

А.Б. Бирюков /д.т.н./, П.А. Гнигнѣв /к.т.н./, И.П. Дробышевская
 ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (Донецк)

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ЗАМЕНЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Рассмотрены различные способы получения биогаза из органических сельскохозяйственных материалов. Приведены наиболее часто используемые схемы реакторов для получения биогаза постоянного и периодического действия. Показаны распространенные способы очистки биогаза от H_2S и CO_2 . Выделены наиболее эффективные способы очистки. Перечислены основные потребители и особенности использования биогаза в каждом конкретном случае. Приведен ориентировочный расчет требуемого количества газа и органического материала для отопления частного дома небольшой площади. Показаны варианты, при которых такой тип отопления целесообразен.

Ключевые слова: биогаз, очистка газа, альтернативная энергетика, замена топлив.

Постановка проблемы

С развитием технологий и ростом количества предприятий потребление энергетических ресурсов в промышленности возрастает с каждым годом. Вместе с этим возрастает также количество вредных выбросов. Для решения проблемы потребления природных ресурсов, а также улучшения экологической безопасности на планете возможны несколько вариантов:

- существенная модернизация устаревшего оборудования с целью снижения потребления топливных ресурсов;
- использование альтернативных и возобновляемых энергетических ресурсов;
- производство искусственных топлив из отходов экологически чистых предприятий.

Первый вариант важен для стран постсоветского пространства, где модернизация оборудования производится достаточно редко. В то же время данное мероприятие влечет за собой существенные капитальные затраты, что в масштабах даже достаточно прибыльных предприятий может занимать несколько лет и повысит себестоимость производимой продукции, тем самым снижая ее конкурентоспособность.

Второй вариант является привлекательным, однако существующие способы генерации энергии из возобновляемых источников производят недостаточное количество энергетических ресурсов для промышленности. Также встает вопрос себестоимости такой энергии. В настоящее время стоимость «зеленой» энергетики все еще находится на высоком уровне по сравнению со стоимостью энергии, получаемой от сжигания традиционных топлив.

В свою очередь, третий вариант обладает

лучшими показателями себестоимости производимых энергетических топлив.

Поэтому необходимо проанализировать различные способы производства биогаза с целью дальнейшего использования его в энергетике.

Анализ последних исследований и публикаций

В настоящее время представляют интерес системы производства газового топлива из органических отходов сельскохозяйственных ферм [1]. Такой газ получил название биогаза. Процесс получения газа из различных биологических продуктов проходит несколько стадий: жиры и углеводы в результате жизнедеятельности бактерий переходят в гидролизные бактерии в период гидролизной фазы, при этом образуются аминокислоты, глюкоза и жирные кислоты. Следующая фаза – кислотообразующая, в которой образуются ферментные бактерии, такие как органические кислоты, спирты, альдегиды, водород, диоксид углерода, аммиак и сероводород. Третья фаза называется ацетогенной, в которой органические кислоты под действием ацетогенных бактерий преобразуются в уксусную кислоту, и последняя фаза – метаногенез. На последнем этапе уксусная кислота разлагается на метан, воду и углекислый газ, в свою очередь, водород и углекислый газ преобразуются в метан и воду [2,3]. Отсюда можно видеть, что получаемый биогаз состоит по большей части из природного газа и может быть использован в качестве его более дешевой альтернативы.

Известны и другие способы получения искусственных газов, такие как получение генераторных газов из угля. Однако в этом случае пе-

перерабатывается твердое энергетическое топливо, что не является экономически выгодным в сравнении с переработкой органического сырья, которое не используется в энергетике иным способом.

Цель (задачи) исследования

Цель работы заключается в анализе технологии производства биогаза и целесообразности его использования различными потребителями.

Основной материал исследования

Для получения биогаза существуют различные способы и установки. В основу их работы заложено выполнение следующих основных операций [4]:

- загрузка субстрата (заранее подготовленное сырье);
- поддержание требуемой температуры внутри установки;
- отвод газов;
- выгрузка отработанного вещества.

