

УДК 621.3

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗОВЫХ ТУРБИН НА ТЭС
USE OF BIOGAS TURBINES IN TPP**

А.Н. Медведева, Е.В. Барбарич

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

A. Medvedeva, E. Barbarich

Supervisor – N. Panteley, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: В данной статье рассмотрены перспективы использования турбин на биогазе для выработки тепло- и электроэнергии на электростанциях, преимущества и недостатки такого вида топлива, его влияние на экологию.

Abstract: This article considers the prospects of using biogas turbines for heat and electricity production in power plants, advantages and disadvantages of this type of fuel, its impact on the environment.

Ключевые слова: биогаз, анаэробное разложение, метан, биометан, газовые турбины, турбины Capstone.

Keywords: biogas, anaerobic decomposition, methane, biomethane, gas turbines, Capstone turbines.

Введение

В последние десятилетия вопросы устойчивого развития и перехода на возобновляемые источники энергии становятся все более актуальными. Одним из малоизученных, но перспективных направлений в этой области является использование биогаза в качестве топлива для газовых турбин на теплоэлектростанциях (ТЭС). Биогаз, представляющий собой в основном смесь метана и углекислого газа, образующийся в результате анаэробного разложения органических веществ, становится важным ресурсом для энергетики, способным не только уменьшить зависимость от ископаемых ресурсов, но и сократить выбросы парниковых газов.

Применение биогазовых турбин на ТЭС открывает новые возможности для эффективного использования органических отходов, таких как сельскохозяйственные отходы, отходы жизнедеятельности человека и биомасса. Эти технологии позволяют не только генерировать электрическую и тепловую энергию, но и поддерживать переход к более экологически чистым источникам, соответствуя современным требованиям к энергоэффективности и снижению углеродного следа.

Основная часть

Использование биогаза в качестве альтернативы бензину и природному газу позволяет уменьшить объем свалочных территорий, оптимизировать работу предприятий, занимающихся переработкой отходов и уменьшить количество парниковых газов, попадающих в атмосферу ежедневно. Также это может позволить повысить энергоэффективность предприятий, позволяя экономить на затратах на электроэнергию. В сфере сельского хозяйства биогаз может быть

применен не только для выработки тепла и электричества, но и также в качестве сырья для синтетических удобрений. Кроме того, из очищенного биогаза возможно получить сырье для производства метанола.

Такой вид экологически чистого топлива, как биогаз, возможно получить из всевозможных органических отходов: травы, бытовых отходов, отходов молокозаводов (молочной сыворотки), отходов производства биодизеля (технического глицерина от производства биодизеля из рапса, отходы от производства соков (виноградная выжимка, мякоть фруктов, ягод и овощей), отходов жизнедеятельности животных на фермах, отходов сельскохозяйственной области и так далее.

Биогаз представляет собой газообразное топливо, получаемое в результате распада органического вещества. Другими словами, как только органическое вещество попадает в особую среду, бактерии начинают процесс разложения (путем анаэробного сбраживания при отсутствии кислорода), и в результате образуется смесь метана, углекислого газа, аммиака, сероводорода и других элементов – биогаз. Приблизительный состав биогаза представлен на рисунке 1.

