



УДК 628.336.6

**С. В. БОЛДИН**, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения;  
**Н. Т. ПУЗИКОВ**, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗА В МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 433-45-35; эл. почта: pnt32@mail.ru

*Ключевые слова:* биогаз, генераторный газ, низшая теплота сгорания.

---

*В статье предложен анализ возможности увеличения калорийности биогаза для последующего использования в нетрадиционной энергетике. Для выявления оптимальных режимов генерации необходимо провести серии испытаний с анализом калорийности газа.*

---

С удорожанием традиционных видов топлива – природного газа, нефти и др. все большее внимание привлекают нетрадиционные источники энергии: солнечное излучение, морские приливы и многое другое.

Одним из забытых видов сырья является и биогаз, использовавшийся еще в Древнем Китае и вновь открытый в наше время.

Биогаз – это газообразный продукт, получаемый в результате анаэробной, т.е. происходящей без доступа воздуха, ферментации органических веществ самого различного происхождения. Теплотворная способность биогаза 22–24 МДж/м<sup>3</sup>. Один кубометр биогаза эквивалентен 0,6 м<sup>3</sup> природного газа, 0,7 л мазута, 0,4 бензина, 3,5 кг дров.

Биометаногенез европейцами был открыт еще в 1776 г., Вольтой, который установил наличие метана в болотном газе. Биогаз, получающийся в ходе этого процесса, представляет собой смесь из метана – 65%, углекислого газа – 30%, сероводорода – 1% и незначительных количеств азота, кислорода, водорода и окиси углерода.

Первые сведения о практическом использовании биогаза, полученного европейцами из сельскохозяйственных отходов, относятся к 1814 году. Для сбора отходов, начиная с 1881 года, стали использоваться закрытые емкости, которые, после небольшой модификации, получили название «септик». Еще в 1895 году уличные фонари в одном из районов города Эксетер (Англия) снабжались газом, который получали в результате брожения сточных вод.

В настоящее время в странах Европейского Союза принята программа по использованию нетрадиционных видов топлива и доведения их до 20% от общего объема топлива.

В этих странах, в среднем, вклад биомассы в энергетический баланс составляет около 3%, но с широкими вариациями: в Австрии – 12%, в Швеции – 18%, в Финляндии – 23%.

Ведущее место в мире по производству биогаза занимает Китай. КНР обеспечивает 30 % национальных потребностей в энергии за счет биогаза, там работает более 20 млн. установок по его производству. Второе место в мире занимает Индия, где ежедневное производство биогаза составляет 2,5–3,0 млн. м<sup>3</sup>.



В России этому виду энергии уделяется мало внимания, хотя возможности есть большие.

В нетрадиционной энергетике особое место занимает переработка биомассы (органических, сельскохозяйственных и бытовых отходов метановым брожением с получением биогаза). Биомассу можно разделить на следующие группы:

- 1) отходы лесоматериалов (обрезки и опилки от переработки древесины);
- 2) энергетические сельскохозяйственные культуры;
- 3) твердые городские отходы;
- 4) сточные воды.

В ННГАСУ разработан газогенератор, позволяющий получать газ из древесных отходов [1]. Получены экспериментальные данные зависимости низшей теплоты сгорания биогаза  $Q_h$ , МДж/м<sup>3</sup>, от температуры газа на выходе из генератора без подачи воды и с подачей воды в зону генерации и состава биогаза от температуры газа. В результате проведенных исследований установлено, что при подаче водяного пара в газогенератор можно повысить калорийность газа в 3–3,5 раза. Таким образом, показана возможность использовать подобный генераторный газ для питания газопоршневой установки без существенного снижения мощности.

Кроме того, возможны другие способы получения и использования биогаза.

Ежегодное количество органических отходов по разным отраслям народного хозяйства России составляет более 390 млн. тонн, из которых:

- 250 млн. т. дает сельскохозяйственное производство, причем 150 млн. т. приходится на животноводство с птицеводством (помет птиц и КРС), а 100 млн. т. – на растениеводство (солома, стебли подсолнечника и др.);
- 70 млн. т. дает лесо- и деревопереработка (опилки, щепы, другие отходы);
- 60 млн. т. – твердые бытовые отходы городов;
- 10 млн. т. – коммунальные стоки.

Получение биогаза особенно эффективно на агропромышленных комплексах и на городских свалках, где существует возможность полного экологического цикла. На рис. 1 и 2 приведены схемы получения и использования биогаза [2].

