

Материалы

XI-й Международной научно-технической конференции
«Инновационные машиностроительные технологии,
оборудование и материалы – 2022»
(МНТК-ИМТОМ – 2022»)

Часть 2



8 декабря 2022 года

г. Казань

Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан
Акционерное общество «Казанский научно-исследовательский институт
авиационных технологий»

Казанский (Приволжский) Федеральный университет
Казанский национальный исследовательский технический университет имени
А.Н. Туполева – КАИ (КНИТУ - КАИ)

Казанский национальный исследовательский технологический университет
Казанский государственный энергетический университет



Материалы

XI-й Международной научно-технической конференции
**«ИННОВАЦИОННЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ
И МАТЕРИАЛЫ – 2022»**
(МНТК «ИМТОМ – 2022»)

Часть 2

8 декабря 2022 года

Казань
2022

УДК 67
ББК К34
М34

Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов.

М34 Материалы XI-й Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2022» (МНТК «ИМТОМ–2022»). Ч. 2. – Казань, 2022. – 274 с., ил.

Материалы состоят из 4 разделов в соответствии с секциями Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2022» (МНТК «ИМТОМ–2022»): «Высокоэффективные материалы, технологии и оборудование в машиностроении», «Инновационные разработки и экономика в машиностроении», «Химическое машиностроение», «Энергетическое машиностроение. Электротехническое и теплоэнергетическое оборудование».

Будет полезно научным работникам, технологам и инженерам соответствующих специальностей.

ISBN 978-5-6047701-2-2 (m. 2)

ISBN 978-5-6047701-0-8

© АО «КНИАТ», 2022

© ООО «Фолиант», оформление, 2022

Все права защищены. Материалы Сборника трудов не могут быть воспроизведены в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, магнитную запись или иные средства копирования или сохранения информации без письменного разрешения АО «Казанский научно-исследовательский институт авиационных технологий».

4. Теория ракетных двигателей: учебник для вузов / В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегалин, А. П. Тишин; под ред. В.П. Глушко. – Москва : Машиностроение, 1980. – 533 с. – Текст : непосредственный. Книга трех авторов

5. Менделеев Д. И. Особенности работы блока ПГУ-220 Казанской ТЭЦ-2 по заданному графику / Галицкий Ю. Я., Марьин Г. Е., Федотов А. Ю. – Текст : непосредственный // Электроэнергетика глазами молодежи - 2018 : материалы IX Междунар. молодежной научно-техн. конф. – Казань, 2018. – С. 307-310. Статья из сборника

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГИБРИДНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Мингалеева Гузель Рашидовна, Набиуллина Мадина Фаридовна
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
mingaleeva-gr@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрены схемы гибридных мини-ТЭС, работающих на основе использования солнечной энергии и природного газа. Обоснованы перспективы их применения для автономного энергоснабжения. Отмечено, что данные схемы комплектуются, в основном, типовым серийно выпускаемым оборудованием. На рынке энергетического оборудования отсутствуют пока солнечные воздушные нагреватели, эффективность работы которых определяет возможности существенной экономии топлива для газотурбинных установок. Газотурбинные установки также должны быть модернизированы и адаптированы к низким расходам топлива и подаче воздуха при высокой температуре.

Ключевые слова: солнечная энергия, газотурбинные установки, гибридные электростанции, солнечный воздушный нагреватель

Abstract. The work considers the schemes of hybrid mini-HPS operating on the basis of the use of solar energy and natural gas. The prospects for their use for autonomous power supply are justified. It is noted that these schemes are mainly equipped with typical mass-produced equipment. So far, there are no solar air heaters in the energy equipment market, the efficiency of which determines the possibility of significant fuel savings for gas turbine plants. Gas turbine units must also be upgraded and adapted to low fuel consumption and high temperature air supply.

Многие современные технологии использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) достаточно тщательно проработаны, обладают высокой надежностью, по стоимости конкурируют с традиционными способами сжигания и энерготехнологической переработки топлива. Стоимость данных технологий имеет устойчивую тенденцию к снижению и, она значительно усилится по мере роста спроса на оборудование и расширение производства. Существует несколько основных типов ВИЭ, которые успешно

используются в настоящее время – это солнечная и ветровая энергия, биомасса, мини-гидро и приливная энергия [1].

Однако использование возобновляемых источников энергии связано с определенными трудностями. Например, солнечная энергия всегда имеет суточный цикл и определяется погодными условиями. Ресурсы ветровой энергии сильно различаются в зависимости от глобального положения и источников возникновения ветра. Наличие гидроэнергетических ресурсов определяется расположением водных объектов и условиями для строительства плотин. Сезонная зависимость гидроэнергетических ресурсов, основана на таких факторах, как осадки или таяние снега, которые влияют на мощность ресурса, но ежедневная его доступность является вполне предсказуемой. Кратковременная изменчивость геотермальных ресурсов низка, хотя существуют значительные суточные колебания. Недостатком геотермальных ресурсов является ограниченная доступность земельных участков с геотермальными источниками. Для использования энергии биомассы существует огромное количество видов сырья – отходов сельскохозяйственного производства и деревопереработки, для которых требуется предварительная сушка и измельчение.

