

УДК 662.767

**ПРИМЕНЕНИЕ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК
И ПРОБЛЕМЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
APPLICATION OF BIOGAS PLANTS
AND PROBLEMS OF THEIR USE**

А. Н. Медведева

Научный руководитель – Н. В. Пантелей, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

A. Medvedeva

Supervisor – N. Panteley, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: в данной статье представлено краткое описание биогазовых установок, вариации их использования, а также риски и недостатки их эксплуатации.

Abstract: this article provides a brief description of biogas plants, their variations in use, as well as the risks and disadvantages of their operation.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, биогаз, анаэробное разложение, биогазовая смесь, метан, ферментация.

Keywords: renewable energy sources, biogas, anaerobic decomposition, biogas mixture, methane, fermentation.

Введение

В современных условиях достаточно активно начинает развиваться энергетика на альтернативном виде топлива, имея при этом хорошие долгосрочные перспективы развития. В качестве альтернативы традиционным источникам энергии выступают энергия ветра, солнечная энергия, энергия движения водных потоков, геотермальная энергия, а также энергия биомассы или же биогаз.

Энергоустановки, работающие на биогазе, могут стать перспективной заменой традиционным котельным и электростанциям. Однако в настоящее время такие установки получили небольшое распространение. В первую очередь, это связано с целесообразностью введения в эксплуатацию данных агрегатов, поскольку мощность таких установок невелика. Расположение такого рода энергоустановок рационально в местах вблизи аграрного производства, где уже есть развитая инфраструктура по сбору и подготовке биомассы для дальнейшей переработки или использования. Во-вторых, оптимальность биогазовых установок основывается на технико-экономических показателях, в том числе и на прогнозируемости расходов на сбор, транспортировку, хранение, переработку и подготовку сырья. Поскольку эта отрасль еще находится на стадии развития, то довольно сложно осуществить переход от традиционных видов энергоустановок на биогазовые [1].

Также стоит отметить, что рациональность использования биогаза в качестве альтернативного топлива зависит от тепловой эффективности энергоустановки, которые можно повысить при помощи использования, например, парогазовых или газотурбинных установок.

Основная часть

Современные технологии позволяют использовать биогазовые установки, превращая биогаз в источник механической, тепловой и электрической энергии. Биогазовые установки могут выполнять несколько функций:

- утилизацию бытовых и сельскохозяйственных отходов;
- переход на «зеленое» топливо, уменьшая при этом воздействие на окружающую среду;
- ограничение неконтролируемого выброса метана в атмосферу.

В настоящее время биогаз может быть использован в качестве топлива для газовых установок, генерирующих электричество и тепловую энергию. Полученная энергия применима для различных нужд, таких как отопление помещений, освещение, снабжение цехов, функционирование водонагревателей, газовых плит, инфракрасных излучателей и двигателей внутреннего сгорания.

Процесс получения биогаза происходит следующим образом: органическое сырье (отходы сельскохозяйственной деятельности, бытовые отходы, отходы пищевой промышленности, ил очистных сооружений и так далее) разлагается при помощи анаэробной технологии в отдельных железобетонных резервуарах брожения (ферментерах/доферментерах или реакторах) с установленными мембранными газовыми отсеками (газгольдерами) и переходит в биогаз. Процесс ферментации можно разделить на несколько этапов и тогда процесс образования биогаза можно представить в виде схемы (рисунок 1).

