

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR
VAZIRLIGI
МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН

INFORMATIKA VA ENERGETIKA MUAMMOLARI

3·2024

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ

*Журнал под таким названием издается с января 1992 г.
по 6 номеров в год*

Fan va texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi
ТАШКЕНТ— 2024

ЭНЕРГЕТИКА

УДК 62.173

Н.Р. АВЕЗОВА, А.У. ВОХИДОВ, Н.Н. ДАЛМУРАДОВА, О.Д. МЕИРБЕКОВА

КРАТКИЙ ОБЗОР КОГЕНЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В настоящей статье представлен краткий обзор инженерно-технических решений по разработке и применению когенерационных систем для одновременной генерации тепловой и электрической энергии с использованием не возобновляемых и возобновляемых источников, в частности, топлива на основе биогаза. Анализируются несколько типов когенерационных установок, включая установки на базе газо поршневых двигателей и двигателей Стирлинга, которые комбинируют различные источники энергии, что позволяет повысить общую эффективность и уменьшить потери энергии в системе в целом.

Ключевые слова: когенерационные установки, газопоршневые двигатели, двигатель Стирлинга, биогазовая установка, возобновляемые источники энергии, газотурбинный двигатель, газодизельная энергетическая установка, тепловая и энергетическая эффективность.

N.R. Avezova, A.U. Voxidov, N.N. Dalmuradova, O.D. Meirbekova

Issiqlik va elektr energiyasini olish uchun kogeneratsion tizimlar bo'yicha qisqacha tahlil

Mazkur maqolada qayta tiklanmaydigan va qayta tiklanadigan manbalardan, xususan, biogaz yoqilg'isidan foydalangan holda bir vaqtning o'zida issiqlik va elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun kogeneratsion tizimlarini ishlab chiqish va qo'llash bo'yicha muhandislik-texnik yechimlar yuzasidan qisqacha tahlil keltirilgan. Kogeneratsion qurilmalarning bir nechta turlari, shu jumladan, turli xil energiya manbalarini birlashtirish orqali tizimdagi umumiy samaradorlikni oshirishga va umuman olganda tizimdagi energiya yo'qotilishini kamaytirishga imkon beruvchi gaz porshenli va Stirling dvigatellariga asoslangan qurilmalar tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: kogeneratsion qurilmalar, gaz porshenli dvigatellar, Stirling dvigateli, biogaz qurilmasi, qayta tiklanadigan energiya manbalari, gaz turbinali dvigatel, gaz dizel elektr stansiyasi, issiqlik va energiya samaradorligi.

N.R. Avezova, A.U. Vohidov, N.N. Dalmuradova, O.D. Meirbekova

A brief overview of cogeneration systems for producing heat and electric energy

This report provides a brief overview of engineering and technical solutions for the development and application of cogeneration systems for simultaneous generation of thermal and electric energy using non-renewable and renewable sources, in particular, biogas-based fuels. Several types of cogeneration plants are analyzed, including installations based on gas piston engines and Stirling engines, which combine various energy sources, which allows to increase overall efficiency and reduce energy losses in the system as a whole.

Keywords: cogeneration plants, gas piston engines, Stirling engine, biogas plant, renewable energy sources, gas turbine engine, gas-diesel power plant, thermal and energy efficiency.

Введение. Генерация электроэнергии и теплоты на установках с применением возобновляемых источников энергии (ВИЭ) является одним из быстро развивающихся направлений служит в энергетике. Одним из наиболее перспективных направлений комбинированное использование не возобновляемых и ВИЭ. Использование биогаза в качестве топлива возможно как при его сжигании в котлах для производства теплоты в виде пара или жидкого теплоносителя, так и при сжигании в камерах сгорания газотурбинных установок и в цилиндрах газопоршневых агрегатов. Биогазовые установки могут быть использованы также в сочетании с другими установками для генерации энергии, такими, например, как бестопливные установки на базе детандер-генераторных агрегатов и тепловых насосов, для повышения их эффективности.

Использование kogenerационных систем, работающих на ВИЭ, способствует устойчивому развитию энергетике, уменьшению углеродного следа и улучшению общей экологической ситуации.

Отметим, что комбинированные установки предлагаются как решение для различных условий эксплуатации, включая возможность адаптации к изменяющимся нагрузкам и требованиям, что особенно важно для регионов с нестабильными источниками энергоснабжения.

В данном обзоре рассматривается kogenerационная система для одновременной генерации тепловой и электрической энергии (ЭЭ) с использованием ВИЭ, в частности, биогаза. Анализируются несколько типов kogenerационных установок, включая установки на базе газопоршневых двигателей и двигателей Стирлинга, которые комбинируют различные источники энергии (возобновляемые и не возобновляемые), что позволяет повысить общую эффективность и уменьшить потери энергии.

Текущий обзор рассматривает несколько типов kogenerационных энергетических установок, в том числе:

- установки на основе газопоршневых двигателей (включая метантенк-реактор и вихревой теплогенератор);
- установки с двигателем Стирлинга, работающие на местном топливе (древесина, торф и горючие сланцы);

- биогазовые установки для переработки навоза и органических отходов;
- комбинированные газотурбинные установки (ГТУ) с множеством компонентов и повышенной эффективностью;
- газодизельные энергетические установки с плазменным реактором.

Отметим, что КПД когенерационные установки достигают до 50% в зависимости от условий работы. Установки на базе газопоршневых двигателей и двигателей Стирлинга имеют различные комбинации для повышения общей эффективности. В автономной ГТУ и других установках предусмотрены системы для минимизации потерь энергии (например, утилизация отработанных газов).

Приведем результаты исследований по патентному поиску, а также описание и основные моменты наиболее научно весомых разработок по когенерационным системам для одновременной генерации тепловой и ЭЭ.

Основная часть. Согласно [1], представлена когенерационная установка, содержащая газо поршневой двигатель внутреннего сгорания (ДВС) 1, систему утилизации теплоты 4, метантенк-реактор 26, вихревой теплогенератор 11, устройство для получения ЭЭ с использованием низкопотенциальных теплоносителей 7 и аварийно-вспомогательную теплоэнергетическую установку с дизельным ДВС 9.

Насос 3 системы охлаждения газопоршневого ДВС соединен с теплообменником – утилизатором теплоты газопоршневого ДВС 4. Циркуляционный насос системы утилизации теплоты 12 соединен с теплообменниками этой системы 5 и теплообменником – утилизатором теплоты вихревого теплогенератора 6.

Отработанные газы газопоршневого ДВС подводятся к теплообменнику – утилизатору их теплоты 13, после которого направляются в устройство для получения ЭЭ 2 с использованием низкопотенциальных теплоносителей 7.

Отработанные газы также частично подводятся к метантенку-реактору 26. Вырабатываемый метантенком-реактором биогаз через обратный клапан 19 подводится к газопроводу природного газа 29. Аварийно-вспомогательная теплоэнергетическая установка с дизельным ДВС 9 через обратный клапан 28 подсоединена к системе охлаждения газопоршневого ДВС. Воздушный радиатор для утилизации теплоты газопоршневого ДВС 13 через трехходовой кран 14 подсоединен к системе охлаждения газопоршневого ДВС. Воздуховод воздушного радиатора соединен с устройством для получения ЭЭ с использованием низкопотенциальных теплоносителей. Передача теплоты потоку жидкости, подается к ним по гидролиниям 22 циркуляционным насосом системы утилизации теплоты 12.

Данная установка предназначена для реализации следующих задач:

- одновременной выработки тепловой и ЭЭ;
- выработки только тепловой энергии;
- выработки только ЭЭ.

Кроме того, она должна обладать полной автономностью и независимостью с возможностью осуществления своей работы в аварийных ситуациях.

На рис.1 изображены принципиальная схема когенерационной установки. Принцип работы описан в [1].