Биогаз и связанные с ним технологии являются надеждой для экономики, в особенности для строительства установок и предприятий экологической техники. Применение этой новой технологии возможно на базе серийной модульной установки на биогазе, чтобы тем самым осуществить энергообеспечение и решить проблему утилизации отходов в целях улучшения экологической обстановки. Сырье с сельскохозяйственных залежных земель, сырье от утилизации может, в качестве биогаза, заменить ископаемые энергоносители и тем самым помочь в достижении целей, которые поставили перед собой в Киотском протоколе, а именно, минимизировать выброс  $CO_2$ .

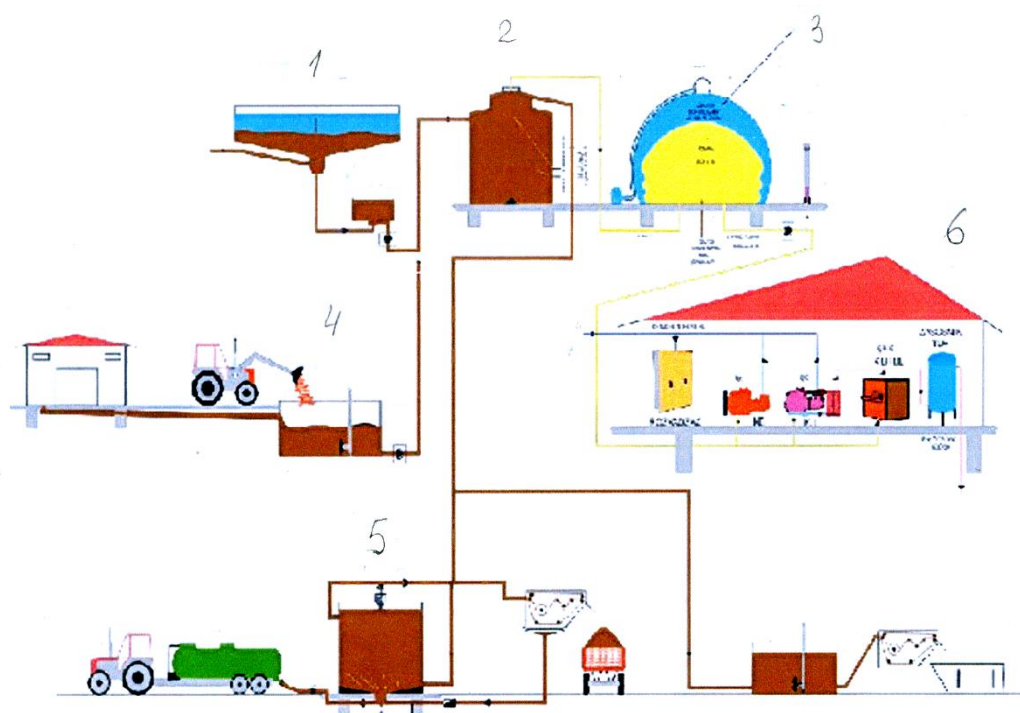


Рис. 1. Блок-схема получения и использования биогаза на агропромышленном комплексе: 1 – смешивающий и гомогенизирующий резервуар для экскрементов животных; 2 – резервуар ферментации (реактор) для анаэробной обработки (образования биогаза и переработки экскрементов); 3 – газгольдер для хранения биогаза, рассчитанный на однодневную продукцию; 4 – сборный резервуар для промежуточного хранилища при обработке экскрементов в ферментаторе; 5 – установка для сепарации обработанных экскрементов животных (разделения на жидкие и твердые составляющие для эффективного использования); 6 – блок энергетики с размещением устройств для производства и разводки электрической и тепловой энергии

Захоронение на полигонах твердых бытовых отходов, подверженных гниению, неизбежно приводит к образованию биогаза. 1 кг органического вещества, биологически разложимого на 70 %, производит 0,18 кг метана, 0,32 кг углекислого газа, 0,2 кг воды и 0,3 кг неразложимого остатка.

Опасность городских свалок:

- угроза растительности;
- угроза строениям – возможность пожаров и взрывов;
- угроза людям – неприятный запах, токсические активные элементы;
- угроза водам – загрязнение подземных источников;
- угроза атмосфере – загрязнение «парниковыми газами».

Отходы, отвозимые на городские свалки, состоят из органических и неорганических материалов различных размеров. При правильном хранении отходов, т.е. сепарации, после ввода в действие соответствующей технологии они становятся источником биогаза, который может использоваться при работе двигателей внутреннего сгорания в ЭГУ и КГУ, для производства электрической и/или тепловой энергии (рис. 2).