Для производства биогаза используется специально подготовленное сырье, зачастую представляющее собой отходы сельскохозяйственного производства, смешанные с водой (обычно 60 – 70% жидкости). Полученный субстрат размещают в яме либо специальном реакторе. Важным является поддержание требуемой температуры субстрата с целью обеспечения оптимальных условий для жизни бактерий. Рекомендуемые диапазоны температур составляют 35-40 °С. Процесс производства биогаза из смеси может занимать до двух недель. Это значит, что смесь в течение всего времени находится в реакторе и продвигается от начала технологической операции к этапу выгрузки сырья. Такой способ получения биогаза называется проточным. Для него характерны последовательная подача сырья, непрерывный и стабильный процесс выработки газа. Схема установки представлена на рис. 1.

Еще одним вариантом работы установки для получения биогаза может быть периодическая подача сырья в реактор, при которой необходимо загружать и выгружать отработавшее сырье за один раз целиком. Рабочая порция субстрата все время находится в реакторе, и дополнительно ничего не подгружается и не выгружается. В таком случае выход газа будет непостоянным, максимальный выход будет наблюдаться в середине процесса. К преимуществам периодической загрузки сырья можно отнести возможность загрузки твердых субстратов с достаточно высоким содержанием сухого вещества наряду с возможностью загрузки жидких

субстратов. Схематичное изображение приведено на рис. 2.

На рисунке приведены две схемы, слева расположена установка в начальный момент времени, когда купол газгольдера находится в нижней «мертвой» точке, на правом рисунке купол газгольдера поднят на максимальную высоту, выступая в роли газгольдера для биогаза.

Как было сказано выше, для всех случаев важным является поддержание требуемой температуры. Для этого стенки реактора необходимо изолировать от внешней среды путем размещения его в специальных емкостях. Наиболее распространенным вариантом поддержания заданной температуры по всему реактору является размещение его в воде, которая подогревается электрическим нагревателем [5]. Такой способ позволит распределить теплоту по всей поверхности реактора, не концентрируя ее в одном месте, в случае использования только электрического нагревателя. Вместе с тем обе установки оборудованы специальным устройством для перемешивания субстрата – миксером.

Также известны другие способы получения биогаза. Так, например, известен метод полного смешивания субстрата внутри генератора [6]. Такой тип газогенераторов встречается зачастую в сельской местности. При такой подаче сырья поступающий субстрат полностью смешивается с уже реагирующим материалом, тем самым исключается необходимость в затравливании, и реактор может работать непосредственно после внесения субстрата.

Также известны другие способы получения биогаза. Так, например, известен метод пол-

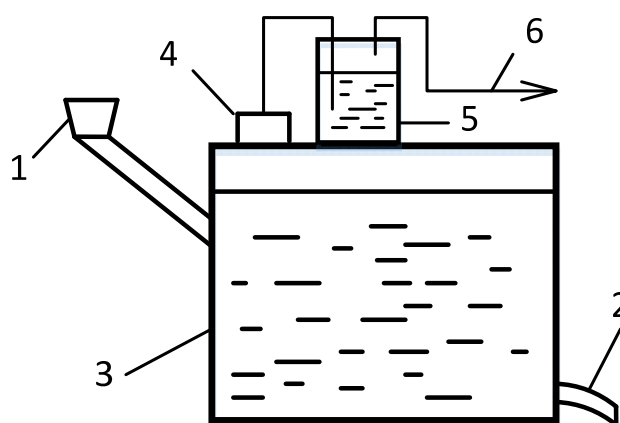


Рис. 1. Схема установки непрерывного получения биогаза:

- 1 – устройство подачи сырья;
- 2 – выгрузка отработавшего материала;
- 3 – реактор для получения биогаза;
- 4 – клапан выпуска газа из реактора;
- 5 – гидрозатвор; 6 – подача газа потребителю