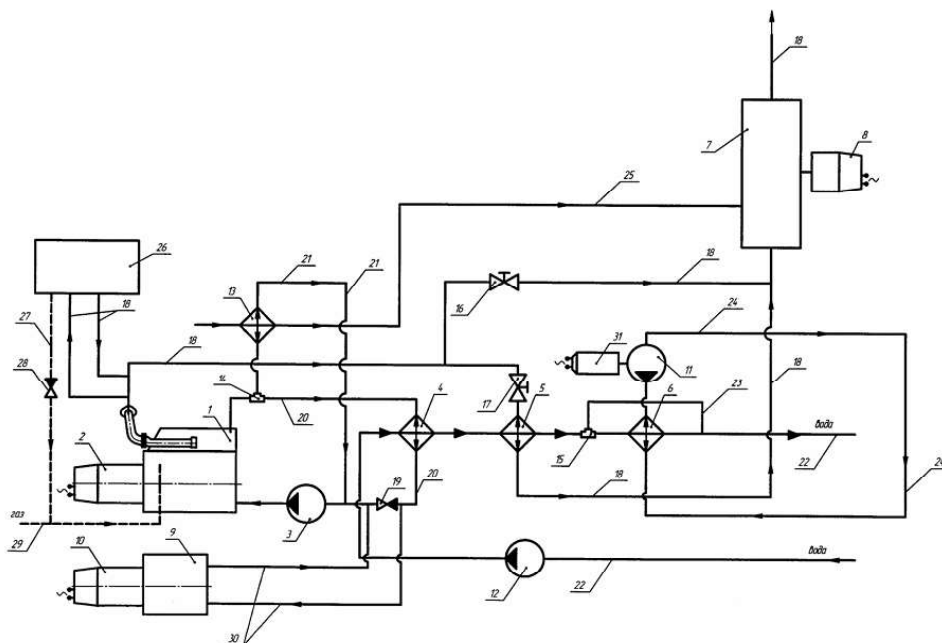


Рис. 1. Принципиальная схема когенерационной установки с газопоршневым ДВС [1]

Следует отметить, что данная когенерационная установка лишена такого недостатка как потеря значительной части энергии с отработавшими газами на режимах её работы, когда требуется только ЭЭ. Однако в рассматриваемой когенерационной установке присутствует такой недостаток, как невозможность высокоэффективной выработки только тепловой энергии. С полным описанием и принципом работы данной установки можно ознакомиться в [1].

Авторами [2] разработана и предложена когенерационная установка с двигателем Стирлинга на местном топливе, включающая в себя двигатель Стирлинга 1 с электрогенератором 2 на одном валу, систему охлаждения 3 двигателя Стирлинга 1, имеющую в своем составе насос 4 и теплообменник-охладитель 5, через который проходит магистраль подачи воздуха 6, систему 7 внешнего теплоснабжения с теплообменником-утилизатором теплоты отработанных газов 8, насосом 9, потребителем тепла 10 и теплообменником предварительного подогрева 11, через который система внешнего теплоснабжения 7 связана с системой охлаждения двигателя Стирлинга 3, магистраль отработанных газов 12, газогенератор 13, обеспечивающий производство генераторного газа из различных видов местного топлива, магистраль генераторного газа 14, соединяющего газогенератор 13 с камерой сгорания 15, двигатель Стирлинга 1 и магистраль частичного возврата отработанных газов 16 с регулирующим клапаном 17. Система охлаждения двигателя 3 проходит через холодильник двигателя Стирлинга 18, при этом наличие насоса в системе внешнего теплоснабжения обеспечивает движение теплоносителя последовательно через теплообменник предварительного подогрева и теплообменник-утилизатор теплоты отработанных газов, где в качестве местного топлива могут применяться древесина, торф и горючие сланцы (рис.2).

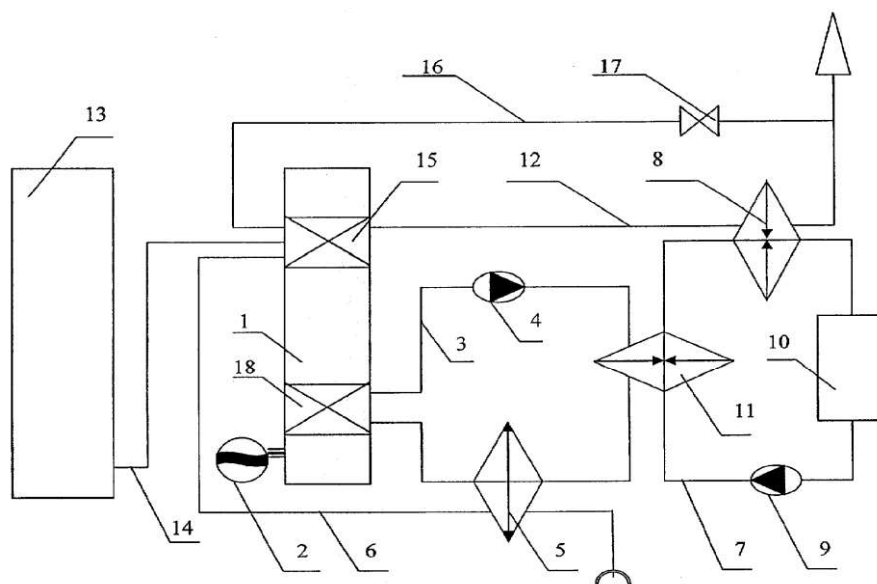


Рис. 2. Когенерационная установка с двигателем Стирлинга на местном топливе: [2]

Введение в состав когенерационной установки с двигателем Стирлинга на местном топливе газогенератора, обеспечивающим производство генераторного газа и магистрали частичного возврата отработанных газов в камеру сгорания двигателя Стирлинга, позволяет получить новое свойство, заключающееся в возможности использования для работы Стирлинга различных видов местного топлива, увеличения долговечности работы камеры сгорания и нагревателя двигателя Стирлинга за счет снижения температуры горения генераторного газа вследствие подвода в камеру сгорания отработанных газов. С полным описанием и принципом работы данной установки можно ознакомиться в [2].

В работе [3] предложена биогазовая установка (БГУ) для переработки навоза, содержащая биореактор с последовательно сообщающимися емкостями с переливными перегородками 5, снабженная трубопроводами для подачи навозного субстрата 6 и отвода сброженной массы 4, подогревателями 9, перемешивающими устройствами и устройством для сбора и отвода биогаза 7. При этом биореактор состоит из основной емкости реактора и пяти кольцевых емкостей дозревателей 1, выполненных из железобетонных конструкций, и на дне каждой емкости установлены трубчатые подогреватели 9. Перегородки кольцевых емкостей дозревателей снабжены переливными окнами 11, расположенными диаметрально противоположно и на разной глубине, а над биореактором установлен газгольдер 13, нижний край кольца 12 которого погружен в гидрозатвор 2. На наружной стороне кольца приварен опорный диск 14 газгольдера, вращающийся на четырех ручейковых роликах 15, два из которых жестко закреплены в фундаменте, а два являются компенсаторами 16, кроме того, внутри кольца газгольдера установлены крестообразные распорки 17, к которым закреплены жесткая мешалка 18 для основной емкости реактора 3 и цепочные 19 для кольцевых емкостей дозревателей 1, при этом перегородки кольцевых емкостей дозревателей выполнены из биметалла 23, причем материал 24 биметалла перегородки со стороны наличия сброшенного субстрата имеет коэффициент теплопроводности, в 2.0–2.5 раза превышающий коэффициент теплопроводности материала 25 со стороны последующего дозревателя, жесткая мешалка 18 для основной емкости реактора и цепочные 20 для кольцевых емкостей дозревателей соединены с мотор-редуктором 22, выполненным в виде привода с регулятором скорости вращения 27, который связан с регулятором температуры 28 и датчиком температуры 29, расположенным в основной емкости реактора 3, при этом регулятор температуры 28 включает

блоки сравнения 30 и задания 31, электронный 32 и магнитный усилители 33, блок нелинейной обратной связи 34. Кроме того, регулятор скорости вращения 27 выполнен в виде блока порошковых электромагнитных муфт.

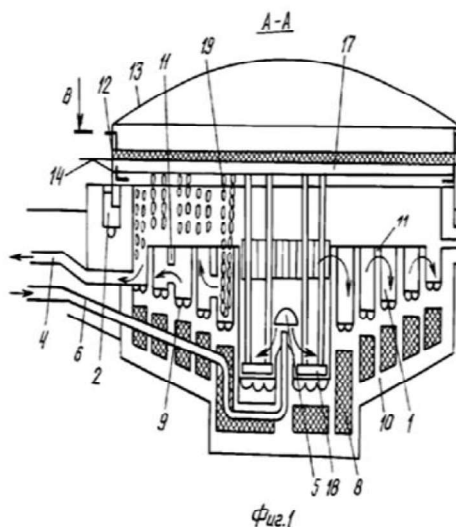


Рис. 3. Принципиальная схема БГУ с системой автоматического контроля температур, представленная в [3]

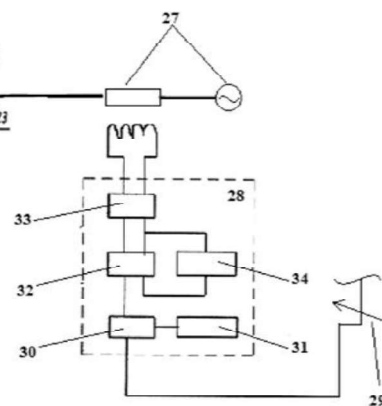


Рис. 4. Разрез части В, представленной на рис. 3 в работе[3]

С полным описанием и принципом работы данной установки можно ознакомиться в [3].