Влияние данных неблагоприятных факторов может быть существенно снижено, а эффект от применения ВИЭ значительно усилен при использовании гибридных технологий. Гибридные системы возобновляемой энергии (HRES) представляют собой интеграцию одного или нескольких возобновляемых и невозобновляемых источников энергии и предназначены для автономной работы или включения в общую сеть.

Гибридные системы обладают гораздо большей гибкостью в использовании топлива, эффективности, надежности, выбросов в окружающую среду и стоимости производства энергии по сравнению с отдельно взятыми составляющими [2].

Существуют различные схемы, сочетающие использование, преимущественно, сжигание традиционных органических топлив – угля, газа, жидкого нефтяного топлива и солнечной и ветровой энергии и энергии биомассы. Данные технологии хорошо комбинируются и в полученных применениях преимущественно типовое серийно выпускаемое оборудование.

Исследование, представленное в работе [3] основано на данных 240 установок CSP (Concentrating Solar Power), которые дают представление о технико-экономических характеристиках этих систем. Представленный анализ показывает, что наибольшей эффективностью обладают установки с солнечным воздушным нагревателем, расположенном на башне – технологии SPT (Solar Power Tower).

Целью данной работы является выявление перспектив создания гибридных мини-ТЭС на основе разработки отечественного оборудования. Рассмотрены принципиальные схемы гибридных мини-ТЭС (см. рисунок), работающих на основе газотурбинной установки (а), в которой сжигается природный газ, а воздух, поступающий из компрессора, нагревается в

солнечном воздушном нагревателе. Воздух после прохождения через компрессор разделяется на два потока, один поток попадает в воздушный нагреватель, расположенный на башне. Здесь он получает тепло от солнечного излучения, затем нагретый воздух смешивается со оставшимся потоком воздуха. Газовая смесь подается в камеру сгорания для сжигания топлива и получения газов заданной температуры. Продукты сгорания направляются в газовую турбину для выработки электроэнергии. На рисунке (б) показана схема с парогазовой установкой.

Солнечный воздушный нагреватель, расположенный на башне и представляющий собой теплообменник с пористой вставкой (абсорбером), внутренняя поверхность которого нагревается за счет концентрированного солнечного излучения от гелиостатов, расположенных в непосредственной близости от станции. Типовые решения нагревателя пока не представлены на рынке энергетического оборудования и необходимы дальнейшие исследования для разработки методик расчета и конструкций именно для использования на гибридных электростанциях.

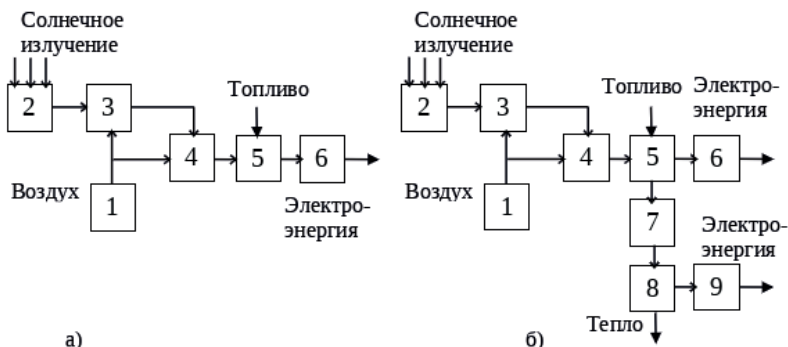


Рисунок. Принципиальная схема гибридной мини-ТЭС с использованием технологии SPT: а) с ГТУ; б) с ПГУ; 1 – компрессор; 2 – гелиостаты; 3 – солнечный воздушный нагреватель; 4 – смеситель; 5 – газотурбинная установка; 6, 9 – электрогенератор; 7 – котел-утилизатор; 8 – паровая турбина

Солнечный нагреватель (в некоторых работах – ресивер) для получения высокотемпературного воздуха (600-900 °С) привлекает большое внимание ученых. Были разработаны различные типы ресиверов, которые представляют собой объемные теплообменные аппараты, в которых поглощается солнечное излучение. Развитие технологий концентрации солнечного излучения позволило обеспечить значение теплового потока на поверхности нагревателя до 1 МВт/м² при уменьшении веса и размера приемников, сокращении времени запуска и перехода и повышенной эффективности [4,5], исследовались параметры пористой вставки и газодинамические факторы [6-9]. В результате было выявлено, что параметры пористой среды являются определяющими для солнечного нагревателя. Общая тепловая мощность солнечного приемника

определяется в зависимости от параметров концентратора солнечной энергии. После концентрации интенсивность излучения увеличивается.