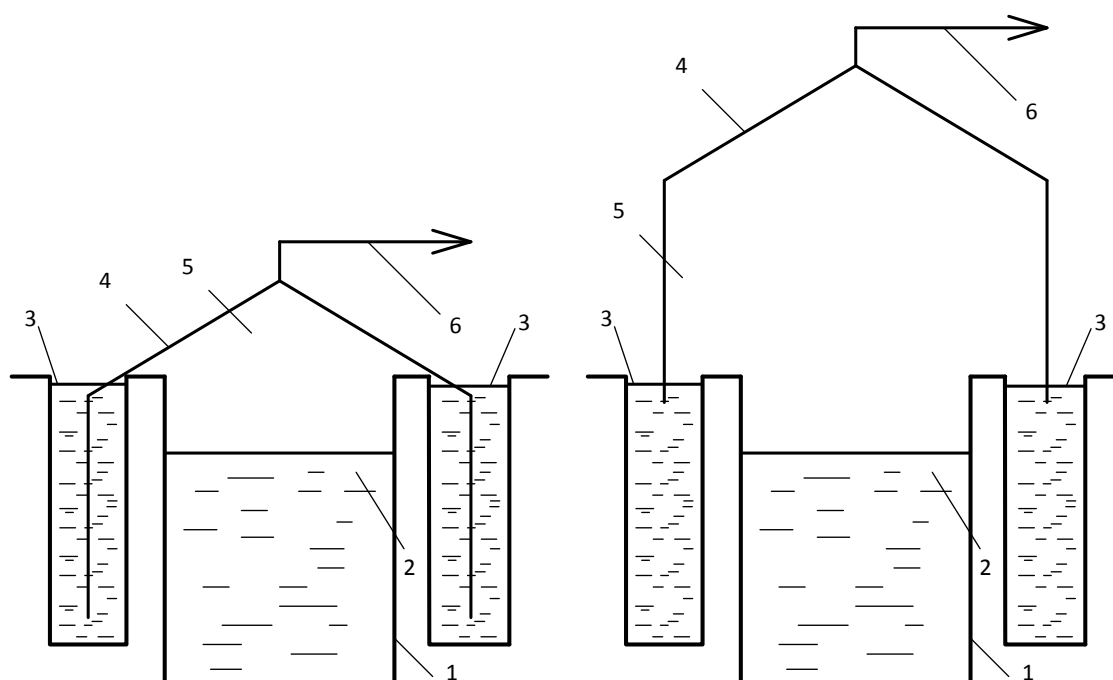


Рис. 2. Схема установки для получения биогаза с периодической загрузкой сырья:
 1 – реактор биогаза; 2 – субстрат; 3 – вода (гидрозатвор); 4 – купол; 5 – биогаз;
 6 – выдача газа потребителю

Табл. 1. Удельный выход биогаза с одной тонны различного органического материала

Субстрат	Выход биогаза, м ³ /т
Навоз крупного рогатого скота (КРС)	60
Навоз свиней	65
Птичий помет	70-130
Силос кукурузный	200-300
Свежая трава	250-350
Молочная сыворотка	50
Зерно	500-600
Фруктовый жом	70
Свекольный жом	50-60
Меласса	430
Свекольная ботва	200
Барда зерновая	50-70
Барда мелассная	50
Пивная дробина	150-180
Жир	1300
Жир из жироловок	250
Отходы бойни	300
Корнеплодные овощи	100
Технический глицерин	500
Рыбные отходы	300

Табл. 2. Состав биогаза

Элемент	Процентное содержание, %
CH ₄	50-75
CO ₂	20-50
N ₂	0-5

ного смешивания субстрата внутри генератора [6].

Такой тип газогенераторов встречается зачастую в сельской местности. При такой подаче сырья поступающий субстрат полностью смешивается с уже реагирующим материалом, тем самым исключается необходимость в затравливании, и реактор может работать непосредственно после внесения субстрата.

К преимуществам биогаза можно отнести возможность получения продукта практически из любого сырья. В табл. 1 приведены данные об удельном выходе биогаза с одной тонны различного органического материала.

Важно отметить состав получаемого газа. По большей части полученное топливо состоит из метана, что позволяет использовать его в различных теплотехнологических агрегатах. В табл. 2 приведен приблизительный состав биогаза.

При правильной работе реактора состав получаемого биогаза должен быть постоянным, в случае изменения состава газа необходимо обратить внимание на работу установки.