Оригинальность предложенного технического решения заключается в обеспечении получения качественного готового продукта при длительной эксплуатации с изменяющейся до низких значений температурой ОС в БГУ за счет поддержания нормированного термофильного температурного режима переработки навоза путем покрытия наружной поверхности газгольдера тонковолокнистым базальтовым материалом в виде витых пучков, продольно вытянутых от кольца к его вершине.

В работе [4] представлена разработка БГУ для переработки органических отходов в биогаз и биоудобрения, которая включает биореактор 3, с техническим люком 4 и теплоизоляцией 5, газовый водонагреватель 6 с расширительным баком 7, патрубок выхода биогаза 24, циркуляционный насос 16, приемную емкость для биомассы 1, кожухотрубный теплообменник 13, трубопровод 8 подачи теплоносителя и трубопровод 9 возврата теплоносителя с вентилем 10 для регулирования объема подачи теплоносителя, трубопровода 9 с кожухотрубным теплообменником 13. Биореактор снабжен водяной рубашкой 11 с вентилем 12 для регулирования соединения и турбинной мешалкой 2. Причём кожухотрубный теплообменник 13 соединен с биореактором 3 трубопроводом загрузки биомассы 14, имеющим задвижки 15 и 21, а циркуляционный насос 16 соединен с биореактором трубопроводом выгрузки субстрата 20, приемная емкость биомассы трубопроводами 17 соединена через циркуляционный насос с кожухотрубным теплообменником 13. Газовый водонагреватель 6 снабжен горелкой 26. Установка также снабжена водопроводом 27 с краном 28 для подачи воды в приемную емкость 1, краном 29, связанным с водопроводом 30, предназначенным для пополнения системы теплоснабжения водой. Предлагаемая установка обеспечивает активацию метаногенного брожения во всем объеме загружаемого субстрата с постоянной температурой и при перемешивании всего объема субстрата.

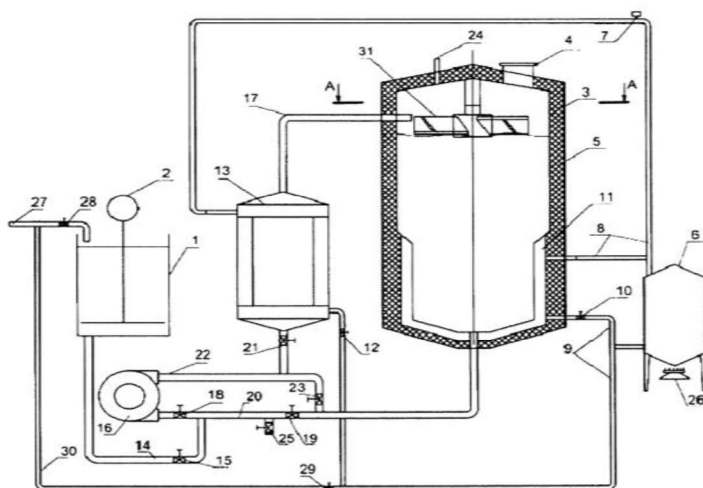


Рис. 5. Принципиальная схема БГУ переработки органических отходов в биогаз и биоудобрения [4]

Данная БГУ отличается тем, что она дополнительно снабжена приемной емкостью для биомассы и кожухотрубным теплообменником, причем кожухотрубный теплообменник установлен между циркуляционным насосом и биореактором и связан с ними трубопроводами, где кожухотрубный теплообменник соединен с биореактором трубопроводом загрузки биомассы, а циркуляционный насос соединен с биореактором трубопроводом выгрузки субстрата, причем приемная емкость биомассы трубопроводами соединена через циркуляционный насос с кожухотрубным теплообменником. Кроме того, биореактор дополнительно снабжен водяной рубашкой и турбинной мешалкой, установленной на уровне трубопровода загрузки биомассы и приводимой в движение потоком биомассы.

БГУ данного вида позволяет обеспечить наибольший выход биогаза, а простота конструкции обеспечивает надежность и стабильность работы и использование его в агропромышленном комплексе для получения из органических отходов биогаза и удобрений.

Основной задачей работы [5] является увеличение объема вырабатываемого биогаза и улучшение качества биоудобрения. Данная задача решается установкой для получения биогаза и биоудобрения из навоза с использованием ВИЭ и опилок камышитовых растений, содержащей смеситель, теплоизолированный биореактор с загрузочным и выгрузочным клапанами, электрической мешалкой, газгольдер, блок ВИЭ с аккумулятором, теплообменником, мультипликатором и генератором, где установка дополнительно снабжена центрифугой и горелкой, а смеситель бункером для подачи опилок из камышитовых растений (рис.6).

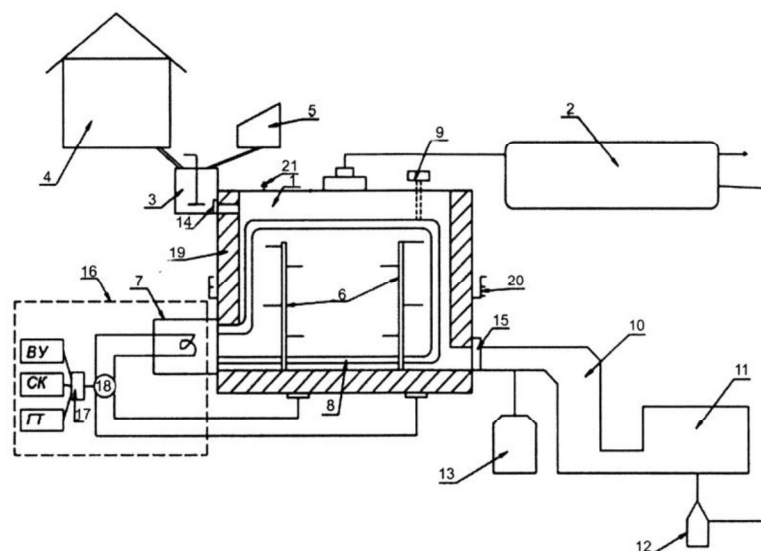


Рис. 6. Установка для получения биогаза и биоудобрения из навоза с использованием ВИЭ и опилок камышитовых растений [5]

Установка содержит биореактор 1 с тефлоновым покрытием, газгольдер 2, смеситель 3, куда подают навоз из коровника 4 и опилки из камышитовых растений из емкости 5 в определенных пропорциях, мешалку биореактора 6, теплоаккумулятор 7, теплообменник 8, оборудованный расширительным баком 9, ёмкости для жидкого 10 и сухого 11 биоудобрения, газовую горелку 12, центрифугу 13, клапаны 14, 15 и блок источников возобновляемой энергии 16, куда входит мультипликатор 17 и генератор 18. Биореактор утеплен минеральной ватой 19, снабжен термометрами 20 и предохранительным клапаном 21.

Установка автономная, источниками тепловой и ЭЭ являются возобновляемые энергоресурсы, которые через многоступенчатый мультипликатор попеременно могут обеспечить работу генератора. Использование опилок из камышитовых растений улучшает процесс метаболитов и качество биоудобрения, увеличивает возможность ее использования и способствует сокращению времени брожения.

Предлагаемая установка решает выполнение технического результата, выражающегося в следующем:

- увеличение объема вырабатываемого биогаза, в том числе в холодное время года, за счет использования внешнего источника энергии от возобновляемых ресурсов (солнце, вода, ветер);
- улучшение качества биоудобрения за счет использования опилок из камышитовых растений при предварительной подготовке биомассы;
- снижение затрат ЭЭ за счет уменьшения времени на образование корки.

Использование опилок из камышитовых растений при предварительной подготовке навоза путем их смешивания в определенных пропорциях улучшает качество биоудобрения, так как в тростнике содержатся витамин С, каротин, крахмал, углеводы и белки. Эти вещества улучшают структуру почвы, склеивая бесструктурные частицы в комочки и создавая свободное пространство между ними. Структурная почва имеет лучшую водопроницаемость, дольше сохраняет тепло и удерживает питательные вещества. Такое биоудобрение менее вредно для окружающей среды, так как меньше загрязняет подземные воды. Кроме того, при добавлении в навоз опилок из камышитовых растений уменьшается время сбраживания субстрата в реакторе и снижается процесс образования корки.

Технологический процесс функционирования установки отображает связь таких основных технологических операций, как:

- подготовка навоза к загрузке;
- загрузка опилок из камышитовых растений в смеситель;
- загрузка субстрата в биореактор;
- обеспечение температурного режима, равномерного распределения биомассы и герметичности биореактора;
- накопление биогаза и подачи его к потребителю;
- выгрузка биоудобрения и разделение ее на фракции.

Преимущества предлагаемой установки:

- автономность;
- источниками тепловой и ЭЭ являются возобновляемые энергоресурсы, которые через многоступенчатый мультипликатор попеременно могут обеспечить работу генератора;
- использование опилок из камышитовых растений улучшает процесс метагенеза и качество биоудобрения, увеличивает возможность ее использования и способствует сокращению времени брожения.