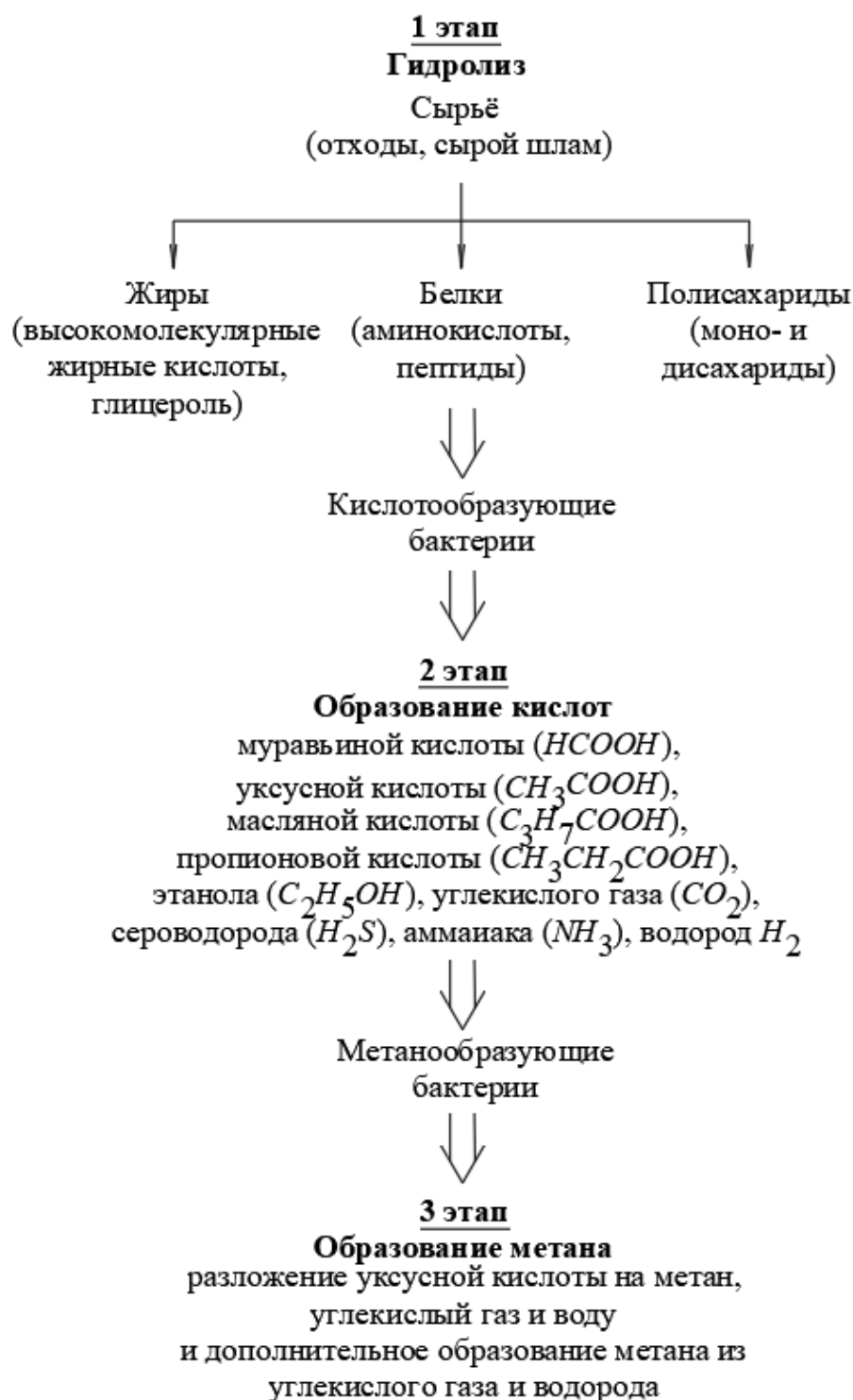


Рисунок 1 – Процесс образования биогаза

Биогаз возможно использовать в качестве топлива водогрейных и паровых котлов на ТЭЦ, мини-ТЭЦ и котельных.

Использование биогаза в качестве топлива основывается на высоком содержании выделяемого из органических отходов метана – около 55–70 %. Кроме того, из биогаза выделяются и другие химические вещества, из-за которых предусматривается дальнейшая очистка и подготовка биогаза

к использованию на турбоагрегатах и горелках. Состав биогаза представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав биогаза [2]

Характеристика	Компоненты биогаза				Биогазовая смесь (60 % CH_4 + CO_2 40 %)
	CH_4	CO_2	H_2	H_2S	
Объемная доля, %	55–70	22–44	<1	<3	100
Объемная теплота сгорания, МДж/м ³	35,8	–	10,8	22,8	21,5
Предел воспламеняемости (содержание в воздухе), %	5–15	–	4–80	4–45	6–12
Температура воспламенения, °С	65–750	–	585	–	650–750
Критическое давление, МПа	4,7	7,5	1,3	8,9	7,5–8,9
Нормальная плотность, г/л	0,72	1,98	0,09	1,54	1,2

Биогаз можно преобразовать в энергию несколькими способами. Самый простой – использование в качестве топлива котельной установки с целью получения теплоты. Однако более эффективный и выгодный подход – преобразование биогаза в механическую и электрическую энергию. Это позволит создать независимую энергетическую систему, полностью обеспечивающую потребности предприятия в электроэнергии и механической работе (например, для работы техники). В первом случае мы получаем только тепловую энергию, во втором – и тепловую, и электрическую.

