

Научная статья

Original article

УДК 621



**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
СОВРЕМЕННЫХ СИЛОВЫХ МАШИН**

**ENERGY EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF MODERN POWER
MACHINES**

Рябинин Семён Андреевич, специалист, МГТУ им. Баумана (105005, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Басманный, ул. 2-я Бауманская, д. 5, с. 1), тел. 8(499) 263-63-91, bringomun@rambler.ru

Semyon A. Ryabinin, specialist, Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, vn. ter. g. municipalnyi okrug Basmannyi, ul. 2-ia Baumanskaia, 5, s. 1), tel. 8(499) 263-63-91, bringomun@rambler.ru

Аннотация. В настоящей статье анализируется энергоэффективность и экологическая безопасность современных силовых машин (ССМ) и их характеристики. Освещается влияние различных технологий ССМ на окружающую среду. Изучаются преимущества и недостатки дизельных двигателей, газотурбинных установок, электрических двигателей, ветровых турбин и водородных топливных элементов. Рассматривается вклад инновационных решений и технологий в повышение устойчивости и снижение вредных выбросов. Обсуждается потенциал внедрения интегрированных систем управления для оптимизации работы силовых машин, что может значительно улучшить их экологические показатели.

Abstract. The article analyzes the energy efficiency and environmental safety of modern power machines (PM) and their characteristics. It highlights the impact of various PM technologies on the environment. The advantages and disadvantages of diesel engines, gas turbine units, electric motors, wind turbines, and hydrogen fuel cells are studied. The contribution of innovative solutions and technologies to enhancing sustainability and reducing harmful emissions is considered. The potential for implementing integrated control systems to optimize the operation of power units, which can significantly improve their environmental indicators, is discussed.

Ключевые слова: *энергоэффективность, экологическая безопасность, силовые машины, инновационные технологии, устойчивое развитие.*

Keywords: *energy efficiency, environmental safety, power machines, innovative technologies, sustainable development.*

Введение

В современном мире, где вопросы устойчивого развития (УР) и сохранения окружающей среды (ОС) становятся все более актуальными, особое внимание уделяется поиску и разработке технологий, способных минимизировать вредное воздействие на природу. Одним из ключевых направлений является повышение энергоэффективности и экологической безопасности современных силовых машин (ССМ).

ССМ – это устройства, широко используемые в различных сферах человеческой деятельности, от производства и транспорта до сельского хозяйства и строительства. ССМ характеризуются применением инновационных материалов, систем управления и технологии снижения выбросов. К ССМ относят оборудование для гидравлических, тепловых, газовых и атомных электростанций, для передачи и распределения электроэнергии, а также транспортного и железнодорожного оборудования.

Целью данной работы является анализ энергоэффективности и экологической безопасности ССМ, включая оценку текущего положения дел в исследуемой области, выявление основных проблем и вызовов, а также

разработку практических рекомендаций для улучшения эксплуатационных характеристик систем.

Основная часть

Рынок современных силовых машин (ССМ) претерпевает значительные трансформации, вызванные как стремлением к повышению энергоэффективности, так и растущими требованиями к экологической безопасности. Эти тенденции отражаются в разработке и внедрении новых технологий, материалов и конструкций, направленных на снижение потребления энергии и уменьшение объема вредных выбросов.

Согласно отчету Международного энергетического агентства (МЭА), общемировое потребление энергии достаточно стабильно (рис. 1), причем источниками энергии являются как традиционные, так и чистые источники энергии [1]. В то же время, необходимость разработки и внедрения новых технологий ССМ, направленных на снижение энергопотребления и минимизацию вредных эмиссий, возрастает ввиду глобальной тенденции изменения климата и того фактора, что 65% глобальных выбросов парниковых газов приходится на сжигание ископаемого топлива и промышленную деятельность [2].