Сбор биогаза осуществляется из вертикальных скважин, пробуренных на месте уже заполненных хранилищ, или горизонтальных скважин-коллекторов, сооруженных в процессе складирования отходов.

Для выработки 1 МВт энергии необходима подача биогаза в количестве 525 м<sup>3</sup>/ч. Считается, что одна скважина дает 80 м<sup>3</sup>/ч газа.

Высокая плотность мусора позволяет извлекать газ с большой скоростью. Обычная свалка может выдавать газ в течение 10–12 лет. Максимум производительности приходится на четвертый год, затем происходит медленное ее снижение.

На количество образующегося биогаза влияют:

- состав, возраст, плотность, температура и влажность отходов;
- площадь, глубина, способы эксплуатации и рекультивации хранилища отходов;
- водный баланс хранилища.

После окончания эксплуатации скважины, т.е. когда сбор образовавшегося биогаза становится экономически неэффективным (концентрация метана становится очень низкой), необходим контроль за его образованием и обезвреживанием. Один из способов обезвреживания – окисление метана воздухом в поверхностных слоях почвы в присутствии бактерий. В результате образуется углекислый газ, который диффундирует из почвы в атмосферу.

Одно из первых в США захоронений отходов с выработкой биогаза площадью 14 га функционировало с 1978 по 1985 гг. В нем находились 1 млн. т мусора и 0,5 млн. т промышленных отходов. Свалка давала 60 млн. м<sup>3</sup> газа в год или 6868 м<sup>3</sup>/ч. Полный ресурс мощности такой свалки составил 13,1 МВт.

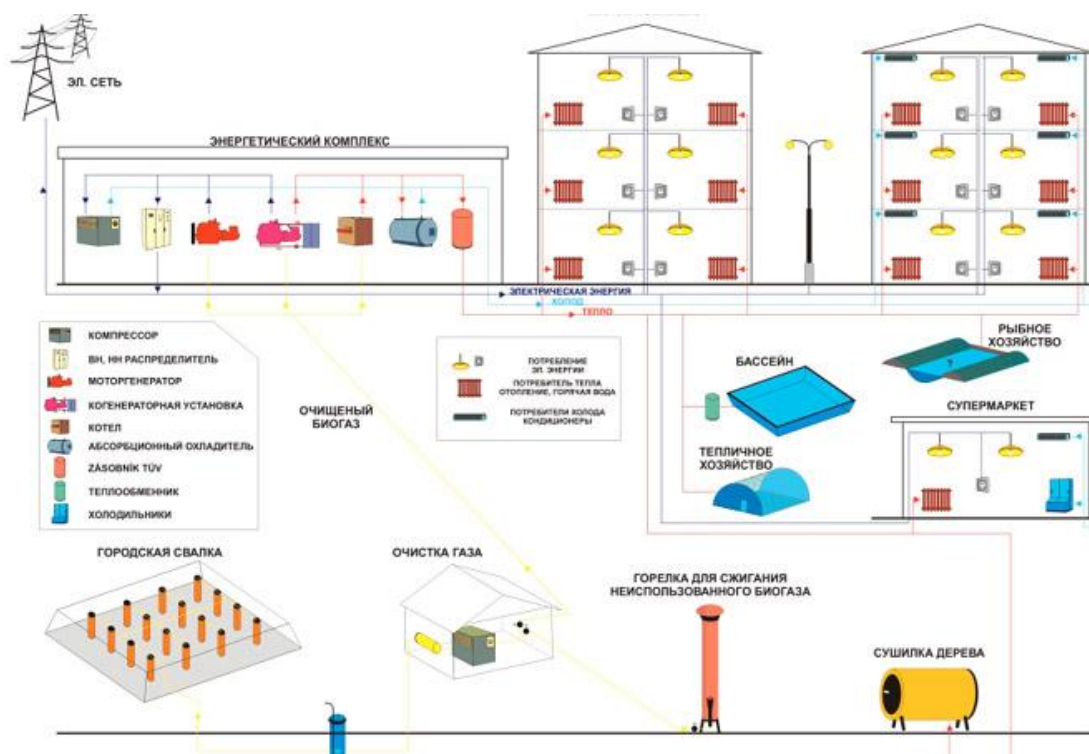


Рис. 2. Схема получения и использования биогаза на городских свалках



Побочным продуктом в процессе получения биогаза выступают экологически чистые удобрения, способные увеличивать урожай сельскохозяйственных культур. В состав удобрения входят минерализованный азот в виде солей аммония (наиболее легко усвояемая форма азота), минерализованный фосфор, калий, микро и макроэлементы в растворимом виде и в соотношениях, необходимых для растений.