Как видно из состава топлива, такой газ можно использовать в качестве замены природному газу. Получаемый биогаз также содержит сероводород (H₂S). Несмотря на то, что доля H₂S находится на низком уровне, менее 1%, удаление данного компонента из газа необходимо, так как сероводород является агрессивным веществом, вызывающим коррозию. Поэтому перед исполь-

зованием биогаза необходимо очистить от сероводорода и, при необходимости, от двуокиси углерода. Это позволит повысить теплоту сгорания полученного газа.

Очистка биогаза включает несколько операций:

- удаление воды (разувлажнение);
- удаление серы (десульфурация);
- удаление двуокиси углерода и аммиака.

Для очистки полученного газа от двуокиси углерода могут применяться различные способы. Наиболее распространенные из них: очистка газа напором воды, мембранными процессами, адсорбцией с колебаниями давления, процессом Selexol и другими. При использовании растворов на основе воды и специальных химических соединений возможна одновременная очистка газа от H_2S и CO_2 . Например, моноэтаноламин, являясь слабым основанием, обратимо взаимодействует с H_2S и CO_2 [7].

В случае использования мокрых способов очистки биогаза от двуокиси углерода полученный газ будет излишне влажным, что негативно сказывается на теплоте сгорания. Для ее увеличения необходимо удалить влагу одним из известных способов.

Для очистки газа от H_2S также возможно применение нескольких различных способов. Один из наиболее известных способов – подача воздуха в газовую зону ферментатора. При этом происходит окисление бактериями сероводорода и становится возможным удаление серы вместе с жидкостью из реактора. Авторами работы [8] разработан метод очистки, который основан на взаимодействии с оксидом железа. Преимуществом данного метода является практически полное удаление H_2S из потока биогаза независимо от его концентрации в исходном газе, а также полная инертность хемосорбента к основным компонентам биогаза (CH_4 и CO_2). Метод не требует больших капиталовложений, обеспечивает работоспособность в широком диапазоне давлений и позволяет удалять и другие сернистые соединения. Недостатком метода является периодичность работы модуля. Но наиболее эффективная очистка достигается с использованием активированного угля.

Само по себе отделение CO_2 является также экономически выгодным в случае дальнейшего использования либо продажи двуокиси углерода [7]. Область его применения широка: от «сухого льда» до сварки (в качестве инертной атмосферы) в пожарном деле и др.

Для крупных производств необходимо иметь высокие теплоты сгорания. При очистке биогаза только от серы и других вредных веществ тепло-

та сгорания полученного газа может колебаться в диапазоне от 15 до 27 МДж/м³, при содержании метана на уровне 55-85 %. По теплоте сгорания 1 м³ биогаза эквивалентен 0,8 м³ природного газа, 0,7 кг мазута, 0,6 кг бензина, 1,5 кг дров [9].

При производстве биогаза существуют достаточно простые способы регулирования и поддержания требуемой теплоты сгорания и давления. Для повышения давления газа при использовании эластичной крышки газгольдера возможно размещение на нем груза. При избыточном давлении газа необходимо включать в газовую магистраль дроссельные устройства.

Биогаз может использоваться в бытовом секторе, где наблюдается преимущественно невысокое потребление газа при его низком давлении. Типовыми потребителями газа могут выступать:

- отопительные установки жилых домов;
- водонагреватели;
- газовые и духовые плиты;
- газовые обогреватели;
- газопоршневые генераторы для выработки электроэнергии, насосы;
- автомобили (следует отметить обязательную перенастройку работы газобаллонного оборудования на такой тип газа).

Однако в каждом конкретном случае необходимо производить экономический расчет использования биогаза как альтернативного топлива. Для электрификации, а именно использования биогаза в качестве топлива в генераторах электрической энергии, в качестве нижней границы мощности агрегатов для рационального получения электроэнергии таким способом неоднократно называлась цифра 100 кВт [9]. Поэтому получение такой электроэнергии будет экономически обоснованным только для небольших поселков либо ферм, но не для частного использования.