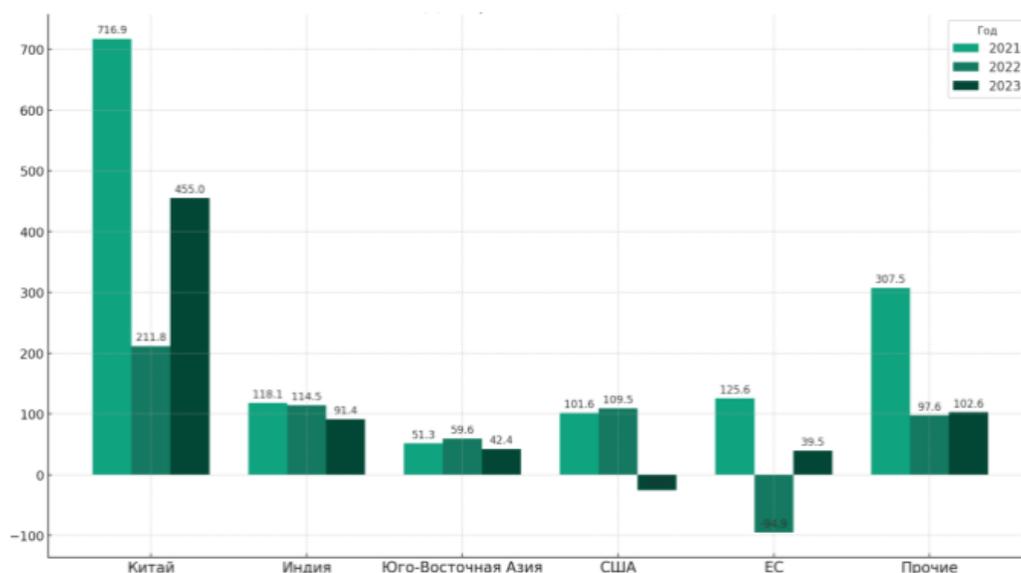


Рис. 1. Изменение спроса на электроэнергию по регионам в годовом исчислении, ТВтч [1]

В условиях экологических ограничений и повышения стоимости ресурсов, энергоэффективность и экологическая безопасность становятся ключевыми

факторами, определяющими конкурентоспособность продукции на мировом рынке.

Энергоэффективность ССМ определяемая как способность системы максимально эффективно использовать энергию для выполнения предназначенной работы, является одним из ключевых параметров при разработке и эксплуатации ССМ. Этот показатель напрямую влияет на сокращение энергетических затрат, уменьшение выбросов углекислого газа (CO_2) и других вредных веществ в атмосферу. Согласно данным МЭА, эффективное использование энергии в промышленных масштабах может сократить глобальные выбросы CO_2 на 40% к 2040 году, что подчеркивает значимость энергоэффективных технологий в борьбе с изменением климата [3].

Характеристики энергоэффективности ССМ оценивают их способность преобразовывать подведенную энергию в механическую работу или выходную энергию, минимизируя при этом потери и выбросы:

- Коэффициент полезного действия (КПД): отношение полезной работы или выходной энергии к затраченной энергии. Высокий КПД указывает на эффективность преобразования энергии и является одной из основных целей при разработке ССМ.
- Удельное энергопотребление: количество энергии, необходимое для выполнения определенной работы или производства единицы продукции. Снижение удельного энергопотребления напрямую связано с повышением энергоэффективности.
- Энергетический баланс: анализ всех видов энергии, поступающих в систему, и всех видов энергетических потерь. Оптимизация энергетического баланса способствует повышению общей энергоэффективности [4].
- Нормы выбросов: количественные ограничения на объемы выбросов CO_2 и других вредных веществ на единицу выработанной энергии или выполненной работы. Строгие экологические стандарты стимулируют разработку и внедрение более чистых и эффективных технологий.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

- Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ): способность ССМ интегрироваться с ВИЭ, такими как солнечная или ветровая энергия, для снижения зависимости от ископаемого топлива и уменьшения вредных выбросов.

