

2.4.5 Энергетические системы и комплексы (технические науки)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ВЕТРО-СОЛНЕЧНЫХ И ГАЗОПОРШНЕВЫХ УСТАНОВОК С ПРОИЗВОДСТВОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ, ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, ВОДОРОДА И КИСЛОРОДА

М.А. АЙДАРОВ, д-р техн. наук, профессор

maksim.aydarov@mail.ru

Ю.Е. НИКОЛАЕВ, аспирант

M.A. AIDAROV, Dr. Sci. (Tech.), Professor

YU.E. NIKOLAEV, Postgraduate Student

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Российская Федерация, Саратов
Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Russian Federation, Saratov

Аннотация: Актуальность исследования обусловлена глобальным энергопереходом и необходимостью создания надежных гибридных энергосистем, способных компенсировать стохастический характер работы возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и обеспечивать производство «зеленого» водорода. Целью работы является моделирование режимов работы и определение энергетических характеристик комбинированного энергокомплекса на базе ветро-солнечных (ВЭУ, СЭУ) и газопоршневых установок (ГПУ) с электролизером для выработки электроэнергии, тепла, водорода и кислорода. Разработана методика почасового моделирования режимов работы комплекса, учитывающая изменение климатических факторов – инсоляция, температура, скорость ветра на основе климатических данных, а также баланс работы газовых накопителей. Многолетнее моделирование для условий г. Волгоград, ориентированное на энергоснабжение завода поликристаллического кремния, показало, что базовую нагрузку несет ГПУ. ВИЭ в составе энергокомплекса позволяют снизить потребление топлива и направить «зеленую» энергию на электролиз. Установлено, что наличие буферных накопителей водорода и кислорода гарантирует бесперебойное снабжение потребителя, компенсируя суточную и сезонную неравномерность генерации ВИЭ. Анализ динамики заполнения накопителя подтвердил выход системы на устойчивый циклический режим. Полученные результаты подтверждают техническую реализуемость предложенной многопродуктовой системы для автономного энергоснабжения промышленного объекта.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, установки с газопоршневыми двигателями, электролизеры, накопители водорода, кислорода, расчет количественных характеристик энергокомплекса

Список источников

1. IRENA. World Energy Transitions Outlook 2023. International Renewable Energy Agency, 2023.
2. IEA. Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028. International Energy Agency, 2023.
3. АО «СО ЕЭС». Отчет о функционировании ЕЭС России в 2024 году. Москва, 2024.
4. Nikolaidis P., Poulikkas A. A comparative overview of hydrogen production processes // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2023. Vol. 167. P. 112642.
5. Hydrogen Council. Global Hydrogen Flows: Hydrogen trade as a key enabler for efficient decarbonization. 2023.

6. Распоряжение Правительства РФ от 12.10.2021 №2816-р «Об утверждении Концепции развития водородной энергетики в Российской Федерации».
7. Николаев, Ю. Е. Оценка эффективности энергокомплексов с производством водорода, кислорода, тепла и электроэнергии / Ю. Е. Николаев, М. А. Айдаров // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2024. – Т. 26, № 2. – С. 114-127.
8. Патент № 2802113 C1 Российская Федерация, МПК F01K 13/00, F01B 21/00. Энергетическая установка с комбинированным производством электрической, тепловой энергии и водорода: № 2022130965: заявл. 28.11.2022: опубл. 22.08.2023 / Ю. Е. Николаев, М. А. Айдаров; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А."

9. A Study on Solar Power Generation Efficiency Empirical Analysis according to Temperature and Wind speed / Wang-Cheol Cha, Joun-Ho Park, Uk-Rae Cho, Jae-Chul Kim // The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers. 2015. – V. 64. – P. 1-6. DOI: 10.5370/KIEEP.2015.64.1.001
10. Трембач С. А. Проблема перегрева солнечных панелей. Способ решения проблемы путем электронной тонировки // Энергетический вестник. – 2020. – № 26. – С. 46-51.
11. Ветроэнергетика: Справочно-методическое издание / П.П. Безруких, П.П. Безруких (мл.), С.В. Грибков / под ред. П.П. Безруких. – Москва: Интехэнергоиздат, 2014. – 304 с.
12. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). URL: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/ (дата обращения: 20.02.2026).

