

2.4.5 Энергетические системы и комплексы (технические науки)

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ВДЭК И ПРОВЕРКА ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОСЕЛКА ТИКСИ

К. В. СУСЛОВ, д-р техн. наук, профессор

В. А. КАБАНОВ, аспирант

kabanovValA@mpei.ru

И. А. СТРИЖЕВСКИЙ, студент

А. Н. ДОРОШИН, канд. техн. наук, доцент

Национальный исследовательский университет «МЭИ», Российская Федерация, Москва

National Research University "MPEI", Russian Federation, Moscow

K. V. SUSLOV, Dr. Sci. (Tech.), Professor

V. A. KABANOV, Postgraduate Student

I. A. STRIZHEVSKY, Student

A. N. DOROSHIN, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

Аннотация: Энергоснабжение удаленных арктических территорий, сопряжено с высокой зависимостью от привозного дизельного топлива, что ведет к экстремальной стоимости электроэнергии, логистическим сложностям и значительной экологической нагрузке. Развитие гибридных энергосистем на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) представляет собой стратегически важное направление для обеспечения энергетической и экономической устойчивости таких изолированных потребителей. В статье разработана модель гибридного ветродизельного энергокомплекса (ВДЭК) с системой накопления электроэнергии (СНЭЭ) и исследована эффективность ее применения на изолированном потребителе - поселке Тикси, расположенном в республике Саха (Якутия), рассмотрены различные вариации компоновки оборудования с учетом существующих ВЭУ и выбраны оптимальные варианты. Установлено, что оптимально подобранная гибридная система, сочетающая ВЭУ, СНЭЭ и дизельные генераторы, способна обеспечить надежное энергоснабжение потребителя. Ключевым результатом является количественная оценка экономии топлива: применение предлагаемого ВДЭК позволяет сократить годовое потребление дорогостоящего дизельного топлива на до 33% по сравнению с традиционной дизельной схемой.

Ключевые слова: ветродизельный энергокомплекс, автономное энергоснабжение, возобновляемая энергетика, аккумуляторная система, ветроустановка, дизельная электростанция

Список источников

1. Schweitzer P., Povoroznyuk O. Infrastructural legacies and post-Soviet transformations in Northern Sakha (Yakutiya), Russia // Journal of Environmental Policy & Planning. 2022. Vol. 24, No. 3. С. 297–308.

2. Arriaga M., Canizares C. A., Kazerani M. Renewable energy alternatives for remote communities in Northern Ontario, Canada // IEEE Transactions on Sustainable Energy. 2013. Vol. 4, No. 3. С. 661–670.

3. Pantaleo A., Albert M. R., Snyder H. T., Edens M. Q., Bradley J., Dengel A. Modeling a sustainable energy transition in northern Greenland: Qaanaaq case study // Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2022. Vol. 54. Article 102774.

4. Aalde O. Hybrid renewable-diesel energy systems in an off-grid Arctic microgrid: A case study of Ny-Ålesund, Svalbard: Master's thesis. Ås: Norwegian University of Life Sciences, 2018. 78 p.

5. Соснина Е.Н., Шалухо А.В., Липужин И.А., Александрова Т.А. Технично-экономический анализ применения ветро-дизельных электростанций для электроснабжения энергоудаленных поселений // Труды НИТУ Им. Р.Е. Алексеева. — 2016. — Номер 1 (112). — Стр. 65–72.

6. Харитонов М.С., Кугучева Д.К. Методика расчета автономных ветродизельных электростанций с накопителями энергии // Материалы VII Международного Балтийского морского форума. В 6-ти томах. — 2019. — Том 1. — Стр. 799–805.

7. Qiu J., Song Z., Zheng Y., et al. Techno-economic viability of autonomous wind-diesel hybrid energy systems with battery storage for cold climate: a case study in Lanzhou suburb, Gansu Province // Energy. 2020. Vol. 192. Article 116575.

8. Kaldellis J.K., Koronakis I., Perakis H. An integrated simulation model for hybrid wind-diesel energy systems: evaluation of annual energy yield, battery charge-discharge dynamics and wind energy penetration // Renewable Energy. 2007. Vol. 32, no. 9. P. 1544–1564.

9. Manwell J. F., McGowan J. G., Abdulwahid U. Simplified performance model for hybrid wind-diesel systems // Renewable Energy Laboratory, Dept. of Mechanical and Industrial Engineering, University of Massachusetts Amherst. — 1998. — 9 с.

10. WeatherSpark: Погода круглый год в любой точке Земли [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ru.weatherspark.com/> (дата обращения: 26.10.2025).

11. История климата метеостанции Тикси (№ 21824) [Электронный ресурс]. — Погода и климат. — Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/21824.htm> (дата обращения: 26.10.2025).