Предлагаемая установка предварительным накоплением тепловой энергии от ВИЭ повышает эффективность переработки биомассы.

В работе [6] авторами предлагается комбинированная газотурбинная энергетическая установка (ГТЭУ) для выработки ЭЭ и теплоты, содержит компрессор 1, основную камеру сгорания 2, камеру сгорания промежуточного подогрева 3, газовую турбину 4, электрогенератор переменного тока 5, горячие шиберы 6, рекуператор 7 и утилизационный подогреватель воды 8, а также воздушную турбину 10, соединенную с дополнительно введенным воздушным компрессором 9 и электрогенератором переменного тока 11, снабженную дополнительным утилизационным подогревателем воды 12. Газовая и воздушная турбины могут быть выполнены из двух отсеков, соединенных с электрогенераторами. Для обеспечения более гибких и оптимальных режимов совместной выработки тепловой и ЭЭ в зависимости от сезонных условий на выхлопном тракте за газовой турбиной установлены горячие шиберы (рис.7).

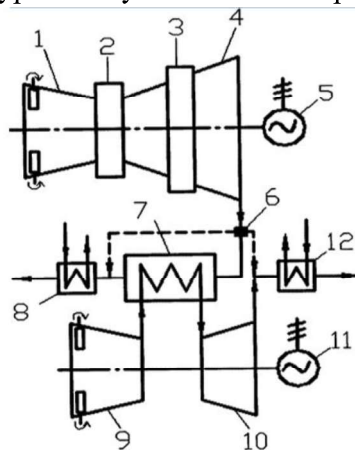


Рис. 7. Схема комбинированной ГТЭУ для выработки ЭЭ и теплоты [6]

Представленная схема позволяет обеспечить КПД установки в %: 46, при температуре газа перед турбиной за основной камерой сгорания 1373К, температуре перед турбиной за камерой сгорания промежуточного подогрева 1173К, степени регенерации 0.85–0.90%, температуре атмосферного воздуха +5°C; а при температуре газа перед турбиной за основной камерой сгорания 1473К и температуре атмосферного воздуха 0...-5°C КПД возрастает до 48–50%.

Следует отметить, что комбинированная ГТЭУ для выработки электроэнергии и теплоты, отличается дополнительной воздушной турбиной, соединенной с дополнительно введенным воздушным компрессором и электрогенератором переменного тока, и снабжен утилизационным подогревателем воды, а также газовая и воздушная турбины выполнены из двух отсеков, соединенных с электрогенераторами.

Автором следующей разработки была предложена БГУ, включающая цилиндрическую приемную емкость, газосборник, средство отбора газа с краном, устройство для перемешивания биомассы, устройство подогрева биомассы [7]. Основная отличительная сторона в том, что цилиндрическая приемная емкость 1 состоит из сборно-разборного каркаса 2 прямоугольной формы, которая может быть выполнена из металлической или пластмассовой сетки, установленной на основании 3, выполняющего функцию дна, на котором расположен утеплитель 4. При этом по верхнему краю сборно-разборного каркаса приемной емкости закреплен смягчающий элемент 5, предохраняющий от повреждения рукав из полиэтилена 6, предназначенный для загрузки биомассы 7, рукав вставлен внутрь сборно-разборного каркаса и расправлен по внутренней поверхности сборно-разборного каркаса, нижний конец 8 рукава собран в нижний пучок 9 и соединен с упругим элементом 10, выполненным в виде резинового жгута, на нижнем конце 11 которого закреплен фиксатор 12, нижний пучок 9 рукава 6 и нижний конец 13 упругого элемента 10 соединены хомутом 14 и помещены на основании приемной емкости в центре утеплителя, верхний конец 15 рукава собран в верхний пучок 16 вокруг трубки для отбора газов 17, с нижним 18 и верхним концом 19, верхний пучок закреплен хомутом 20 на трубке 17, причем на нижнем конце 18 трубки для отбора газов закреплен поршень 21, в нижний конец трубки для отбора газов вставлен упругий элемент 10 верхним концом 22 и зафиксирован фиксатором 23, на трубке 17 выполнены отверстия 24 и установлен перепускной клапан 26, кроме того, на верхнем конце 19 трубки 17 установлен кран для перекрытия газа 27 в отсутствие необходимости его использования, снаружи на приемной емкости закреплен пленочный инфракрасный нагреватель 28, утепленный утеплителем 29, покрытый полиэтиленовой пленкой 30, необходимая температура поддерживается терморегулятором 31 (рис.8).

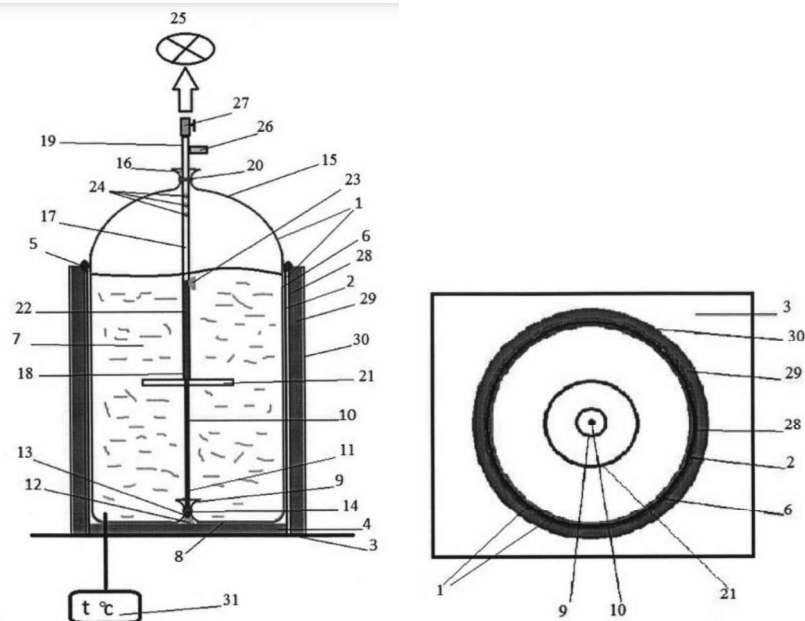


Рис. 8. БГУ: а – вид спереди устройства в разрезе; б – вид сверху в разрезе [7]

Как показали эксперименты, рост метана до концентрации, позволяющей ему воспламеняться, происходит в течение 7–10 суток. После 30–40 дней брожения освобождается 2/3 объема приемной емкости 1 и на их место загружают новую биомассу 7, доведенную до жидкого состояния. Из приведенного примера видно, что представленный технический результат достигнут: упрощены транспортировка устройства и его монтаж-демонтаж.

Авторами работы [8] предложена когенерационная ГТЭУ, которая может быть использована при разработке отопительных газотурбинных установок для теплоцентрали (ГТУ-ТЭЦ) и направлена на повышение тепловой экономичности при совместном прохождении графиков тепловой и электрической нагрузок.

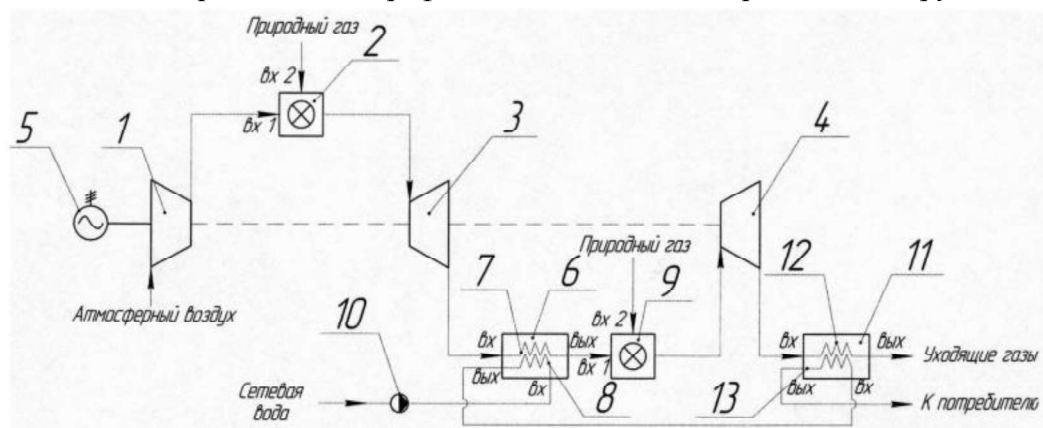


Рис. 9. Принципиальная схема когенерационной ГТЭУ [8]

Когенерационная ГТЭУ (рис. 9.) содержит компрессор 1, камеру сгорания 2, газовую турбину высокого давления 3, газовую турбину низкого давления 4, электрогенератор 5, теплообменное устройство 6, содержащее горячий контур теплоносителя 7 и холодный контур теплоносителя 8, дополнительную камеру сгорания 9, сетевой насос 10, газодводяной теплообменник 11, содержащий собственные горячий контур теплоносителя 12 и холодный контур теплоносителя 13. Выход компрессора 1 соединен с первым входом камеры сгорания 2, второй вход которой выполнен с возможностью подачи природного газа. Выход камеры сгорания 2 соединен с входом газовой турбины высокого давления 3, выход которой соединен с входом горячего контура теплоносителя 7 теплообменного устройства 6. Выход горячего контура теплоносителя 7 теплообменного устройства 6 соединен с первым входом дополнительной камеры сгорания 9, второй вход которой выполнен с возможностью подачи природного газа. Выход дополнительной камеры сгорания 9 соединен с входом газовой турбины низкого давления 4. Выход газовой турбины низкого давления 4 соединен с входом горячего контура теплоносителя 12 газодводяного теплообменника 11. Сетевой насос 10 подключен к входу холодного контура теплоносителя 8 теплообменного устройства 6. Выход холодного контура теплоносителя 8 теплообменного устройства 6 соединен с входом холодного контура теплоносителя 13 газодводяного теплообменника 11.

