DOI: 10.58168/STR2026_214-221
УДК 62-2

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В АВТОНОМНЫХ УЛИЧНЫХ РОБОТАХ
ASSESSMENT OF THE APPLICABILITY OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES AND ELECTRIC MOTORS IN AUTONOMOUS STREET ROBOTS

Локтионов А. С., магистрант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Loktionov A. S., master student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Стариков А. В., д. техн. н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Starikov A.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Маклакова Е. А., д. филол. н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Maklakova E. A., Doctor. PhD in Philology, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Аннотация: В статье проводится сравнительный анализ типов двигателей для уличных роботов, которые востребованы в современных городских условиях и могут выполнять различные виды услуг, включая уборку территорий, ремонтные работы, помощь в охране правопорядка. Авторы рассматривают преимущества и недостатки каждого из возможных для применения типов двигателей, а также анализируют условия, в которых должен функционировать робот. На основе полученных результатов предложены возможные решения, способствующие усовершенствованию данного робототехнического оборудования.

© Локтионов А. С., Стариков А. В., Маклакова Е. А., 2026

Abstract: The article provides a comparative analysis of the types of engines for street robots that are in demand in modern urban environments and can perform various types of services, including cleaning territories, repair work, and law enforcement assistance. The authors consider the advantages and disadvantages of each of the possible types of engines, as well as analyze the conditions in which the robot should function. Based on the results obtained, possible solutions are proposed that contribute to the improvement of this robotic equipment.

Ключевые слова: роботизированное устройство, электродвигатель, двигатель внутреннего сгорания, автономная работа робота, эксплуатационный режим.

Keywords: robotic device, electric motor, internal combustion engine, autonomous operation of the robot, operational mode.

Введение

В современном мире большинство роботизированных устройств приводятся в движение с помощью двигателей. От типа двигателя зависит не только время автономной работы робота, но и виды работ, с которыми робот сможет справиться.

Уличные роботы могут осуществлять доставку заказов, проводить коммунальные работы, осуществлять патрулирование местности и многое другое. Ключевыми факторами успешного применения таких устройств в городских условиях являются длительность автономной работы, энергоэффективность, устойчивость к нагрузкам, а также устойчивость к климатическим условиям [1].

Выбор двигателя для роботизированных систем осуществляется из двух вариантов:

- электродвигатель (ЭД);
- двигатель внутреннего сгорания (ДВС).

Данный выбор определяет помимо технических и эксплуатационных характеристик, экономическую эффективность, экологичность функционирования, а также трудоемкость обслуживания рассматриваемой системы.

Эксплуатационный режим автономных уличных роботов

Уличные роботы могут быть разделены по весовым и функциональным

характеристикам на следующие три группы:

1. *Легкие роботы* для выполнения доставок и сервисных работ (масса до 100 кг, скорость 4-10 км/ч). Для данных роботов характерны регулярное движение, частые остановки, работа на территориях с большим скоплением людей. Такие роботы должны соответствовать следующим характеристикам:

- мобильность;
- отсутствие выбросов;
- низкий уровень шума.

2. *Средние роботы* для выполнения коммунальных работ и осуществления патрулирования (масса 100-500 кг, скорость 10-18 км/ч). Данные роботы предназначены для действий на открытых территориях и длительного функционирования с выполнением работ со средними нагрузками. Ожидаемые требования к таким роботам следующие:

- устойчивость к перепадам температур;
- энергоэффективность.

3. *Тяжелые роботы* для промышленных и специальных работ (масса от 500 кг, скорость до 30 км/ч). Такие роботы предназначены для строительных работ и выполнения операций в зонах чрезвычайных ситуаций. Свойства таких роботов следующие:

- тяговооруженность;
- длительное работоспособное состояние;
- быстрая дозаправка.

Представленная выше классификация обосновывает необходимость выбора определенного типа двигателя при оснащении роботизированной системы, предназначенной для выполнения конкретного вида работы [2-3].

Энергетические и массогабаритные характеристики

Сравнительная оценка двух рассматриваемых типов двигателей (ЭД и ДВС) проводится по следующим критериям:

- время зарядки или заправки;
- чувствительность к температуре;

− эффективность преобразования энергии.