12. Министерство энергетики РФ. Методические указания по расчёту ветроэнергетического потенциала территорий Российской Федерации. — М., 2020. — 52 с.

13. Ivanov I.I., Kuznetsov A.V., Morozov D.A. Wind resource assessment and hybrid power solutions for Arctic communities // Renewable Energy. — 2022. — Vol. 194. — P. 367–381.

14. Byrne J., Zhou A., Shen B. Hybrid energy systems for Arctic settlements: design and optimization // Renewable Energy. — 2021. — Vol. 172. — P. 1254–1267.

15. Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс] // Роскадастр. — Режим доступа: <https://roskadastr.com/map> (дата обращения: 29.10.2025).

16. Дерюгина Г.В., Чернов Д.А., Тягунов М.Г., Алиходжина Н.В. Модели вертикального профиля ветра по данным ветроизмерительных комплексов полуострова Камчатка // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. 2019. № 1. С. 35–42.

17. Komaihaltec KWT300 [Электронный ресурс]. — Wind-Turbine-Models.com. — Режим доступа: <https://www.wind-turbine-models.com/turbines/1878-komaihaltec-kwt300> (дата обращения: 29.10.2025).

18. Электростанция (ДЭС) GMGen GMC1400 [Электронный ресурс]. — Grand Motors. — Режим доступа: https://www.grandmotors.ru/gmgen_gmc1400.php (дата обращения: 29.10.2025).

19. Аккумулятор 3,2 V 280 Ah LiFePO4 Grade A [Электронный ресурс] // Lifepo4.ru. — Режим доступа: <https://lifepo4.ru/akkumulyator-lifepo4-3-2v-280ah>

(дата обращения: 29.10.2025).

20. Ветрогенератор Rosvetro DMWG20k [Электронный ресурс] // Rosvetrogenerator.ru. – Режим доступа: <https://rosvetrogenerator.ru/products/rosvetro-dmwg20k.html> (дата обращения: 29.10.2025).

21. Kermani M., Adelmanesh B., Shirdare E., Sima C. A., Carni D. L., Martirano L. Intelligent energy management based on SCADA system in a real Microgrid for smart building applications // Renewable Energy. 2021. Vol. 171. P. 1115–1127.

DEVELOPMENT OF A WIND–DIESEL ENERGY COMPLEX MODEL AND ASSESSMENT OF ITS EFFICIENCY USING THE EXAMPLE OF POWER SUPPLY OF THE SETTLEMENT OF TIKSI

Abstract. Power supply for remote Arctic territories is associated with a high dependence on imported diesel fuel, leading to extreme electricity costs, logistical challenges, and significant environmental impact. The development of hybrid energy systems based on renewable energy sources (RES) represents a strategically important direction for ensuring the energy and economic sustainability of such isolated consumers. This article develops a model of a hybrid wind-diesel power complex (WDPC) with an electricity storage system (ESS) and investigates the effectiveness of its application for an isolated consumer – the settlement of Tiksi, located in the Republic of Sakha (Yakutia). Various equipment layout options are considered, taking into account existing wind turbines (WTs), and optimal configurations are selected. It is established that an optimally selected hybrid system combining WTs, ESS, and diesel generators is capable of ensuring reliable power supply to the consumer. A key result is the quantitative assessment of fuel savings: the implementation of the proposed WDPC can reduce annual consumption of expensive diesel fuel by up to 33% compared to a traditional diesel-based scheme.

Keywords: Wind–diesel energy complex, autonomous power supply, renewable energy, battery storage system, wind turbine, diesel power plant