Техническая задача, решаемая предлагаемой схемой, заключается в повышении выработки электроэнергии на тепловом потреблении при прохождении годовых графиков тепловой и электрической нагрузок.

Технический результат заключается в повышении тепловой экономичности при совместном прохождении графиков тепловой и электрической нагрузок.

Это достигается тем, что предлагаемая когенерационная газотурбинная энергетическая установка, содержащая компрессор, камеру сгорания, газовую турбину высокого давления, соединенные последовательно, газодводяной

теплообменник, электрогенератор, механически соединенный с компрессором, сетевой насос, снабжена последовательно соединенными теплообменным устройством, содержащим взаимодействующие между собой посредством теплообмена горячий и холодный контуры теплоносителей, дополнительной камерой сгорания, газовой турбиной низкого давления, причем вход горячего контура теплоносителя теплообменного устройства, рабочим телом которого являются частично отработавшие продукты сгорания, подсоединен к выходу из газовой турбины высокого давления, а его выход присоединен к первому входу дополнительной камеры сгорания, второй вход которой выполнен с возможностью подачи природного газа. Выход дополнительной камеры сгорания соединен с входом газовой турбины низкого давления, а ее выход соединен с входом горячего контура теплоносителя газовой теплообменника. Вход холодного контура теплоносителя теплообменного устройства подсоединен к выходу сетевого насоса, а выход холодного контура теплоносителя теплообменного устройства присоединен к входу холодного контура теплоносителя газовой теплообменника, рабочим телом которого является вода. Теплообменное устройство выполнено регулируемым.

В работе [9] авторами предлагается создание экономичной теплофикационной парогазовой установки (ПГУ) с паровым приводом компрессора с ее хорошей адаптацией при работе в отопительные периоды года при изменяющейся тепловой нагрузке теплофикационных потребителей, которая позволяет:

- в неотопительных режимах работы установки отключать эластичную разъемную муфту, дополнительную паровую турбину и сетевой подогреватель второй ступени, прекращая в них подачу пара;
- в отопительных режимах работы за счет сжигания дополнительного топлива в камере дожигания увеличивать паропроизводительность котла – утилизатора, подавать пар в дополнительную паровую турбину и сетевой подогреватель второй ступени, использовать полезную работу этой турбины для выработки электроэнергии;
- в отопительных режимах работы тепловую мощность установки и температуру подогрева сетевой воды можно изменять в соответствии с тепловой нагрузкой потребителей и температурным графиком теплосети.

Сущность технического решения поясняется чертежом, на котором приведена тепловая схема предлагаемой теплофикационной ПГУ (рис. 10). Теплофикационная ПГУ отличается тем, что в ней установлены основная и дополнительная противодавленческие паровые турбины 1, дополнительный паропровод перегретого пара и выхлопной паропровод дополнительной противодавленческой паровой турбины 3, камера сгорания 4, в котле-утилизаторе 13, по ходу газов размещены пароперегреватель 16, испаритель второй ступени 17, камера дожигания топлива 18, испаритель первой ступени 19, экономайзер 20, газовой подогреватель сетевой воды, при этом котел-утилизатор установлен с возможностью вырабатывать перегретый пар средних параметров 21, а пароперегреватель соединен паропроводом перегретого пара 7, 10 с входом основной противодавленческой паровой турбины 1, связанной общим валом с компрессором 2, ее выход первым выхлопным паропроводом 8 соединен с сетевым подогревателем первой ступени 5, запорный орган 11, расцепная муфта 12, дополнительный паропровод перегретого пара 23 связаны с входом дополнительной противодавленческой паровой турбины, выход которой соединен выхлопным паропроводом с сетевым подогревателем второй ступени 23, второй выхлопной паропровод 9, обратный трубопровод теплосети 26 связаны через сетевые подогреватели первой и второй ступеней, а также через газовой

подогреватель с прямым трубопроводом теплосети, первый вход деаэратора 22 связан по конденсату с сетевым подогревателем первой ступени, его второй вход соединен с прямым трубопроводом теплосети, выход деаэратора 22 связан трубопроводом питательной воды с питательным насосом с входом экономайзера, компрессор 2 связан валом с основной паровой турбиной, газовая турбина соединена одним валом с электрогенератором 6, а вторым валом через эластичную расцепную муфту с дополнительной паровой турбиной.

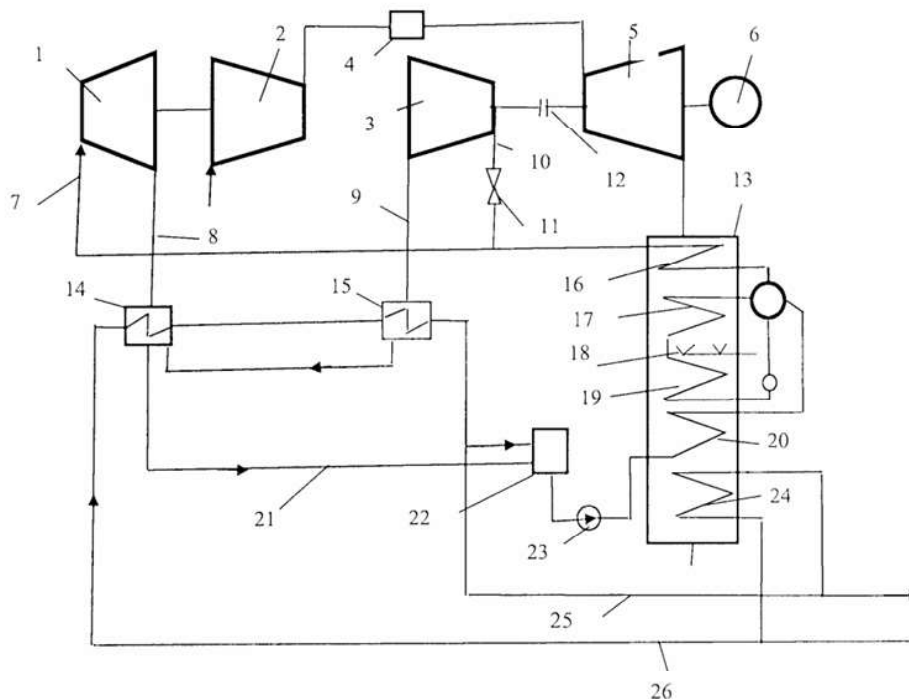


Рис. 10. Принципиальная схема теплофикационной ПГУ [9].

По [10], авторами разработана и предложена БГУ, которая включает герметичный вертикальный цилиндрический резервуар 1 со съёмным куполом 3 и днищем 4 в форме полусферы, а также технологические патрубки 14, 16. В резервуаре установлено барботажное перемешивающее устройство в виде спиралевидной перфорированной трубы 5. Спиралевидная труба расположена вдоль стен резервуара 1, причём её витки повторяют форму резервуара. В резервуаре также установлена вертикальная рамная мешалка 6 с вертикальными 8 и горизонтальными 7 лопастями. Нижняя горизонтальная лопасть 7 имеет радиус кривизны, соответствующий радиусу кривизны днища 4 резервуара. Отверстия на спиралевидной трубе 11 выполнены сквозными, вертикальными и на равном расстоянии друг от друга. Изобретение обеспечивает повышение производительности установки, увеличение выхода биогаза, а также простоту обслуживания и ремонта установки.

Биогазовая установка работает следующим образом (рис. 11). Для создания анаэробности сбраживания в резервуар 1 через загрузочный патрубок 14 заливают воду до верхнего уровня купола 3. Далее часть воды сливают из резервуара 1, так чтобы патрубок 14 оставался частично погруженным в воду. Затем в резервуар 1 через патрубок 14 загружают разжиженный свежий навоз (помет) с влажностью 92–93% до верхнего уровня купола 3. Форма купола 3 БГУ образует емкость для скапливания образующегося биогаза. Давление в резервуаре 1 отслеживают при помощи датчика давления 15. После заполнения резервуара 1 субстратом включают нагревательную ленту, которую регулируют терморегулятором 20.