Потребление биогаза в течение суток носит неравномерный характер, в то же время производство газа зачастую осуществляется с постоянным выходом газа. Для потребления всего произведенного продукта необходимо использовать газгольдеры, электрогенераторы и другие устройства, способные хранить либо использовать газ в то время, когда потребление находится на минимальном уровне. Газгольдер может быть выполнен в виде гибкой расширяемой емкости либо другой жесткой металлической емкости, но в этом случае необходимо предусмотреть систему заправки емкости с определенным избыточным давлением. Зачастую для хранения газа могут применять мокрые либо сухие газгольдеры

низкого давления, до 5 кПа. Также следует отметить, что при использовании газгольдеров и генераторов рекомендуется иметь дополнительный источник энергии, как электрической, так и топливной.

С теплотехнической точки зрения получаемый газ обладает достаточной энергетической ценностью для использования его в качестве топлива в нагревательных печах. Более подробные исследования теплотехнических и энергетических свойств биогаза будут приведены в будущих работах.

К преимуществам биогаза можно отнести его октановое число, равное 100. Для сравнения: октановое число природного газа равно 135 единицам. Такой показатель позволяет использовать биогаз в двигателях внутреннего сгорания с высокой степенью сжатия.

Помимо основного продукта, биогаза, в процессе производства образуется побочный продукт компост, который является ценным для сельского хозяйства – его используют в качестве удобрения. В ряде случаев стоимость компоста превышает стоимость получаемого биогаза, что создает дополнительные положительные условия окупаемости биогазовой установки.

Несмотря на многие преимущества биогаза, при использовании данного топлива есть некоторые ограничения. Так, например, при использовании его в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания биогаз обязательно необходимо очищать от H_2S . Вместе с тем у биогаза достаточно низкие скорости распространения пламени. Данный факт накладывает некоторые ограничения на использование биогаза в промышленности, а также ставит специальные требования к газогорелочным устройствам. Во избежание срыва пламени необходимо уменьшать нагрузку на биогазовую горелку, снижать скорости истечения газа. Но даже при таких значениях скоростей большая часть горелок, работающих на природном газе, могут работать и с биогазом без модернизации.

Биогаз в исходном виде хранить в значительных объемах невозможно из-за дороговизны такого решения. Проблема состоит в том, что биогаз невозможно сжать до высоких давлений, характерных для хранения природного газа, без предварительной очистки до биометана. Углекислый газ, содержащийся в биогазе, не дает возможности сжать его до 200 атм. Так как при сжатии двуокись углерода переходит в твердую фазу и не позволяет производить компримирование. А при сжатии всего лишь до нескольких атмосфер объем, занимаемый биогазом, уменьшается незначительно. Как указано выше, за-

правка потребителей высоким давлением возможна только после очистки биогаза от двуокиси углерода, сероводорода и других примесей. Очистка биогаза от углекислого газа является достаточно сложным процессом. Химические методы очистки неприемлемы из-за потребности в большом количестве реагентов и большом выходе отходов реакции. А метод растворения углекислого газа в воде, применяемый промышленно, требует достаточно сложного и дорогого оборудования. Такое оборудование выпускается серийно, но для больших суточных объемов. Поэтому очистка биогаза и сжатие биометана – процедура, доступная только владельцам крупных биогазовых установок. Но и в этом случае биометан обычно не хранят длительное время, а регулярно используют для заправки автомобильного транспорта либо отправляют в общую газовую сеть. Общая газовая сеть в данном случае и служит накопителем, куда можно загонять газ летом и отбирать зимой. Такой способ хранения газа является экономически более выгодным, чем сооружение собственных газовых хранилищ.

Ниже приведен расчет требуемого количества газа и исходного органического вещества для отопления частного дома средней площади (70 м^2) с фермерским хозяйством крупного рогатого скота.

Для расчета мощности котла используется упрощенная формула:

$$P = \frac{SP_p}{10},$$

где P – мощность котла, кВт; S – площадь отапливаемого помещения, м^2 ; P_p – удельная мощность котла, кВт/ м^2 (мощность на каждые 10 м^2).

Значение коэффициента P_p определяется исходя из температурных зон конкретного региона, для Донецкой области он равен 1,3-1,4 [10].