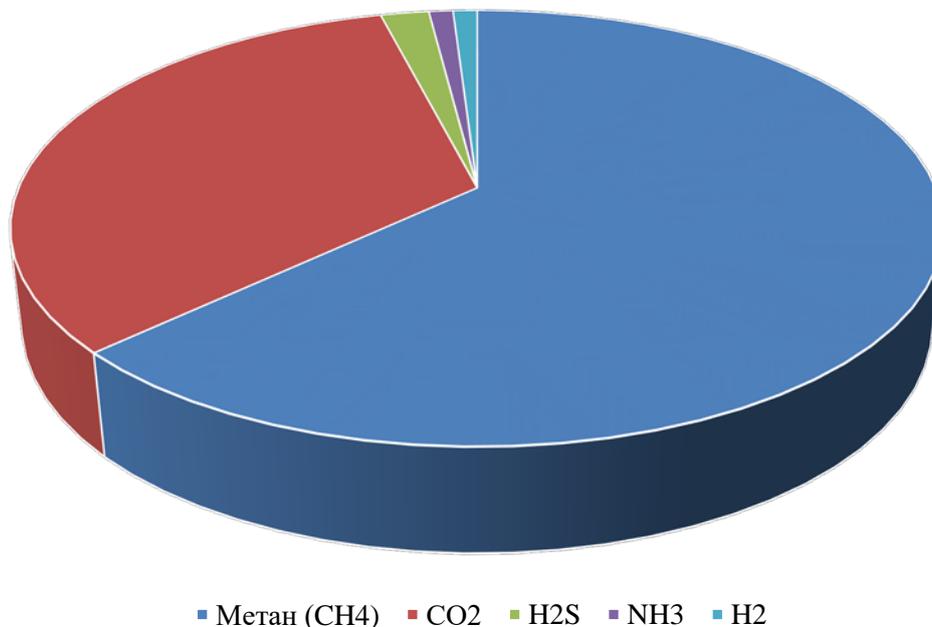


Рисунок 1 – Приблизительный состав биогаза

Существуют следующие виды биогаза: свалочный, сельскохозяйственный, промышленный и полученный с очистных сооружений [2].

Свалочный газ образуется естественным образом на свалках. Процесс его формирования происходит, когда большое количество органических отходов сваливается в одном месте. Ускорить этот процесс также позволяет изоляция данного органического материала, например, пленкой, создавая парниковый эффект и ограничивая доступ свежего воздуха. Бактерии на территории свалки перерабатывают органику, преобразовывая её в биогаз.

Сельскохозяйственный биогаз может быть получен из отходов жизнедеятельности животных на фермах или других органических отходов. В этом случае переработка позволяет улучшить циркуляцию питательных веществ

и снижает потребность использования синтетических удобрений для сельского хозяйства.

Биогаз сточных сооружений формируется в результате анаэробного распада органических веществ в процессе переработки и очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. В большинстве стран сбор и обработка хозяйственно-бытовых сточных вод производится в системах централизованной аэробной очистки сточных вод. Хотя очистные сооружения выделяют сравнительно небольшое количество метана, в тоже время они также вырабатывают большое количество твердых органических отходов, которые могут увеличить показатели выбросов метана. В случае, если сбор и очистка сточных вод либо вообще отсутствуют, либо выполняются в небольшом объеме, применяются в основном анаэробные системы, что приводит к большему объему выделений метана. К этим системам относятся отстойники, септики и выгребные ямы.

Отрасли, занимающиеся производством пищевых продуктов и напитков, обладают потенциалом для значительной экономии энергии, используя отходы процесса для генерации необходимой энергии. Такой подход выгоден для владельцев биогазовых установок, поскольку позволяет получать доход от продажи электроэнергии или сокращать затраты на импортируемую электроэнергию. Вдобавок, переработка отходов в энергию уменьшает расходы на транспортировку и утилизацию. Все эти факторы способствуют повышению эффективности, что, в свою очередь, снижает производственные издержки и усиливает конкурентоспособность.

В настоящее время ведутся разработки нового типа турбин, которые могли бы работать на биогазе. Для этих целей целесообразно модифицировать газотурбинную установку, поскольку основным топливом для такого вида оборудования является газ.

Возможность модификации турбины для биогаза основывается на сходстве его состава с природным газом. Природный газ преимущественно состоит из метана, содержание которого составляет от 87 % до 97 %. Необработанный биогаз содержит не более 65% метана, и, хотя большая часть остатка газа не участвует в процессе сгорания, фраза «возобновляемый или обедненный природный газ» для биогаза довольно точна. Соответственно, для повышения эффективности использования данного вида топлива удаляют примеси, как правило, это сероводород и силосаны для получения биометана, так как эти составляющие обладают агрессивными свойствами и могут стать причиной коррозии лопаток турбины. Далее газ сжимают и подают в качестве топлива в газовую турбину [1].

Области применения газотурбинных установок достаточно разнообразны: они могут использоваться в нефтегазовой отрасли, на производственных площадках, а также для бытовых нужд и в энергетических системах транспортных средств. Одним из ключевых преимуществ газотурбинных установок является низкое содержание вредных выбросов, таких как NO_x и CO , в выхлопных газах. Это позволяет безопасно устанавливать и эксплуатировать оборудование даже в городских условиях, вблизи жилых зон [3].

Газотурбинные установки на электростанциях в качестве основного типа двигателя для привода электрогенераторов применялись первоначально в районах с доступом к природному газу. Благодаря своей способности к быстрому пуску, они также используются для сглаживания пиковых нагрузок в энергосистемах во время кратковременных периодов максимального потребления. Основным топливом для газовой турбоустановки является природный газ, в частности – метан, который может составлять до 98 %. Таким образом, размещение ТЭС и мини-ТЭЦ с газотурбинными установками на биотопливе будет рационально в местах непосредственной переработки органических отходов: свалках, вблизи ферм и очистных сооружений.