References

- Schweitzer P., Povoroznyuk O. Infrastructural legacies and post-Soviet transformations in Northern Sakha (Yakutiya), Russia // Journal of Environmental Policy & Planning. 2022. Vol. 24, No. 3. C. 297–308.
- Arriaga M., Canizares C. A., Kazerani M. Renewable energy alternatives for remote communities in Northern Ontario, Canada // IEEE Transactions on Sustainable Energy. 2013. Vol. 4, No. 3. C. 661–670.
- Pantaleo A., Albert M. R., Snyder H. T., Edens M. Q., Bradley J., Dengel A. Modeling a sustainable energy transition in northern Greenland: Qaanaaq case study // Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2022. Vol. 54. Article 102774.
- Aalde O. Hybrid renewable-diesel energy systems in an off-grid Arctic microgrid: A case study of Ny-Ålesund, Svalbard: Master's thesis. Ås: Norwegian University of Life Sciences, 2018. 78 p.
- Sosnina E.N., Shalukho A.V., Lipuzhin I.A., Aleksandrova T.A. Tekhniko-ehkonomicheskij analiz primeneniya vetro-dizel'nyh ehlektrostantsij dlja ehlektrosnabzheniya ehnergo-udalennyh poselenij [Techno-economic analysis of the application of wind–diesel power plants for power supply of remote settlements]. Proceedings of Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev. 2016. No. 1 (112). P. 65–72. [In Russian]
- Kharitonov M.S., Kugucheva D.K. Metodika rascheta avtonomnyh vetro-dizel'nyh ehlektrostantsij s nakopiteljami ehnergii [Methodology for calculating autonomous wind–diesel power plants with energy storage systems]. Proceedings of the VII International Baltic Maritime Forum. In 6 vols. 2019. Vol. 1. P. 799–805. [In Russian]
- Qiu J., Song Z., Zheng Y., et al. Techno-economic viability of autonomous wind–diesel hybrid energy systems with battery storage for cold climate: a case study in Lanzhou suburb, Gansu Province // Energy. 2020. Vol. 192. Article 116575.
- Kaldellis J.K., Koronakis I., Perakis H. An integrated simulation model for hybrid wind–diesel energy systems: evaluation of annual energy yield, battery charge–discharge dynamics and wind energy penetration // Renewable Energy. 2007. Vol. 32, no. 9. P. 1544–1564.
- Manwell J. F., McGowan J. G., Abdulwahid U. Simplified performance model for hybrid wind–diesel systems // Renewable Energy Laboratory, Dept. of Mechanical and Industrial Engineering, University of Massachusetts Amherst. — 1998. — 9 c.
- WeatherSpark: Pogoda kruglyj god v lyuboj tochke Zemli [Weather year-round in any location worldwide]. Web-source: ru.weatherspark.com. Access date: October 26, 2025. [In Russian]
- Istorija klimata meteostancii Tiksi (No. 21824) [Climate history of the Tiksi meteorological station (No. 21824)]. Weather and Climate. Web-source: www.pogodaiklimat.ru/history/21824.htm. Access date: October 26, 2025. [In Russian]
- Ministry of Energy of the Russian Federation. Metodicheskie ukazaniya po raschetu vetroehnergeticheskogo potentsiala territorij Rossijskoj Federacii [Guidelines for calculating wind energy potential of the territories of the Russian Federation]. Moscow. 2020. 52 p. [In Russian]
- Ivanov I.L., Kuznetsov A.V., Morozov D.A. Wind resource assessment and hybrid power solutions for Arctic communities // Renewable Energy. — 2022. — Vol. 194. — P. 367–381.
- Byrne J., Zhou A., Shen B. Hybrid energy systems for Arctic settlements: design and optimization // Renewable Energy. — 2021. — Vol. 172. — P. 1254–1267.
- Publichnaja kadastravaja karta [Public cadastral map]. Roskadastr. Web-source: roscadaster.com/map. Access date: October 29, 2025. [In Russian]
- Deryugina G.V., Chernov D.A., Tyagunov M.G., Alikhodzhina N.V. Modeli vertikal'nogo profilja vetra po dannym vetroizmeritel'nyh kompleksov poluostrava Kamchatka [Models of the vertical wind profile based on data from wind measurement complexes of the Kamchatka Peninsula]. Bulletin of Moscow Power Engineering Institute (MPEI Vestnik). 2019. No. 1. P. 35–42. [In Russian]
- Komaihaltec KWT300 [Komaihaltec KWT300 wind turbine]. Wind-Turbine-Models.com. Web-source: www.wind-turbine-models.com/turbines/1878-komaihaltec-kwt300. Access date: October 29, 2025. [In Russian]
- Elektrostantsija (DES) GMGen GMC1400 [Power plant (diesel generator set) GMGen GMC1400]. Grand Motors. Web-source: www.grandmotors.ru/gmgen_gmc1400.php. Access date: October 29, 2025. [In Russian]
- Akkumuljator 3.2 V 280 Ah LiFePO4 Grade A [3.2 V 280 Ah LiFePO4 Grade A battery]. Lifepo4.ru. Web-source: lifepo4.ru/akkumulyator-lifepo4-3-2v-280ah. Access date: October 29, 2025. [In Russian]
- Vetrogenerator Rosvetro DMWG20k [Wind turbine Rosvetro DMWG20k]. Rosvetrogenerator.ru. Web-source: rosvetrogenerator.ru/products/rosvetro-dmwg20k.html. Access date: October 29, 2025. [In Russian]
- Kermani M., Adelmanesh B., Shirdare E., Sima C. A., Carni D. L., Martirano L. Intelligent energy management based on SCADA system in a real Microgrid for smart building applications // Renewable Energy. 2021. Vol. 171. P. 1115–1127.

© Сулов К.В., Кабанов В.А., Стрижевский И.А., Дорошин А.Н., 2025