К достоинствам использования биогаза следует отнести меньший объем воздуха, необходимый для горения. В то время как для полного сгорания одного литра бутана требуется 30,9 литра воздуха, пропана – 23,8 литра, биогазу необходимо всего 5,7 литров. Эта разница обусловлена различным химическим составом этих газов и, как следствие, их различными свойствами. Меньшая потребность в воздухе напрямую влияет на конструкцию газовых горелок. Стандартные горелки, рассчитанные на пропан и бутан, имеют узкие жиклеры – отверстия, через которые подается газ. Для биогаза, чтобы обеспечить необходимое количество топлива, требуются более широкие жиклеры.

Еще одной особенностью использования биогаза в качестве альтернативы традиционным газообразным топливам является существенная разница в теплотворной способности веществ. Бутан и пропан обладают теплотворной способностью почти в три раза выше, чем биогаз. Это значит, что для получения того же количества тепла, при использовании биогаза требуется больший его объем. В связи с этим, необходимо учитывать снижение производительности при переходе газовых и турбоустановок на биогаз.

Также для надежной работы энергоустановки образующийся газ для начала должен пройти обработку от коррозионно-активных газов и различных примесей, ухудшающих качество биотоплива и негативно влияющих на оборудование. После очистки биогаз может направляться либо в специальные водогрейные, либо в паровые котлы с адаптированными под него горелками или же подаваться на газопоршневой агрегат.

Для выработки электроэнергии из биогаза возможно использование газовых или паровых турбин, а также газопоршневых агрегатов (ГПА). При применении газовой турбины, использующей в качестве топлива биогаз, необходимо дополнительно установить котел-утилизатор, что позволяет создать котельную, например, рядом с очистными сооружениями для переработки иловых отложений. В состав такой котельной может входить: зона для приема топлива, оборудование для смешивания, сушильные устройства, брикетировочные машины и установки для газификации.

Состав оборудования данной котельной будет зависеть от вида биотоплива, предполагаемого к утилизации. Так, при использовании лузги масличных растений основные компоненты системы могут состоять из участка приема биотоплива, конвейерных транспортеров, бункеров-дозаторов и различных типов котлов – как паровых, так и водогрейных.

Преимущества использования биогазовых установок:

- разнообразная и восполняемая сырьевая база;
- экологически чистая переработка отходов с последующим полезным хозяйственным применением;
- сравнительно небольшая стоимость произведенной энергии;
- энергетическая независимость от общей энергосистемы;
- самоокупаемость и покрытие собственных энергетических нужд предприятия.

В настоящее время биогазовые установки и электростанции все больше получают распространение. Самой крупной в мире биогазовой установкой в нынешнее время считается завод Харбин (Китай) мощностью 30 МВт, работающий на кукурузной и рисовой соломе. В Республике Беларусь на данный момент насчитывается около 40 электростанций, использующих энергию биогаза. Самая крупная из них расположена в СПК «Рассвет» Могилевской области и имеет мощность 4,8 МВт, получаемую в процессе переработки отходов тепличного и комбинатного хозяйства.

За годы эксплуатации биогазовых установок было выявлено определенное количество недостатков использования таких энергетических комплексов.

Одним из самых важных недостатков является нестабильная сырьевая база. Сырье не может быть однородным, то есть иметь одинаковый качественный и количественный состав при каждой новой загрузке ферментера. Из этого следует, что некоторым предприятиям, использующим данную технологию получения энергии, необходимо прикладывать дополнительные усилия для поддержания оптимального уровня загрузки ферментеров,

поскольку расчетный объем может быть обеспечен не в полной мере. Также проблема сырьевой базы заключается в том, что зачастую для загрузки используется только один вид источника (один вид животных или растений), что говорит о бедности состава. Такое сырье может иметь недостаток или переизбыток некоторых веществ, что вызывает свои проблемы выработки биогаза. Для оптимальной выработки газа необходимо сбалансировать биомассу, поступающую в реакторы. Следовательно, перед предприятием встает новая задача: либо генерировать меньшее количество биогаза, либо нести дополнительные затраты по балансировке загружаемой биомассы.