STUDY OF THE OPERATING MODES OF A COMBINED ENERGY COMPLEX BASED ON WIND-SOLAR AND GAS RECIPROCATING PLANTS WITH THE PRODUCTION OF ELECTRIC, THERMAL ENERGY, HYDROGEN AND OXYGEN

Abstract. *The relevance of the study is due to the global energy transition and the need to create reliable hybrid energy systems that can compensate for the stochastic nature of renewable energy sources and ensure the production of "green" hydrogen. The purpose of the work is to simulate the operating modes and determine the energy characteristics of a combined power complex based on wind-solar and gas reciprocating units with an electro-lyzer for the generation of electricity, heat, hydrogen and oxygen. A method for hourly modeling of the operating modes of the complex has been developed, taking into account changes in climatic factors - insolation, temperature, wind speed based on climatic data, as well as the balance of gas storage facilities. Long-term simulation for the conditions of Volgograd, focused on the power supply of the polycrystalline silicon plant, showed that the base load is borne by the gas genset. Renewable energy sources as part of the energy complex make it possible to reduce fuel consumption and direct "green" energy to electrolysis. It has been established that the presence of buffer hydrogen and oxygen storage devices guarantees uninterrupted supply to the consumer, compensating for the daily and seasonal unevenness of renewable energy generation. Analysis of the dynamics of filling the storage device confirmed the system's entry into a stable cyclic mode. The results obtained confirm the technical feasibility and efficiency of the proposed multi-product system for autonomous power supply of an industrial facility.*

Keywords: *renewable energy sources, installations with gas reciprocating engines, electrolyzer, hydrogen and oxygen storage tanks, calculation of quantitative characteristics of the power complex.*

References

1. IRENA. World Energy Transitions Outlook 2023. International Renewable Energy Agency, 2023.
2. IEA. Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028. International Energy Agency, 2023.
3. АО «СО ЕЭС». Отчет о функционировании ЕЭС России в 2024 году. Москва, 2024.
4. Nikolaidis P., Poullikkas A. A comparative overview of hydrogen production processes // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2023. Vol. 167. P. 112642.
5. Hydrogen Council. Global Hydrogen Flows: Hydrogen trade as a key enabler for efficient decarbonization. 2023.
6. Распоряжение Правительства РФ от 12.10.2021 №2816-р «Об утверждении Концепции развития водородной энергетики в Российской Федерации».
7. Nikolaev, Yu. E. Ocenka effektivnosti energokompleksov s proizvodstvom vodoroda, kisloroda, tepla i elektricheskoy energii / Yu. E. Nikolaev, M. A. Ajdarov // Izvestiya vysshix uchebnyx zavedenij. Problemy energetiki. – 2024. – Т. 26, № 2. – С. 114-127.
8. Patent № 2802113 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK F01K 13/00, F01B 21/00. Energeticheskaya ustanovka s kombinirovanny'm proizvodstvom elektricheskoy, teplovoj energii i vodoroda: № 2022130965: zayavl. 28.11.2022: opubl. 22.08.2023 / Yu. E. Nikolaev, M. A. Ajdarov; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obra-zovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya Saratovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni Gagarina Yu.A..

9. A Study on Solar Power Generation Efficiency Empirical Analysis according to Temperature and Wind speed / Wang-Cheol Cha, Joun-Ho Park, Uk-Rae Cho, Jae-Chul Kim // The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers. 2015. – V. 64. – P. 1-6. DOI: 10.5370/KIEEP.2015.64.1.001
10. Trembach S. A. Problema peregreva solnechny'x panelej. Sposob resheniya problemy putyom elektronnoj tonirovki // Energeticheskij vestnik. – 2020. – № 26. – С. 46-51.
11. Vetroenergetika: Spravochno-metodicheskoe izdanie / P.P. Bezrukix, P.P. Bezrukix (ml.), S.V. Gribov / pod red. P.P. Bezrukix. – Moskva: Intexenergoizdat, 2014. – 304 s.
12. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). URL: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/ (20.02.2026).

©Айдаров М.А., Николаев Ю.Е., 2026