- Эксплуатационные расходы на единицу продукции.

Улучшение этих показателей требует комплексного подхода, включающего оптимизацию конструкций ССМ, применение высокоэффективных материалов, разработку и внедрение инновационных систем управления и регулирования.

В последние годы прогресс был достигнут в области разработки энергоэффективных ССМ благодаря активному внедрению цифровых технологий и систем умного управления. Например, применение Интернета вещей (IoT) для мониторинга и оптимизации работы ССМ позволило снизить энергопотребление на 20% в ряде промышленных предприятий Германии, как указывается в исследовании Федерального министерства экономики и энергетики Германии [5]. Прогнозируется, что количество устройств, в том числе ССМ, подключенных к IoT (Internet of things, интернету вещей), будет ежегодно расти (рис. 2).

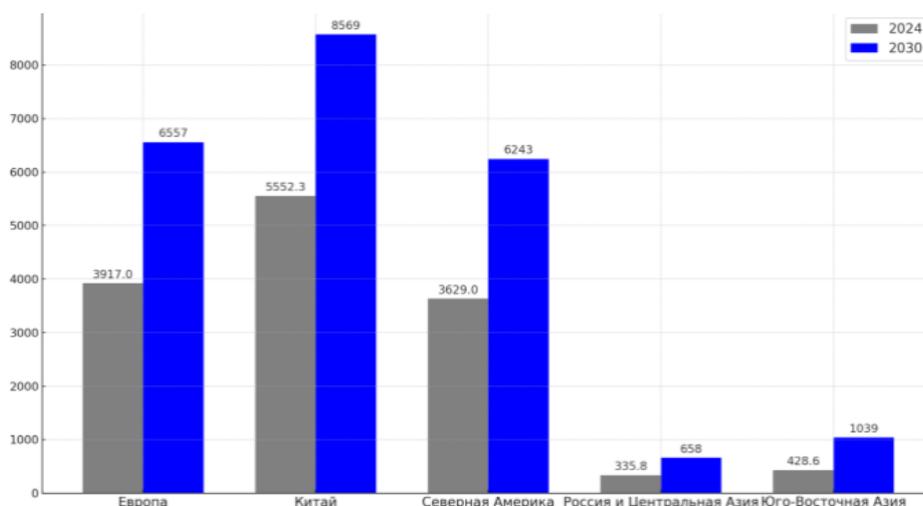


Рис. 2. Количество устройств, подключенных к IoT, млн. [6]

Показатель энергоэффективности ССМ охватывает технические, экономические и экологические аспекты. Улучшение этого показателя требует совместных усилий разработчиков, производителей и потребителей, а также поддержки на уровне национальной и международной энергетической политики.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Экологическая безопасность ССМ может быть обеспечена за счет уменьшения воздействия технических средств на ОС [7] и обеспечении УР промышленности и энергетики. Важными направлениями в этой области являются снижение выбросов загрязняющих веществ, эффективное использование ресурсов и переход к ВИЭ.

Обеспечение экологической безопасности ССМ достигается путем принятия мер по минимизации выбросов CO_2 , оксидов азота, серы и твердых частиц. Регуляторные стандарты, такие как Euro VI для транспортных средств в Европейском союзе, задают строгие лимиты на количество выхлопных газов, что стимулирует производителей к инновациям в области систем очистки выхлопов и разработке более чистых двигателей [8].

Использование современных каталитических нейтрализаторов и систем рециркуляции выхлопных газов позволяет значительно снизить уровень вредных выбросов. Активное внедрение технологий электрификации и гибридизации транспорта способствует переходу к экологически чистым видам энергии, уменьшая зависимость от ископаемых видов топлива.

Эффективное использование топлива и переход к ВИЭ также вносят значительный вклад в экологическую безопасность ССМ [9]. Интеграция водородных технологий, солнечной и ветровой энергии в энергоснабжение промышленных объектов и транспортных сетей позволяет сократить зависимость от ископаемых видов топлива и снижает общее воздействие на ОС.