Значит, для частного дома мощность котла составит не менее:

$$P = \frac{70 \cdot 1,3}{10} = 9,1 \text{ кВт.}$$

Согласно представленным ранее данным, с одной тонны органических отходов крупного рогатого скота биогазовая установка позволит получить 60 м^3 биогаза со средней теплотой сгорания $Q=25\text{ МДж/м}^3$.

Тогда, для обеспечения непрерывной работы котла в зимний период времени необходимо производить следующее количество газа:

$$V_{\text{газ}} = \frac{N}{Q} = \frac{9,1 \cdot 10^3}{25 \cdot 10^6} = 0,000364 \text{ м}^3/\text{с} = 31,5 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Отсюда следует, что для работы данного котла при полной загрузке необходимо $31,5/60 = 0,524 \text{ т} = 524 \text{ кг}$ исходного сырья в сутки.

Из литературы известно, что одна корова дает 40-50 кг органических отходов в сутки. Можно сделать вывод, что для отопления небольшого частного дома площадью 70 м² потребуется хозяйство, состоящее минимум из 11-ти коров. Для крупных фермерских угодий такой способ отопления более рентабелен и целесообразен. Это также подтверждается в ряде литературных источников, в которых приведены сведения о целесообразности построения биогазовой установки для ферм с поголовьем не менее 300 дойных коров [11].

Выводы

В работе проанализированы существующие способы получения биогаза. Представлены схемы простейших биогазовых реакторов.

На основании проделанного анализа можно сделать вывод о том, что рассматриваемая технология позволяет получать по значительно более низким ценам энергоноситель, который по своей теплотворной способности не уступает природному газу (после очистки от двуокиси углерода).

Показаны возможные потребители производимого газа, преимущества и недостатки технологии.

Производство биогаза в малых объемах находит все больший спрос в сельском хозяйстве. При этом очистка газа от СО₂ не производится. Полученный газ используется в качестве топлива в отопительных системах. Для крупных хозяйств с большим суточным производством биогаза целесообразно проводить очистку от двуокиси углерода, тем самым повышая теплотворную способность полученного газа. Показано, что использование биогаза для электрификации целесообразно только при применении генераторов с мощностью не менее 100 кВт.

Такая технология может найти место на сельскохозяйственных и иных промышленных предприятиях в качестве источника альтернативной энергии.

Использование биогаза позволяет снизить использование предприятиями дорогостоящего природного газа путем его замены. Производство самого биогаза не влечет за собой постройку дорогостоящего и сложного оборудования. Побочный продукт биогазового производства – компост – также является ценным продуктом

для сельского хозяйства и может быть продан в виде удобрения.

Однако из-за низкого удельного выхода биогаза количество перерабатываемого сырья велико, что определяет также большие объемы реакторов и площади, отводимые под них. В случае отопления объектов небольших частных хозяйств возникает вопрос о достаточности исходного сырья для производства биогаза.

Список литературы

1. Актуальные проблемы энергетики АПК / Под ред. А.В. Павлова. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2013. – 378 с.
2. Yitayal, A.A. Enhancement and Optimization Mechanisms of Biogas Production for Rural Household Energy in Developing Countries // International Journal of Renewable Energy Development. – 2015. – Vol.4, Issue 3. – P. 189-196.
3. Saravanan, M. Experimental Study on Biogas Production in Batch Type Digester with Different Feed Stocks / M. Saravanan, K. Manikandan // International Journal of Research in Environmental Science and Technology. – 2012. – Issue 2. – P. 132-135.
4. Биоэнергетика: мировой опыт и прогнозы развития / Л.С. Орси́к [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 404 с.
5. Тихонравов, В.С. Ресурсосберегающие биотехнологии производства альтернативных видов топлива в животноводстве: Научно-аналитический обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 52 с.
6. Scott Frazier, R. Biogas Utilization and Cleanup: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://articles.extension.org/pages/30312/biogas-utilization-and-cleanup>
7. Методы повышения качества биогаза / В.Т. Джамулуев [и др.] // Вестник Чеченского государственного университета. – 2014. – №1, Ч.1. – С. 40-44.
8. Боровой, И.А. Разработка технологии очистки биогаза от сероводорода с помощью жидкого поглотителя в скрубберной схеме / И.А. Боровой, В.Г. Колобродов, Э.А. Винокуров // I Межд. конф. «Энергия из биомассы»: тез. доклада, 23-26 сентября, 2002. – Киев. – С. 185-187.
9. Некрасов, В.Г. Системы газоснабжения метаном на основе биогазовых установок // Газовая промышленность. – 1990. – №2. – С. 36-38.
10. Расчет мощности котла отопления: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.waterpark.com.ua/articles/otoplenie-gvs-vodosnabzhenie/raschet-moshchnosti-gazovogo>