Использование газотурбинных установок (ГТУ) в рамках мини-ТЭЦ является экономически обоснованным, особенно в сочетании с системами утилизации, которые позволяют применять тепло отработанных газов для нужд теплофикации.

Главное достоинство ГТУ – ее компактность. Прежде всего, в ГТУ отсутствует паровой котел, который имеет значительные габариты и требует отдельного помещения или системы помещений для установки.

ГТУ не требует охлаждающей воды. Как следствие, в тепловой схеме отсутствует конденсатор и система технического водоснабжения с насосной установкой и градирней (при оборотном водоснабжении). Все перечисленные факторы способствуют снижению стоимости 1 кВт установленной мощности газотурбинной электростанции, тем не менее, само изготовление ГТУ, ввиду своей технической сложности, стоит в 3-4 раза больше цены на паровые турбины аналогичной мощности.

Принцип работы установки прост: природный газ смешивается с воздухом и попадает в камеру сгорания под большим давлением – от 20 атмосфер. Внутри камеры сгорания находятся горелки, которые поджигают смесь. Далее новые порции газа, поступающие в камеру, зажигаются от высоких температур.

После выхода из камеры сгорания нагретый газ переходит в область более низкого давления. В этой зоне газ расширяется и, соответственно, интенсивно ускоряется, приводя в движение установленные на дисках лопатки турбины. Эти диски соединены с вращающимся валом и образуют ротор. Роль статора выполняют неподвижные сопловые лопатки, которые располагаются вокруг ротора. Они направляют газ к лопаткам ротора под оптимальным углом, уменьшая турбулентность потоков газа и способствуя повышению КПД. Принципиальная схема ГТУ представлена на рисунке 2.

В настоящее время существуют компании, которые уже производят турбины для параметров отработки биогаза, некоторые из них уже активно используются. Например, микрогазовые турбины, работающие на биогазе, полученном с водоочистных станций, установлены в Мариямполе (Литва), Джейнсвиле (Висконсин, США), Йорк (Пенсильвания, США) [4].