Результаты сравнения ЭД и ДВС представлены в таблице 1.

Таблица 1 − Сравнение характеристик двигателей

Параметр	**ДВС**	**Электродвигатель**
Масса, кг	180-400	70-200
Удельная энергоемкость системы Вт·ч/кг	400-800	150-250
Энергетический КПД (от источника до колеса)	18-28 %	75-85 %
Время восполнения энергии	3-10 мин (заправка топливом)	1-8 ч (перезарядка аккумулятора)
Чувствительность к температуре	Низкая (до -40 °С)	Высокая (снижение емкости аккумулятора при температуре ниже -10 °С)

Как следует из таблицы 1, электродвигатель имеет высокий КПД, однако очень высокое время перезарядки, кроме того такой двигатель чувствителен к температуре окружающей среды. Для легких роботов, разработанных для коротких миссий, эти минусы незначительны, но для тяжёлых роботов с длительными миссиями это очень большой минус.

Сравнение надежности функционирования ДВС и ЭД

Оценка надежности двух типов двигателей выполнена по результатам практики их эксплуатации на основе данных о прекращении работоспособности электродвигателей и двигателей внутреннего сгорания.

Таблица 2 − Сравнение показателей надежности

Показатель	**ДВС**	**Электродвигатель**
Наработка на отказ, ч	3000-8000	20000-50000
Количество подвижных элементов	200-400	1-2
Требования к техническому обслуживанию	Замена расходников (масла, фильтров)	Диагностика электроники, замена подшипников
Стоимость владения	Высокая (топливо, расходные материалы)	Низкая (электроэнергия), но значительные начальные затраты на покупку аккумуляторных батарей

Выход из строя ДВС часто связан с неисправностью механических компонентов и требует эвакуации робота из рабочей зоны для ремонта. Поломка электродвигателя обычно связана с системой управления, что часто решается перезагрузкой системы или заменой требуемых компонентов [4-5].

Экологичность и эксплуатационные ограничения

Уличные роботы обычно функционируют в непосредственной близости к местам с большим скоплением людей. Во избежание нежелательных последствий контакты работающего робота с окружающими людьми должны сводиться к минимуму. Обычно влияние роботизированных систем на человека рассматривается по двум основным характеристикам, связанным с работой двух типов двигателей, а именно: уровень шума и выбросы.

Электродвигатель не имеет выбросов при эксплуатации, но его аккумулятор после истечения срока эксплуатации требует специальной утилизации. Уровень шума может достигать 50 дБ.

Двигатели внутреннего сгорания, наоборот, имеют выбросы при использовании, а именно: выхлопные газы. Уровень шума варьируется в диапазоне от 70 до 90 дБ, в зависимости от глушителя [6-7].

Заключение

По результатам выполненной оценки двух роботизированных систем с различными типами двигателей нельзя однозначно сказать, какой из данных типов двигателей лучше, так как каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Как правило, выбор типа двигателя и его конкретной модели зависит от особенностей поставленной задачи.

Так как уличные роботы работают в населенных пунктах в непосредственной близости от населения, то для таких механизмов лучшим выбором будет их оснащение электродвигателями. Для преодоления главного недостатка электродвигателя, а именно: времени перезарядки, – можно использовать быстросъёмные аккумуляторные батареи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сравнение электродвигателя и двигателя внутреннего сгорания. – URL: https://inner.su/articles/sravnenie-elektrodvigatelya-i-dvigatelya-vnutrennego-sgoraniya/?ysclid=mn0hxtovj7480148041#efficiency (дата обращения: 20.03.2026).

2. Логан, Дрю Г. Сравнение аккумуляторов и генераторов как источников питания для использования с мобильной робототехникой / Дрю Г. Логан., Джесси Пентцер, Шон Н. Бреннан // Journal of Power Sources.− 2012. – № 212. – URL: https://www.semanticscholar.org/paper/Comparing-batteries-to-generators-as-power-sources-LoganPentzer/ca78dd93a9b49f0f9045c72349b24885d9414f90 (дата обращения: 20.03.2026)

3. Крысинский, Т. Энергетика и моторизация в автомобильной и аэрокосмической отраслях / Т. Крысинский, Ф. Мальбюре.− 2020.− URL: https://vtome.ru/knigi/tehnicheskie_nauki/451046-energy-and-motorization-in-the-automotive-and-aeronautics-industries.html (дата обращения: 20.03.2026)

4. Преимущества электродвигателей. – URL: https://inner.su/articles/preimushchestva-elektrodvigateley/?ysclid=mn1jmxxt59453519374 (дата обращения: 20.03.2026).