Развитие цифровых технологий и систем умного управления дает новые возможности для оптимизации работы ССМ, минимизации энергопотребления и сокращения выбросов CO_2 . Применение алгоритмов машинного обучения для анализа данных о работе ССМ и предсказания оптимальных режимов их работы [10] способствует повышению общей эффективности и экологичности систем.

Очевидно, что обеспечение экологической безопасности ССМ требует комплексного подхода, включающего технологические инновации, разработку нормативно-правовой базы и активное внедрение принципов УР на всех этапах жизненного цикла машин и установок.

Инновационные решения и технологии. В сфере ССМ среди множества направлений активно развиваются технологии, основанные на применении ВИЭ, усовершенствовании систем управления и оптимизации рабочих процессов, а также на разработке новых материалов и конструкций, способствующих снижению массы и потребления энергии устройств (табл. 1).

Таблица 1. Инновационные решения и технологии в секторе ССМ [11]

Технология	Описание	Потенциальный вклад
Системы рекуперации энергии	Использование отработанного тепла и кинетической энергии для генерации энергии.	Снижение потребления топлива и уменьшение выбросов углерода.
Искусственный интеллект	Оптимизация рабочих процессов через анализ данных.	Повышение эффективности, снижение энергопотребления и выбросов [10].
Легкие материалы	Разработка новых сплавов и композитов.	Уменьшение массы и потребления энергии.
Твердотельные батареи	Улучшение характеристик аккумуляторов для электромобилей.	Увеличение дальности хода, сокращение времени зарядки, повышение безопасности.

Инновационные решения в секторе требуют активной поддержки со стороны государственных структур, научного сообщества и промышленности, это позволит сектору успешно масштабироваться. Для этого необходимо осуществлять инвестиции в научные исследования, разрабатывать нормативную базу для стимулирования внедрения новых технологий и создавать инфраструктуру для их эффективного использования.

Применение ССМ в различных отраслях промышленности. Переход к устойчивым и экологически безопасным технологиям ССМ представляет собой важный шаг на пути к сокращению антропогенного воздействия на ОС. В таблице 2 представлен анализ технологий ССМ с точки зрения их энергоэффективности и экологической безопасности.

Таблица 2. Сравнительный анализ технологий ССМ

Технология ССМ	Преимущества	Недостатки	Энергоэффективность [12]	Экологичность
Дизельные двигатели	Высокий КПД; большой крутящий момент; долговечность.	Высокие выбросы оксидов азота и частиц; требуют сложных систем очистки выхлопов.	Высокая при оптимальных условиях работы.	Зависит от системы очистки выхлопов и качества топлива.
Газотурбинные установки	Быстрая регулировка мощности; возможность работы на разных видах топлива.	Низкий КПД при малой нагрузке; высокие эксплуатационные расходы.	Средняя; улучшается в комбинированных циклах.	Высокая при использовании чистого топлива.
Электрические двигатели	Отсутствие прямых выбросов; низкая стоимость эксплуатации; высокий КПД.	Ограниченный запас хода для электромобилей; длительное время зарядки.	Очень высокая.	Максимальная при производстве электроэнергии из ВИЭ.
Ветровые турбины	ВИЭ; низкие эксплуатационные расходы; отсутствие выбросов углерода.	Зависимость от погоды; необходимость в больших площадях.	Высокая, зависит от ветра.	Максимальная, нет выбросов в процессе работы.
Водородные топливные элементы	Высокая эффективность; вода как продукт реакции.	Высокая стоимость; проблемы с хранением и транспортировкой водорода.	Высокая, особенно при производстве водорода из ВИЭ.	Высокая при экологически чистом производстве водорода.