котла
11. Компания «ДИО экспорт» / Биогазовые
установки для животноводческих комплек-

сов: [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://www.agrodio.com/state/АН:-1.200002242>
275

A.B. Biryukov /Dr. Sci. (Eng.)/, P.A. Gnitiev /Cand. Sci. (Eng.)/, I.P. Drobishevskaya
Donetsk National Technical University (Donetsk)

THE ANALYSIS OF TECHNOLOGY FOR BIOGAS PRODUCTION FROM ORGANIC WASTE TO REPLACE NATURAL GAS

Background. *In view of the high prices of energy resources, the search for alternative available energy sources remains an urgent task at present. One of such sources is an organic waste in agriculture. As known, it contains methane, which gradually evaporates into the atmosphere, thereby increasing "greenhouse effect". Rational and environmentally safe will be to extract the gas and use it as an energy feedstock for small power engineering.*

Materials and/or methods. *The analysis of known methods of biogas production from organic materials is presented in the paper. It is noted that in order to use the resulting gas in a particular industry it must be cleaned of sulfur and carbon dioxide with the aim of increasing the service life of fuel burning units and the calorific value of biogas. The authors of the paper propose to use the purified biogas as fuel for domestic boilers, stoves, and cars.*

Results. *As a result of calculations, it was found that 31.5 m³ of biogas per day is needed for heating a 70 m² house. This amount of gas can be produced from organic waste of at least 11 units of cattle.*

Conclusion. *The proposed system of fuel production will allow partially (on small farms) or completely (in large farmland) to abandon the use of expensive natural gas in heating and hot water supply.*

Keywords: *biogas, gas cleaning, alternative energy, fuels replacement.*

Сведения об авторах

А.Б. Бирюков

SPIN-код: 3186-0680
Scopus ID: 7006918782
ORCID ID: 0000-0002-8146-2017
Телефон: +380 (62) 301-08-61
Эл. почта: birukov.ttf@gmail.com

П.А. Гнитиёв

SPIN-код: 1943-4196
Scopus ID: 56916104300
ORCID ID: 0000-0001-9266-7969
Телефон: +380 (62) 301-08-65
Эл. почта: gnitiev.pavel@gmail.com

И.П. Дробышевская

SPIN-код: 5248-0588
ORCID ID: 0000-0003-3809-1393
Телефон: +380 (50) 473-90-64
Эл. почта: arinafizmet@yandex.ua

Статья поступила 30.03.2017 г.

© А.Б. Бирюков, П.А. Гнитиёв, И.П. Дробышевская, 2017

Рецензент д.т.н., доц. Н.И. Захаров

Новинки Изд-ва «ДОНЕЦКАЯ ПОЛИТЕХНИКА»

Стефаненко П.В. Основы педагогики высшей школы: учеб. пособие. – 2-е изд., доп. и перераб. – Донецк: ООО «Технопарк ДонГТУ «УНИТЕХ», 2016. – 180 с. ISBN 978-966-8348-73-3

Рассматриваются общие вопросы педагогики высшей школы (предмет и основные понятия педагогики, методы научно-педагогического исследования); основные задачи и особенности всестороннего воспитания обучающихся (содержание, принципы, формы и методы воспитания, особенности процесса воспитания); основы дидактики высшей школы (принципы дидактики, содержание образования, формы и методы обучения, контроль и учет знаний, умений и навыков обучающихся).