В более ранних работах автора были рассчитаны мини-ТЭС мощностью 4,6 и 11,86 МВт ГТУ, для которых имеются данные по эксплуатации, позволяющие проверить адекватность модели. В качестве примера расчета представлено изменение расходных характеристик при изменении интенсивности солнечного излучения от 0 до 745,98 кВт/м² расход топлива для мини-ТЭС мощностью 4,6 МВт снижается на 57,2%, а для мини-ТЭС мощностью 11,86 МВт – на 55,5%. Расчеты, выполненные для годового цикла работы, показывают снижение расхода топлива для климатических условий данной провинции на 7,1 и 5,3% соответственно [10]. Далее проведен расчет технологической схемы гибридной мини-ТЭС мощностью 5,5 МВт с ПГУ на основе использования отечественного энергетического оборудования малой мощности. Моделирование конструкции проводилось только для воздушного солнечного нагревателя.

Таким образом, можно заключить, что гибридные мини-ТЭС, обладающие несомненными преимуществами в эффективности и экологичности, вполне могут применяться на территории России, с учетом того, что будут разработаны типовые конструкции солнечных воздушных нагревателей для запуска в серийное производство. Газовые турбины малой мощности, которые могут использоваться в данных схемах, также должны быть адаптированы к изменению расхода топлива в широких пределах и подаче горячего воздуха из воздушного нагревателя.

Источники

1. Suntio, T.; Messo, T. Power Electronics for Renewable Energy Sources. // Energies. 2019,12. P. 1852-1857.
2. Opportunities for Research and Development of Hybrid Power Plants. Technical Report NREL/TP-5000-75026 May 2020. [Электронный ресурс]: <https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/75026.pdf> (дата обращения 24.09.2020).
3. Nathan G. J., Jafarian M., Dally B. B., SawW. L., Ashman P. J., Hu E., & Steinfeld A. Solar thermal hybrids for combustion power plant: A growing opportunity // Progress in Energy and Combustion Science. 2018. 64. P.4–28.
4. Romero M, Marcos MJ, Tellez FM, et al. Distributed power from solar tower systems: AMIUS approach // Solar Energy. 2000. Vol. 67. P. 249-264.
5. Hoffschmidt Bernhard, Tellez Felix, Valverde Antonio, et al. Performance evaluation of the 200-kWth HiTRec-II open volumetric air receiver // J Solar Energy Eng. 2003. Vol 125.No. 1. P. 87-94.
6. Buck R, Biehler T, Heller P. Advanced volumetric receive rereactor for solar methane reforming // In: Proceedings of the sixth IEA e symposium on solar thermal concentrating technologies. 1993. Vol. 1. P. 395-405.
7. Fend Th, Hoffschmidt B, Pitz-Paal R, et al. Porous materials as open volumetric solar receivers: experimental determination of thermophysical and heat transfer properties // Energy 2004. Vol 29. No 5. – P.823-833.

8. Becker M, Fend Th, Hoffschmidt B, et al. Theoretical and numerical investigation of flow stability in porous materials applied as volumetric solar receivers // Solar Energy 2006. Vol.80.No.10. – P-1241-1248.

9. Pitz-Paal R, Hoffschmidt B, Bohmer M, Becker M. Experimental and numerical evaluation of the performance and flow stability of different types of open volumetric absorbers under non-homogeneous irradiation // Solar Energy 1997. Vol. 60.No.5-6. P.135-150.

10. Mingaleeva G.R. The integration of hybrid mini thermal power plants into the energy complex of the Republic of Vietnam / G.R. Mingaleeva, O.V. Afanaseva, D.T. Nguen, D.N. Pham and Pietro Zunino // Energies. 2020. V.13. P.5848.

РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕНА ОТ ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСИ К ВОДЕ

Моисеева К.С. студент

Казанский государственный энергетический университет

На сегодняшний день проблема передачи тепловой энергии от парогазовой смеси высоких температур к холодному теплоносителю (воде) является актуальной. С данной проблемой столкнулось предприятие - «ПАЛП Инвест», расположенное на производственной площадке индустриального парка Технополис «ХИМГРАД» в г. Казань. Решение данной проблемы позволит осуществить экономию финансовых средств на предприятиях подобного типа, так как парогазовые смеси обладают достаточным количеством тепловой энергии, чтобы нагреть воду до нужных температур, что существенно снизит затраты на производстве. Для решения данной проблемы авторами данной статьи была разработана модель рекуперативного теплообменного аппарата с ребристой поверхностью, который бы решал данную проблему. В работе представлено расчетная методика. Результаты показали, что внедрение теплообменного аппарата позволит нагревать холодную воду свыше 70 °С.

To date, the problem of heat transfer from a high-temperature steam-gas mixture to a cold coolant (water) is relevant. The PULP Invest company, located at the production site of the Technopolis "HIMGRAD" industrial Park in Kazan, faced this problem. The solution to this problem will allow saving financial resources at enterprises of this type, since combined-cycle gas mixtures have enough thermal energy to heat water to the desired temperatures, which will significantly reduce production costs. To solve this problem, the authors of this article have developed a model of a regenerative heat exchanger with a ribbed surface that would solve this problem. The paper presents a calculation method. The results showed that the introduction of a heat exchanger will allow heating cold water over 70 °C.

Ключевые слова: теплообменный аппарат, теплоноситель, парогазовая смесь, теплообмен.

Key words: heat exchanger, heat carrier, steam-gas mixture, heat exchange.