Анализ представленных в таблице технологий ССМ подчеркивает многообразие доступных решений для достижения энергоэффективности и сокращения экологического воздействия в различных секторах промышленности. Выбор оптимальной технологии требует комплексного подхода, учитывающего специфические условия эксплуатации, экономические и экологические цели. Дальнейшее развитие и оптимизация ССМ, а также поиск новых инновационных решений будут играть ключевую роль в повышении энергоэффективности и снижении воздействия на ОС.

Выводы

Анализ технологий ССМ выявляет их значительный потенциал в обеспечении энергоэффективности и экологической безопасности в различных областях применения. У каждой технологии имеются свои уникальные характеристики, определяющие ее пригодность для конкретных задач. Электрические двигатели и ветровые турбины выделяются своей экологичностью и эффективностью в использовании, тогда как дизельные двигатели и газотурбинные установки предлагают мощные решения с возможностью оптимизации в плане снижения вредных выбросов.

Активное развитие и интеграция инновационных решений, таких как системы рекуперации энергии и применение искусственного интеллекта для управления ССМ, предоставляют пути к повышению общей эффективности и уменьшению экологического воздействия. Продолжение поиска и внедрение новых материалов и технологий, а также усиление мер по поддержке использования ВИЭ станут ключевыми факторами в достижении УР и сокращении антропогенного влияния на ОС.

Литература

1. Global electricity demand growth slowed only slightly in 2022 despite energy crisis headwinds / The International Energy Agency URL: <https://www.iea.org/reports/electricity-market-report-2023/executive-summary> (дата обращения: 02.04.2024)
2. Greenhouse Gas Emissions Countries 2024 URL: <https://www.geeksforgeeks.org/global-greenhouse-gas-emissions-data/> (дата обращения: 02.04.2024)
3. Константинов Д.С., Андреева В.С. РОЛЬ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМ В ГЛОБАЛЬНОМ СОКРАЩЕНИИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ// Дневник науки. 2024. №1
4. Абдуллина, Л. Р. Исследование зависимости рекуперации энергии роторных автостоянок при использовании маховичного аккумулятора / Л. Р.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Абдуллина, Н. Н. Барбашов // Высокие технологии и инновации в науке : сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 28 января 2020 года. – Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2020. – С. 125-128.

5. Monitoringbericht zum Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich nach § 98 Absatz 3 EEG und Fortschrittsbericht Windenergie an Land nach § 99a EEG / Bericht der Bundesregierung 2023 URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/monitoringbericht-zum-ausbau-der-erneuerbaren-energien-im-strombereich-2023.html> (дата обращения: 02.04.2024)
6. Number of Internet of Things (IoT) connected devices from 2020 to 2030 (in millions), by region // Statista URL: <https://www.statista.com/statistics/1194677/iot-connected-devices-regionally/> (дата обращения: 02.04.2024)
7. Котлярова Е. В., Волохова Е. А. АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕДЕВЕЛОПМЕНТА БЫВШИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН НА ПРИМЕРЕ КАНЭРИ-УОРФ В ЛОНДОНЕ //ЦИФРОВИЗАЦИЯ: НОВЫЕ ТРЕНДЫ И ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ: сборник статей. – 2023. – С. 128.
8. Регламент Европейского Парламента и Совета Европейского Союза 595/2009 от 18 июня 2009 г. об одобрении типа автотранспортных средств и двигателей в отношении выбросов от тяжеловесных транспортных средств (Euro VI) URL: <https://base.garant.ru/71054404/#friends> (дата обращения: 02.04.2024)
9. Абдуллина Л.Р. ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВИЭ В РФ / Л.Р. Абдуллина // Инновационные подходы в современной науке: сб. ст. по материалам CV Международной научно-практической конференции «Инновационные подходы в современной науке». – № 21(105). – М., Изд. «Интернаука», 2021.
10. Bukhtueva I. Enhancing Customer Experience with AI-Powered Personalization Techniques // Innovacionnaya nauka № 4-1, pp. 114-119, 2024