Терморегулятор 20 автоматически отключает нагревательную ленту при достижении температуры 36 –38°С и включает при ее снижении.

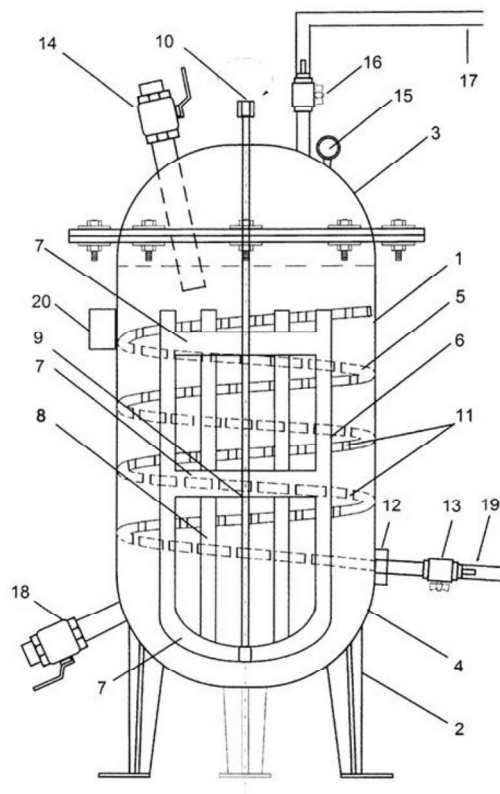


Рис. 11. Принципиальная схема БГУ [10]

Технический результат предложенной схемы показывает повышение производительности установки и увеличение выхода биогаза, простоту обслуживания и ремонта установки.

В работе [11] представлена комбинированная ГТЭУ с повышенной эффективностью и с гибкой схемой использования низконапорного природного газа, попутных нефтяных газов различного состава для выработки ЭЭ, получения синтетического топлива и утилизации остаточного тепла.

Данная установка (газотурбинный блок) содержит включающий компрессор, камеру сгорания и турбину, абсорбционную холодильную машину с циркуляционным хладагентом тепловоспринимающими элементами, и с подключенными к выходу паровой турбины. К выходу из турбины подключен паровой контур с котлом-утилизатором, выход которого по пару соединен с паровой турбиной. Комбинированная ГТЭУ (рис.12) снабжена блоком конверсии низконапорного природного или попутного нефтяного газа в «синтез-газ», блоком синтеза топлива модулем гидрокрекинга. Система подачи топлива подключена к источнику подачи низконапорного природного или попутного нефтяного компрессорным расположенным последовательно блоком сероочистки низконапорного природного или попутного нефтяного газа, блоком его сепарации и осушки с модулем сбора конденсата, и модулем компримирования топлива, подключенным к камере сгорания газотурбинного блока. Паровая турбина снабжена блоком водоподготовки. Циркуляционный хладагент абсорбционной холодильной машины подключен к блоку синтеза топлива для охлаждения «синтез-газа» и конденсации синтетических топлив. Котел утилизатор по пару подключен к блоку конверсии низконапорного природного или попутного нефтяного газа для паровой конверсии углеводородов в «синтез-газ». Выход газовой турбины подключен к блоку конверсии и блоку синтеза топлива. Модуль

сбора конденсата подключен к блоку синтеза топлива и котлу-утилизатору. Блок сепарации и осушки подключен к блоку синтеза топлива. Блок конверсии подключен к блоку синтеза топлива, а блок сероочистки – к котлу утилизатору.

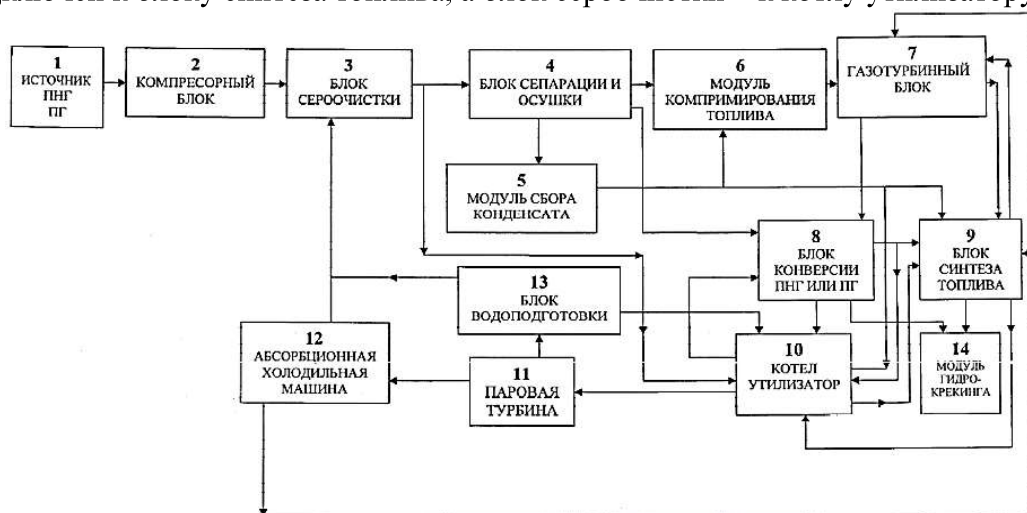


Рис. 12. Структурная схема комбинированной ГТЭУ [11]

Таким образом, в предлагаемой установке достигается гибкое получение ЭЭ синтетических моторных топлив с замкнутым технологическим циклом переработки низконапорного природного или попутного нефтяного газа и максимальной утилизацией тепла выхлопных газов.

Авторами [12] разработана и предложена газодизельная энергетическая установка (ГДЭУ), содержащая газодизельный двигатель с системой подачи жидкого и газового топлива и устройством впрыска в цилиндры минимального количества жидкого запального топлива, выпускную и всасывающую трубы, соединенные с атмосферой, отличающаяся тем, что в установку введен плазменный реактор, вход которого подключен трубопроводами к выпускному коллектору газодизельного двигателя и к водомазутному эмульгатору системы подачи жидкого топлива, а выход подключен через водяной охладитель к системе подачи газового топлива в двигатель, причем в плазмохимическом реакторе установлен контур рециркуляции газотопливной смеси с электроventильатором, вход которого подключен к выходной части реактора, а выход к входной части реактора.

Целью предлагаемой блок-схемы является расширение функциональных способностей, улучшение экономичности и повышение экологической безопасности. Данная цель достигается тем, что в установку введен плазменный реактор, вход которого подключен трубопроводами к выпускному коллектору газодизельного двигателя и к водомазутному эмульгатору системы подачи жидкого топлива. Выход подключен через водяной охладитель к системе подачи газового топлива в двигатель, причем в плазменном реакторе установлен контур рециркуляции газотопливной смеси с электроventильатором, вход которого подключен к выходной части реактора, а выход – к входной части реактора. На рис.13 приведена блок-схема предлагаемой газодизельной ЭУ.

Предусматривается вариант подключения к системе подогрева мазутного топлива в бункерной емкости и в расходном баке отвода воды от водяного охладителя.

В результате в предлагаемом ГДЭУ, запущенном и работающем первоначально на легком дизельном топливе, отработанные газы через выпускной коллектор направляются в плазменный реактор, где в процессе движения газов с помощью электроventильатора, за счет трения и столкновения молекул плазмообразующего газа, происходят искровые разряды, с образованием

низкотемпературной плазмы. Жидкое топливо, в виде водомазутной эмульсии, так же направляется в реактор, где в плазменной струе преобразуется в высококалорийный синтетический газ, который, проходя через водяной теплообменник, путем охлаждения «закаляется», и через штатные газовпускные клапаны подается в рабочие цилиндры двигателя (рис. 13).