Биогаз, который содержит более 55 % метана, легко сжигается в горелке отопительных установок, в водонагревателях, газовой плите, инфракрасных излучателях. Для транспортных средств биогаз можно использовать после очистки от всех примесей и выработки почти чистого метана. Такая технология является дорогостоящей и применяется очень редко.

Более экономичным и широко распространенным в настоящее время является производство электричества и тепла на когенерационных установках.

Биогаз используется в качестве топлива дизельных двигателей, которые служат приводом генератора. Тепло охлаждающей системы двигателя используется для производства тепловой энергии. Когенерационная установка преобразует энергию биогаза в следующем соотношении: 35% в электрическую энергию и около 55% в тепловую энергию. Такая система более экономичная, потому что выработанная электрическая энергия стоит больше и ее легче реализовать [3].

Очистка биогаза (для использования, например, в газовых двигателях) производится в две стадии. На первой стадии извлекается сероводород, а на второй производится удаление галогеносодержащих углеводородов. В качестве очищающего вещества применяется активированный уголь.

Подводя итоги, можно сделать следующие выводы.

1. Особенность биогазовых технологий в том, что они не являются чисто энергетическими, а представляют комплекс, охватывающий решение как энергетических, так и экологических, агрохимических, лесотехнических и других вопросов, и в этом состоит их высокая рентабельность и конкурентоспособность.

2. Внедрение биогазовых установок позволит улучшить экологическую обстановку на животноводческих фермах, птицефабриках и на прилегающих территориях, предотвращаются вредные воздействия на окружающую среду. При применении биогаза экономятся традиционное топливо, электроэнергия, т.к. биогаз может использоваться для получения энергии для систем отопления животноводческих помещений, жилых домов, теплиц, для сушки сельскохозяйственных продуктов горячим воздухом, выработку электроэнергии.

3. В результате утилизации биоотходов, падает уровень заражения среды болезнетворными бактериями. Исчезают неприятные запахи от разложения и мухи.

4. Пламя от горения газа не коптит и не содержит вредных смол и химических соединений, поэтому кухня и посуда не пачкаются копотью. Снижается риск респираторных и глазных заболеваний, связанных с дымом.

5. Биогаз – это возобновляемый источник энергии.

Важно, что применение биогаза в различных системах генерации энергии обуславливает значительное снижение техногенного воздействия на окружающую среду.





## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Болдин, С. В. Использование генераторного газа в газопоршневой установке / С. В. Болдин, Н. Т. Пузиков. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 1. – С 129–134.
2. Пузиков, Н. Т. Анализ оптимальных режимов работы установки для производства генераторных газов из древесных отходов / Н. Т. Пузиков, С. В. Болдин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2015. – № 1 (33). – С. 72–75.
3. Голицын, М. В. Альтернативные энергоносители / М. В. Голицын [и др.]. – Москва : Наука, 2004. – 159 с. – ISBN 5-02-033065-5. – Текст : непосредственный.

**BOLDIN Sergey Valentinovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and gas supply; PUZIKOV Nikolay Timofeevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and gas supply**

### PROSPECTS FOR THE USE OF BIOGAS IN SMALL ENERGY SECTOR

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.  
Tel.: (831) 433-45-35; e-mail: pnt32@mail.ru  
*Key words:* biogas, generator gas, lower calorific value.

---

*The article proposes an analysis of the possibility of increasing the calorific value of biogas for subsequent use in non-traditional energy. To identify optimal generation modes, it is necessary to conduct a series of tests with analysis of the calorific value of the gas.*

---

### REFERENCES

1. Boldin S. V., Puzikov N. T. Ispolzovanie generatornogo gaza v gazoporshnevoy ustanovke [Use of generator gas in a gas piston unit] Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.- stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2022, № 1, P 129-134.
2. Puzikov N. T., Boldin S. V. Analiz optimalnykh rezhimov raboty ustanovki dlya proizvodstva generatornykh gazov iz drevesnykh otkhodov [The analysis of optimum operating modes of installation for production of power gases from wood waste] Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.- stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2015, № 1 (33), P. 72–75.
3. Golitsyn M. V., Golitsyn A. M., Pronina N. V. Alternativnye energonositeli [Alternative energy sources]. Otv. red. G.S. Golitsyn. Moscow, Nauka, 2004, 159 p.

© С. В. Болдин, Н. Т. Пузиков, 2025

Получено: 27.06.2024 г.