11. Kuznetsov I.A. Scalable architectures for backend development: current state and prospects // Modern scientific researches and innovations. 2024. № 2 [Electronic journal]. URL: <https://web.snauka.ru/en/issues/2024/02/101564>
12. Bukhtueva I. THE IMPACT OF AI TECHNOLOGIES ON BUSINESS PERFORMANCE // Vestnik nauki №3 (72) vol. 5. pp. 467 - 476. 2024 г. ISSN 2712-8849

References

1. Global electricity demand growth slowed only slightly in 2022 despite energy crisis headwinds / The International Energy Agency URL: <https://www.iea.org/reports/electricity-market-report-2023/executive-summary> (дата обращения: 02.04.2024)
2. Greenhouse Gas Emissions Countries 2024 URL: <https://www.geeksforgeeks.org/global-greenhouse-gas-emissions-data/> (дата обращения: 02.04.2024)
3. Konstantinov D.S., Andreeva V.S. THE ROLE OF REFRIGERATION SYSTEMS IN GLOBAL GREENHOUSE GAS REDUCTION: CURRENT STATUS AND PROSPECTIVE TECHNOLOGIES// Dnevnik nauki. 2024. №1
4. Abdullina, L. R., & Barbashov, N. N. (2020). Investigating the dependence of energy recuperation in rotary car parks using a flywheel energy storage system. In High Technologies and Innovations in Science: Collection of Selected Papers of the International Scientific Conference, Saint Petersburg, January 28, 2020 (pp. 125-128). Saint Petersburg: Scientific Research Institute "National Development".
5. Monitoringbericht zum Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich nach § 98 Absatz 3 EEG und Fortschrittsbericht Windenergie an Land nach § 99a EEG / Bericht der Bundesregierung 2023 URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/monitoringbericht-zum-ausbau-der-erneuerbaren-energien-im-strombereich-2023.html> (дата обращения: 02.04.2024)
6. Number of Internet of Things (IoT) connected devices from 2020 to 2030 (in millions), by region // Statista URL:

<https://www.statista.com/statistics/1194677/iot-connected-devices-regionally/>

(дата обращения: 02.04.2024)

7. Kotlyarova, E. V., & Volokhova, E. A. (2023). Architectural and Urban Planning Characteristics of Redevelopment of Former Industrial Zones: The Case of Canary Wharf in London. In *Digitalization: New Trends and Implementation Experience* (pp. 128).
8. Regulation (EC) No 595/2009 of the European Parliament and of the Council of 18 June 2009 on type-approval of motor vehicles and engines with respect to emissions from heavy-duty vehicles (Euro VI)
URL: <https://base.garant.ru/71054404/#friends> (дата обращения: 02.04.2024)
9. Abdullina, L.R. (2021). Legislative Base and Prospects of Renewable Energy Development in the Russian Federation. In *Innovative Approaches in Modern Science: collection of articles based on the materials of the CV International Scientific and Practical Conference "Innovative Approaches in Modern Science"*, No. 21(105). Moscow, Internauka Publishing.
10. Bukhtueva I. Enhancing Customer Experience with AI-Powered Personalization Techniques // *Innovacionnaya nauka* № 4-1, pp. 114-119, 2024
11. Kuznetsov I.A. Scalable architectures for backend development: current state and prospects // *Modern scientific researches and innovations*. 2024. № 2 [Electronic journal]. URL: <https://web.snauka.ru/en/issues/2024/02/101564>
12. Bukhtueva I. THE IMPACT OF AI TECHNOLOGIES ON BUSINESS PERFORMANCE // *Vestnik nauki* №3 (72) vol. 5. pp. 467 - 476. 2024 г. ISSN 2712-8849

© Рябинин С.А., 2024 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №2/2024*

Для цитирования: Рябинин С.А. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ СИЛОВЫХ МАШИН// *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №2/2024*