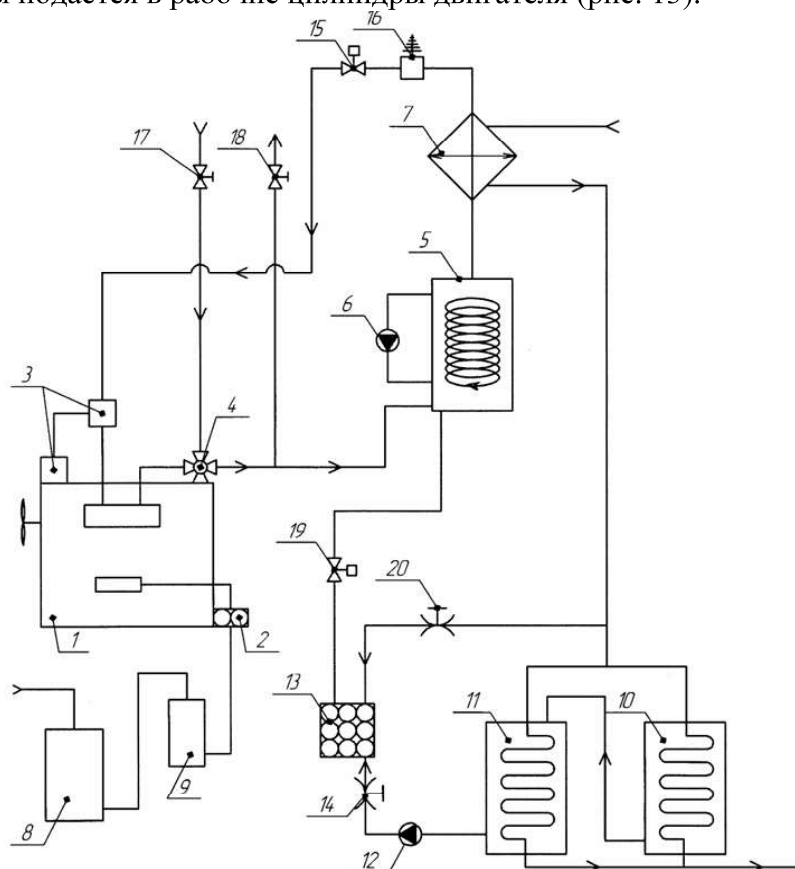


Рис. 13. Блок-схема предлагаемой ГДЭУ [12]

Работает устройство следующим образом. Запуск двигателя и его прогрев осуществляются на дизельном топливе, хранящемся в бункерной емкости 8 и расходном баке 9. На этом же топливе осуществляется постоянно действующий запальный поджиг в цилиндрах двигателя. Топливо подается навешенным на двигатель топливopoдкaчивающим насосом 2. Часть выпускных газов из коллектора поступает в реактор 5. Заслонкой 18 частично перекрывается выход выпускных газов в атмосферу, а заслонкой 17 регулируется поток атмосферного воздуха. Датчик кислорода 16 используется для регулировки системы в целом. Одновременно в реактор 5 подается водотопливная эмульсия из бункера 10 и расходного бака 11 насосом 12. Тяжелое топливо подогревается за счет тепла, отводимого от охладителя 7. Синтетический газ получается более калорийный, чем обычный природный газ. При этом из смеси более интенсивно выделяются вредные примеси в виде твердых фракций, которые по известным способам, например при помощи центробежных циклонов, отделяются от газов и выводятся наружу. Количество подаваемого топливного мазута в зависимости от внешней нагрузки на двигатель регулируется автоматически электронным регулятором скорости 3 с его регулирующим органом 20. Из реактора 5 газовая топливная смесь проходит через теплообменник 7, где охлаждается, примерно, до 70°C, приобретая так называемую «закалку», и направляется к штатным газовпускным клапанам двигателя. В цилиндры так же через штатные газораспределительные клапаны подается посредством навешенного на двигатель турбонагнетателя 4

атмосферный воздух. В установившемся режиме работы подогрев мазута в бункерных и расходных емкостях осуществляется за счет горячей воды, поступающей из теплообменника 7 охлаждения синтетического газа.

Таким образом, указанные цели по повышению экономичности и улучшению экологических показателей достигаются за счет более полного сгорания углеводородного топлива, которое из исходного жидкого состояния генерируется в газообразное состояние. Кроме того, в плазменном реакторе вырабатывается синтетический газ, имеющий теплотворную способность выше, чем природный газ. Она может быть использована для создания экономичных и экологически чистых судовых силовых установок, стационарных энергетических станций и установок по переработке промышленных и бытовых отходов.

Выводы. Выполненный критический обзор инженерно-технических решений по разработке и применению когенерационных систем для одновременной генерации тепловой и электрической энергии с использованием не возобновляемых и возобновляемых источников показывает, что использование биогаза и других видов топлива для управления процессами когенерации ведет к значительному повышению общей энергетической эффективности системы в целом. Разработанные когенерационные системы с использованием топлива на основе биогаза обладают высокой степенью автономности и способны функционировать в аварийных ситуациях, что особенно важно для районов с ограниченным доступом к традиционным источникам энергии.

Необходимо отметить, что применение БГУ для переработки органических отходов не только приводит к получению чистой энергии, но и минимизирует негативное воздействие на экологию.

Когенерационные установки могут быть использованы в качестве мини-ТЭЦ, производящей тепловую и ЭЭ для нужд промышленных предприятий, а также жилых населенных пунктов. Применение такого рода установок позволит максимально повысить эффективность использования теплоты сгорания топлива. Введение в состав когенерационной установки с двигателем Стирлинга на местном топливе газогенератора позволяет увеличить долговечность работы камеры сгорания и нагревателя двигателя Стирлинга за счет снижения температуры горения генераторного газа вследствие подвода в камеру сгорания отработанных газов.

Следует отметить, что расширение функциональных возможностей способствует использованию как жидкого топлива, так и природного газа, что уменьшает капитальные и эксплуатационные расходы, связанные с требованиями пожарной безопасности и транспортировки газа.

Общий анализ описанных когенерационных систем демонстрирует потенциал этого направления в области энергетики, однако, также выявляет ряд следующих критических аспектов, требующих внимания;

- сложность и стоимость установки – оснащение когенерационных систем сложными компонентами, такими как метантенк-реакторы, вихревые теплогенераторы и системы утилизации теплоты, несут с собой значительные капитальные вложения и высокие затраты на обслуживание, что может ограничивать доступность технологий для мелких и средних предприятий, делая их применение неэффективным с экономической точки зрения;

- энергетическая эффективность – несмотря на улучшенные показатели КПД в некоторых установках, как например наряду с высоким КПД ГТЭУ, отмечается, что эффективность системы может значительно колебаться в зависимости от условий эксплуатации и задаваемых режимов работы. Например, отсутствие возможности высокоэффективной выработки только тепловой энергии

в газопоршневой установке может снизить общий КПД в ситуациях с неполной нагрузкой;

- экологические аспекты – хотя когенерационные установки на биогазе и других возобновляемых источниках представляют собой более экологически чистую альтернативу традиционным методам генерации энергии, все же важно учитывать углеродный след самого процесса получения биогаза, включая возможные выбросы при его сжигании. В исследовательских работах отсутствует подробный анализ воздействия на экологию в условиях высоких нагрузок и различных видов топлива;

- адаптация к меняющимся условиям – несмотря на наличие систем, позволяющих устанавливать гибкие режимы работы, такие как комбинированные ГТЭУ, вопрос адаптации к меняющимся требованиям рынка остается открытым. На практике возможность быстрого переключения между режимами может быть ограничена технологическими или организационными факторами;

- долгосрочное устойчивое развитие – разработка когенерационных систем подразумевает не только внедрение новых технологий, но и необходимость организовать систему управления, направленную на их эффективное использование в долгосрочной перспективе. Инвестиции в устойчивое развитие должны идти параллельно с инженерными решениями;

- нехватка практического примера – обзор демонстрирует высокий уровень теоретической подготовки, но менее подробно рассматривает примеры практического применения когенерационных установок. Отсутствие успешных примеров внедрения в реальных условиях затрудняет оценку жизнеспособности предложенных технологий.

Таким образом, выполненный нами обзор подчеркивает важность развития когенерационных систем, в которых комбинируются общее использование тепла и ЭЭ, что является важным шагом в направлении устойчивого и экологически чистого будущего в энергетике и освещает важные аспекты разработки и применения когенерационных систем, подчеркивая их значимость для современного энергетического рынка и экологической устойчивости.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Жаров А.В., Павлов А.А., Фавстов В.С. Когенерационная установка. Патент № RU (11) 2 520 796(13) С2. Опубликовано: 27.06.2014 Бюлл. № 18. F02G 5/04 (2006.01).
2. Кириллов Н.Г., Кириленко А.В. Когенерационная установка с двигателем Стирлинга на местном топливе. Патент № RU (11) 2 300 654(13) С1. Опубликовано: 10.06.2007 Бюлл. № 16. F02G 1/043 (2006.01), F02G 5/02 (2006.01).
3. Емельянов А.С., Махова А.В., Котляров К.К., Григорова Н.П., Кобелев Н. С. Биогазовая установка для переработки навоза. Патент №RU (11) 2 628 425(13) С1. Опубликовано: 16.08.2017 Бюлл. № 23. A01C 3/00 (2006.01).
4. Федянин В.Я., Жумагажинов А.Т. Биогазовая установка для переработки органических отходов в биогаз и биоудобрения. Патент № RU (11) 2 688 356(13) С1. Опубликовано: 21.05.2019 Бюл. № 15. C12M1/02 (2006.01) C12M1/113 (2006.01) C12M1/38 (2006.01) B09B 3/00 (2006.01).
5. Осмонов И.Д., Абиров Д.А., Карагулова А.Ж., Ордобаев Б.С., Осмонов Ж.Ы. Установка для получения биогаза и биоудобрения из

навоза с использованием возобновляемых источников энергии и опилок камышитовых растений. Патент № KG (11) 261 (13) U. Опубликовано: 31.05.2019, Бюлл. № 5. C02F 11/04 (2019.01).

