposobnosti estestvennyh i kulturnyh landshaftov // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya 2016. no. 4 pp. 173–177.

3. Standart organizacii STO 69393208-003-2013 «Jenergonezavisimyj process po pererabotke othodov agroprijatij».

4. Sadchikov A.V., Kokarev N.F., Idigenov A.B. Biogaz kak gazomotornoe toplivo // Mezhdunarodnaja biojenergetika. 2013. no. 9.

5. Sokolov V.Ju. Kogeneracionnaja vyrabotka jenerгии gazoporshnevymi jelektrostancijami // Jenergetika: sostojanie, problemy, perspektivy: Trudy VII Vserossijskoj nauchno-tehnicheckoj konferencii. Orenburg: OOO IPK «Universitet», 2014. pp. 47–49.