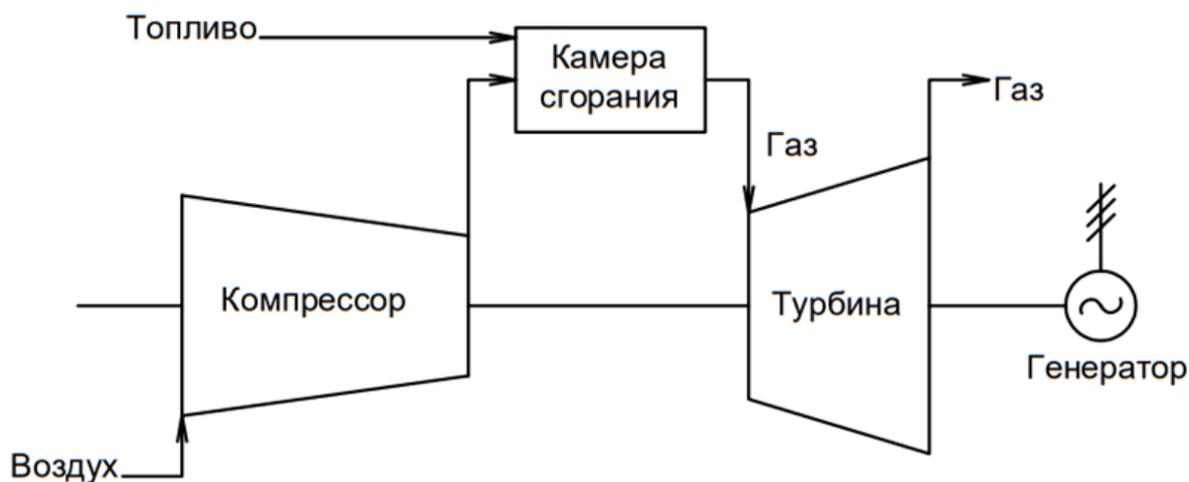


Рисунок 2 – Принципиальная схема ГТУ

На юго-западе Литвы расположена ТЭС, которая утилизирует биогаз водоочистных сооружений города. На станции установлена микротурбинная установка Capstone C200 мощностью 200кВт, а также теплоутилизатор IVAR Industry14T12R мощностью 245 кВт. Данная установка является хорошей альтернативой для устаревших газопоршневых агрегатов (ГПУ) меньшей мощности, которые были демонтированы. Применение турбинных установок на биогазе выявило ряд преимуществ: эффективность работы микротурбин связана в первую очередь с более простым управлением установок, неприхотливым обслуживанием и меньшими затратами на расходные материалы (воздушные фильтры и т.д.). Сервисные работы в случае турбин на биогазе проводятся реже (примерно раз в год). Более того, микротурбины имеют преимущество перед газопоршневыми установками за счет использования топлива более низкого качества. Биогаз в своем составе содержит не более 65 % метана и около 0,3 % сероводорода, такое содержание последнего элемента ранее могло вызвать неполадки работы, коррозию и снижение эффективности всей системы, поскольку для старых установок были иные требования: метана должно было быть не менее 80 %, а сероводорода не более 0,1 %. Количество перерабатываемого биогаза варьируется в зависимости от степени загрязнения сточных вод, по статистике такая станция перерабатывает от 1500 до 2500 nm^3 ежедневно.

В Джейнсвиле на городской водоочистой станции установлено 5 микротурбин фирмы Capstone, работающих на биогазе. Четыре из них мощностью 65кВт и одна – 200 кВт. В среднем станция очищает около 47 320 m^3 воды за сутки и вырабатывает почти 3 000 m^3 биогаза. По сравнению с ранее установленными на станции газопоршневыми двигателями, которые требовали довольно частой замены масла и дорогостоящего технического обслуживания, микротурбины на биогазе имеют преимущество, так как они более простые и дешевые в обслуживании при приблизительно одинаковой выработке электроэнергии. Настройка работы таких турбин производится автоматически для оптимального производства электричества в пиковые часы. Во время наименьших нагрузок или при необходимости система автоматического

управления может распределять нагрузку между установками: отключить или включить турбину в зависимости от количества биогаза и необходимости его переработки.

Водоочистная станция Йорка была одним из первых предприятий, на котором установили новый тип газопоршневых установок, работающих на биогазе, общей мощностью 1 530 кВт. Кроме экономичности новые установки также имеют отличные экологические характеристики. Уровень выбросов этих установок составляет не более, чем 450 кг в год, в то время как привычные ГПУ выбрасывают около 60-80 тонн оксидов азота (NO_x), угарного газа (CO) и оксидов серы (SO_x). Также кроме электричества, микротурбинные установки также вырабатывают и тепловую энергию, которая идет на собственные нужды производства – отопление помещений станции, подогрев метантенков (устройств для анаэробного брожения жидких органических отходов с получением метана).

Заключение

Газовые турбины или газопоршневые микротурбины, работающие на биогазе, представляют собой перспективное направление в области энергетики, предлагая эффективное и устойчивое решение для комбинированной выработки электрической и тепловой энергии. Такие турбины могут быть интегрированы в существующие энергетические системы, что говорит об их мобильности и делает их актуальными для решения задач, связанных с энергетической безопасностью и экологической устойчивостью. Преимущества турбинных установок на биогазе или биометане заключаются в высокой эффективности, экономичности, низком уровне выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду и возможности работы в различных режимах. Развитие и внедрение газовых турбин на биотопливе имеет потенциал не только для улучшения энергообеспечения, но и для сокращения негативного воздействия на экологию.

Литература

1. Биогаз: преимущества, технологии производства, использование [Электронный ресурс] / Биогаз: преимущества, технологии производства, использование. – Режим доступа: <https://www.renweh.ru/ru/ii/biogaz/>. – Дата доступа: 14.10.2024.
2. Биогаз – Турбины Aurelia [Электронный ресурс] / Биогаз – Турбины Aurelia. – Режим доступа: <https://aureliaturbines.com/applications/biogaz/>. – Дата доступа 14.10.2024.
3. Устройство и действие энергетических установок. Кн. 2. Газовые турбины. Теплообменные аппараты: учебное пособие / В.В. Сахин; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2015. – 133 с.
4. Микротурбины на биогазе для водоочистных станций [Электронный ресурс] / Микротурбины на биогазе для водоочистных станций. – Режим доступа: <https://distrngen-news.livejournal.com/2325.html> /. – Дата доступа: 14.10.2024.