6. Ревзин Б.С., Комаров О.В., Стяжкин А.А. Комбинированная газотурбинная установка для выработки электроэнергии и теплоты. Патент № RU (11) 68 597 (13)U1. Опубликовано: 27.11.2007. Бюлл. № 33. F02C 6/00 (2006.01).
7. Иконников Я.А. Биогазовая установка. Патент №RU (11) 2 585 824(13) C1. Опубликовано: 10.06.2016 Бюлл. № 16.A01C 3/02 (2006.01).
8. Киндра В.О., Дудолин А.А., Лисин Е.М., Герасименко И.И. Когенерационная газотурбинная энергетическая установка. Патент № RU (11) 2 727 274(13) C1. Опубликовано: 21.07.2020 Бюлл. № 21. F02C 6/18 (2006.01) F01K 17/02 (2006.01).
9. Бирюк В.В., Кирсанов Ю.Г., Лившиц М.Ю., Цапкова А.Б., Шелудько Л.П. Теплофикационная парогазовая установка. Патент №RU (11) 2 650 232(13) C1 Опубликовано: 11.04.2018 Бюлл. № 11 F01K 23/10 (2006.01) F02C 7/36 (2006.01) F01K 7/44 (2006.01) F01K 13/00 (2006.01).
10. Ямпиров С.С., Дьячковская Л.Н., Друзьянова В.П. Биогазовая установка. Патент №RU(11) 2 605 312(13) C1 Опубликовано: 20.12.2016 Бюлл. № 35 C12M 1/04 (2006.01) C12M 1/107 (2006.01).
11. Богуслаев В.А., Михайлуца В.Г., Кононенко П.И., Скачедуб А.А., Кирячек В.А., Филипченко С.А., Горбачев П.А. Комбинированная газотурбинная установка. Патент №RU(11) 2 428 575(13). Опубликовано: 10.09.2011. Бюлл. № 25 C1 F02C 1/02 (2006.01).
12. Жуков Е.В., Романов В.А., Продаевич В.Г. Газодизельная энергетическая установка. Патент №RU (11) 174 008(13) U1 Опубликовано: 25.09.2017. Бюлл. № 27. F02B 45/10 (2006.01) F02D 19/10 (2006.01) F02G 3/02 (2006.01) F02M 43/00 (2006.01).

Ферганский политехнический институт
Физико-технический институт АН РУз

Дата поступления
16.08.2024

UDC: 697.329÷536.2

T.I. JURAEV, D.Y. JALILOV, J.S. AKHATOV

ANALYSES THE THERMAL PERFORMANCE OF DASC USING NANOFLUIDS UNDER THE CLIMATE CONDITIONS OF TASHKENT

This work presents a comprehensive introduction to the application of nanofluids in solar thermal collectors as a heat transfer fluid. The preparation of nanofluids was conducted using the two-step method. The thermophysical properties of a nanofluid based on MWCNT (0.05 wt%) were investigated through numerical and experimental methods. A correlation for the thermal conductivity as a function of temperature and concentration was derived. Based on experimental data and regression analysis, a correlation to predict the dynamic viscosity of the studied nanofluid as a function of temperature was established, achieving a coefficient of determination of 0.99. Numerical calculations revealed that the annual specific heat gains varied between 126.5 W/m² and 150 W/m², with temperature variations throughout the year of approximately 3-5 K. This variation resulted in a 13.5% enhancement in thermal

4. Kwon D.K., Porte Y., Myoung J.M. Fabrication of ZnO Nanorods p–n Homojunction Light-Emitting Diodes Using Ag Film as Self-Doping Source for p-Type ZnO Nanorods // J. Phys. Chem. Vol. 122. 2018. P. 11993. DOI: 10.1021/acs.jpcc.8b02330.
5. Jagadish C., Pearton S. J., Zinc Oxide: Bulk, Thin Films and Nanostructures: Processing, Properties and Applications, 2006. – 589 с.
6. Небесный А.А., Нусретов Р., Насиров А., Парчинский П. Изучение влияния легирования тонких пленок ZnO алюминием на фотопроводимость и микроструктуру поверхности // O‘zbekiston Milliy Universiteti Xabarları, 2021. [3/2/1] ISSN 2181-7324. С. 348–350.
7. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники / Пер. с англ. Изд. 2-е. М.: Изд-во БИНОМ, 2014. – 704 с., ил.

Национальный университет Узбекистана
имени Мирзо Улугбека

Дата поступления
12.08.2024

СОДЕРЖАНИЕ

Информатика и управление

О.О.Зарипов, Д.У.Севинаова. Принципы построения адаптивного позиционно-траекторного управления подвижными объектами (на примере многозвенного промышленного робота-манипулятора).....	3
Ж.У.Севинов,Б.М.Темербекова,У.Б.Маманазаров,Б.М.Бежимбетов. Синтез методов обеспечения достоверности информации в информационно-управляющих системах с применением технологии искусственного интеллекта на основе облачного вычисления.....	18
О. Исмаилов, Ф. Тулаганова, А. Исаков, Х. Темирова. Идентификация и тестирование клеток крови с использованием гибридных методов глубокого обучения во встроенных системах.....	29
Б.Ф. Абдурахимов, Ж.Р. Абдураззоков, И.М. Бойкузиев. Алгоритм генерации динамического S-блока с использованием тригонометрической функции для алгоритмов блочного симметричного шифрования.....	41

Энергетика

Н.Р. Авезова, А.У. Вохидов, Н.Н. Далмурадова, О.Д. Меирбекова. Краткий обзор когенерационных систем для получения тепловой и электрической энергии	52
Т.И. Жураев, Д.Ю. Жалилов, Ж.С. Ахатов. Анализ тепловой эффективности dasc (солнечный коллектор с прямым поглощением) с использованием наножидкостей в климатических условиях Ташкента	70
Ю.У.Абдуллабеков, Х.С.Исаходжаев, А.И.Анарбаев. Математическая модель тепловых процессов в обжиговых трубных печах.....	85

Информационные и телекоммуникационные технологии

М.Ш.Рахмонова. Управление системой орошения с помощью интеллектуальных датчиков.....	91
А.А.Небесный, А.А.Насиров. Система измерения проводимости пленок прозрачных оксидов металлов с ПК-интерфейсом.....	98

МУНДАРИЖА

Информатика ва бошқарув

О.О.Зарипов, Д.У.Севинова. Ҳаракатланувчи объектларнинг адаптив позицион-траекторияли бошқариш тамойилини куриш Кўп звеноли саноат робот манипулятори мисолида.....	3
J.U.Sevinov, B.M.Temerbekova, U.B.Mamanazarov, B.M.Bekimbetov Bulutli hisoblash texnologiyasi asosida axborot va boshqaruv tizimlarida sun'iy intellekt usullarini joriy etib axborotning ishonchliligini ta'minlash usullarining sintezi.....	18
О.Исмаилов, Ф.Тулаганова, А.Исаков, Х.Темирова. О'рnatilgan tizimlarda gibril chuqur o'rganish usullaridan foydalangan holda qon hujay-ralarini aniqlash va sinovdan o'tkazish.....	29
B.F.Abduraximov, J.R.Abdurazzoqov, I.M.Boyquziyev. Blokli simmetrik shifrlash algoritmlari uchun dinamik S-blokni trigonometrik funksiya orqali generatsiya qilish algoritmi.....	41

Энергетика

N.R.Avezova, A.U.Voxidov, N.N.Dalmuradova, O.D.Meirbekova. Issiqlik va elektr energiyasini olish uchun kogeneratsion tizimlar bo'yicha qisqacha tahlil.....	52
T.I.Жураев, Д.Ю.Жалилов, Ж.С.Ахатов. Тошкент иқлим шароит-ларида наносуюкликлардан фойдаланган ҳолда dasc (тўғридан-тўғри ютувчи қуёш коллектори)нинг иссиқлик самарадорлигини таҳлил қилиш.....	70

Ю.У.Абдуллабеков, Х.С.Исаходжаев, А.И.Анарбаев. Қувурли печларда иссиқлик жараёнларнинг математик модели.....	85
--	----

Ахборотли ва телекоммуникацияли технологиялар

М.Ш.Раҳмонова. Ақлли sensorlar yordamida sugʻorish tizimini boshqarish..	91
А.А.Небесний, А.А.Насиров. ПК-интерфейс билан металлларнинг шаффоф оксидлари плёнкалари ўтказувчанлигини ўлчаш тизими.....	98