Еще одной проблемой является проблема качества исходного сырья крупных животноводческих предприятий. В отходы часто может попасть подстилочный материал, сено и так далее, качество которого очень сильно варьируется в течение года. Традиционные технологии гидросмыва навоза уже являются устаревшими и не могут контролировать сам процесс, что приводит к колебаниям сухого вещества в стоке и попаданию песка и инородных предметов в исходное сырье. Таким образом сырье не может быть одного и того же качества при каждой новой загрузке в ферментер.

Кроме проблем сырьевой базы для выработки биогаза, существуют некоторые риски, связанные с его химическим составом и условиям его генерации. Опасность со стороны газа заключается в том, что содержащийся в исходном продукте метан легко воспламеняется и образует с кислородом взрывчатую смесь. Поэтому возникает необходимость предотвращения появления в системе взрывчатой газовойздушной смеси. Риск взрыва достаточно мал, поскольку вероятность взрыва находится в узком диапазоне, что позволяет допускать большие добавки воздуха (более 25 %), однако при этом уменьшается теплота сгорания топлива.

Кроме того, еще одну опасность представляет собой содержание сероводорода (H_2S). Он тяжелее воздуха и может скапливаться в углублениях, в том числе и контрольных шахтах. Обнаружить его можно по неприятному запаху, однако при его высокой концентрации он притупляет восприятие запаха, что затрудняет его обнаружение и может привести к отравлению [2]. Кроме негативного влияния на здоровье человек, сероводород оказывает коррозионное воздействие и на оборудование установки: на запорную арматуру, газовые счетчики, горелки и двигатели, внутренние поверхности трубопроводов, что приводит к их преждевременному износу и выходу из строя. По этой причине очистка биогаза от сероводорода – обязательная процедура. Удаление серы устраняет неприятный запах, характерный для биогаза, делая его практически без запаха.

Особой проблемой также является использование биогазовых установок в быту, поскольку возможно самовольное подключение населением оборудования к газораспределительным сетям с целью экономии. Однако подобные действия представляют опасность как для самих граждан, так и для всей системы газоснабжения, поскольку состав газов заметно разнится и может привести к неожиданным последствиям.

Введение биогаза в общую сеть недопустимо по нескольким причинам:

– нынешняя система газоснабжения и газораспределения предполагает транспортировку природного газа или сжиженного углеводородного газа по трубопроводам согласно ГОСТ 5542-2014, по техническим условиям транспортировка иных газов и газовых смесей не допустима;

– составы биогаза и природного газа различны, и не являются взаимозаменяемыми (для применения биогаза в качестве альтернативы традиционному необходимо произвести дополнительную очистку от примесей);

– наравне с системой газоснабжения все энергооборудование, использующее природный газ, спроектировано особым образом, то есть переход на биогаз требует модификаций оборудования и изменения геометрических параметров и размеров горелок.

Заключение

Таким образом можно сделать вывод о том, что применение биогазовых установок является перспективным направлением в энергетике и может привести к положительному эффекту использования, улучшая при этом экологическую обстановку предприятия в целом. Однако эксплуатация таких энергоустановок имеет ряд своих недостатков, которые существенно влияют на работу всей энергосистемы. В будущем необходимо разработать план для внедрения биогазовых хозяйств в энергетическую систему без последствий.

Литература

1. Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер; пер. с нем. и предисловие М. И. Серебряного. – Москва : Колос, 1982. – 148 с.

2. Блочные модульные котельные на биогазе: [сайт]. – URL: <https://dto-zao.ru/kotelninabiogaze> (дата обращения: 20.03.2025).

3. Кадастр возобновляемых источников энергии: Карта: [сайт]. – Минск, 2025. – URL: <http://195.50.7.239/Cadaastre/Map> (дата обращения 20.03.2025).

4. Запущена самая мощная биогазовая установка в Беларуси: БДГ Деловая Газета: [сайт]. – URL: <https://bdg.news/news/bussiness/zapushchena-samaya-moshchnaya-biogazovaya-ustanovka-v-belarusi> (дата обращения 20.03.2025).