5. Двигатель внутреннего сгорания. – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%B2%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%BE_%D1%81%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F?ysclid=mn1joqt6zq763141335 (дата обращения: 20.03.2026).

6. Как выбрать правильный двигатель для вашего робота? – URL: https://ru.ineed-motors.com/news/how-to-choose-the-right-motor-for-your-robot-44531973.html (дата обращения: 20.03.2026).

7. Подробный обзор двигателей для роботов. – URL: https://www.cubemars.com/ru/robotic-Motor-in-depth.html (дата обращения: 20.03.2026).

8. Илунина, А. А. Кафедра иностранных языков Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова: история и современность / А. А. Илунина, И. Р. Быстров // Наука преображает реальность : материалы

международной междисциплинарной научно-практической студенческой конференции. – Воронеж, 2023. – С. 152–155.

9. Илунина А. А., Маклакова Е. А. Организация самостоятельной работы студентов в обучении профессионально-ориентированному иностранному языку / А. А. Илунина, Е. А. Маклакова // Актуальные вопросы языковой подготовки в техническом вузе: традиции и инновации : сборник трудов Всероссийской заочной научно-практической конференции с международным участием. Под общей редакцией Л.А. Барановской. – Красноярск, 2020. – С.99-102.

REFERENCES

1. Comparison of an electric motor and an internal combustion engine. – URL: https://inner.su/articles/sravnenie-elektrodvigatelya-i-dvigatelya-vnutrennego-sgoraniya/?ysclid=mn0hxtovj7480148041#efficiency (date of request: 03/20/2026).

2. Logan, Drew G. Comparison of batteries and generators as power sources for use with mobile robotics / Drew G. Logan, Jesse Pentzer, Sean N. Brennan // Journal of Power Sources. 2012. – No. 212. – URL: https://www.semanticscholar.org/paper/Comparing-batteries-to-generators-as-power-sources-LoganPentzer/ca78dd93a9b49f0f9045c72349b24885d9414f90 (date of request: 03/20/2026)

3. Krysinsky, T. Energy and motorization in the automotive and aerospace industries / T. Krysinsky, F. Malburet.− 2020. URL: https://vtome.ru/knigi/tehnicheskie_nauki/451046-energy-and-motorization-in-the-automotive-and-aeronautics-industries.html (date of request: 03/20/2026)

4. Advantages of electric motors. – URL: https://inner.su/ articles/preimushchestva-elektrodvigateley/?ysclid=mn1jmxxt59453519374 (date of request: 03/20/2026).

5. Internal combustion engine. – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%B2%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%BE_%D1%81%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F?ysclid=mn1joqt6zq763141335 (accessed: 03/20/2026).

6. How do I choose the right engine for your robot? – URL: https://ru.ineed-motors.com/news/how-to-choose-the-right-motor-for-your-robot-44531973.html (date of request: 03/20/2026).

7. Detailed overview of robot engines. – URL: https://www.cubemars.com/ru/robotic-Motor-in-depth.html (date of reference: 03/20/2026).

8. Ilunina, A. A. Department of Foreign Languages of Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov: history and modernity / A. A. Ilunina, I. R. Bystrov // Science transforms reality : proceedings of the international interdisciplinary scientific and practical student conference. – Voronezh, 2023. – Pp. 152-155.

9. Ilunina A. A., Maklakova E. A. Organization of independent work of students in teaching a professionally oriented foreign language / A. A. Ilunina, E. A. Maklakova // Current issues of language training at a technical university: traditions and innovations : proceedings of the All-Russian Correspondence Scientific and Practical Conference with international participation. Edited by L.A. Baranovskaya. – Krasnoyarsk, 2020. – Pp.99-102.