

УДК 338.001.36

M.I. Klassovskaya, A.Yu. Botnariuk

COMPARATIVE TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF DIESEL AND ELECTRIC FORKLIFTS TAKING INTO ACCOUNT ENVIRONMENTAL ASPECTS

One of the current trends in the development of the Russian economy, and logistics in particular, is their greening. This paper identifies the urgency of the national economy's transition to environmentally friendly production, which is emphasized by the Transport Strategy and the Strategy for Socioeconomic Development of the Russian Federation. The trend toward transport electrification in various industries is identified, and the use of electric forklifts in the transport and logistics sector is analyzed. The main risks associated with the conversion of transport to electricity are identified. The advantages of using electric trucks in production processes are determined. A comparative technical and economic analysis of diesel and electric forklifts is conducted. Calculations are presented confirming the benefits of introducing electric forklifts into warehouses.

Keywords: green logistics, electric transport, diesel forklift, comparative analysis, feasibility study.

М.И.Классовская¹, А.Ю.Ботнарюк²**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИЗЕЛЬНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОГРУЗЧИКОВ С УЧЁТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ**

Одной из современных тенденций развития отечественной экономики и, в частности, логистики, является их экологизация. В работе определена актуальность перехода народного хозяйства на экологичное производство, который подчёркивается Транспортной стратегией и Стратегией социально-экономического развития Российской Федерации. Выявлена тенденция электрификации транспорта в различных отраслях производства, проанализировано применение электрических погрузчиков в транспортно-логистической отрасли. Установлены основные риски, связанные с переводом транспорта на электричество. Определены преимущества использования электрического грузового транспорта в производственных процессах. Проведен сравнительный технико-экономический анализ дизельного и электрического погрузчиков. Представлены расчёты, подтверждающие выгоду от внедрения электрического погрузчика на склад.

Ключевые слова: зелёная логистика, электрический транспорт, дизельный погрузчик, сравнительный анализ, технико-экономическое обоснование.

DOI: 10.36807/2411-7269-2026-1-44-30-35

На протяжении многих лет в сферах производства товаров и оказания услуг использовались техника и оборудование, работающие на горюче-смазочных материалах (ГСМ), которые не только оказывали негативное воздействие на окружающую среду, но и составляли значительную часть расходов в определённых отраслях (логистика, сельское хозяйство, строительство и т.д.). Одной из причин применения таких материалов было отсутствие альтернативных вариантов, более экономичных и экологичных, которые были бы также привлекательны для товаропроизводителей и поставщиков услуг.

Следует отметить тенденции экологизации экономики и логистики, одной из которых является декарбонизация – снижение вредных выбросов [1]. Важность декарбонизации подчёркивается, например, Международной морской организацией, которая определила цель сократить ежегодные выбросы парниковых газов водным транспортом минимум в 2 раза к 2050 г. по сравнению с 2008 г. [2]. Существует и специальный термин "зелёная логистика", означающий минимизацию воздействия логистической деятельности на окружающую среду [3]. Экологически чистый транспорт, безусловно, является одним из элементов "низкоуглеродной" экономики [4].

¹ Классовская М.И., старший преподаватель кафедры экономической теории, экономики и менеджмента; Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, г. Новороссийск

Klassovskaya M.I., Senior Lecturer of the Department of Economic Theory, Economics and Management; Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk

E-mail: mariaklass@mail.ru

² Ботнарюк А.Ю., студент кафедры технологии транспортных процессов и управления водным транспортом; Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, г. Новороссийск

Botnariuk A.Yu., Student of the Department of Technology of Transport Processes and Management on Water Transport; Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk

Однако в настоящее время экологичное производство является не просто трендом по защите окружающей среды, а частью Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г., где одной из задач является запуск гигафабрик по производству литий-ионных аккумуляторов, чтобы стимулировать распространение электромобилей [5]. Ещё один важный документ в этом направлении – Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г., которой предусматривается использование новых видов энергоэффективного транспорта, перевод автомобилей на гибридные энергоустановки, стимулирование перехода на модели, имеющие нулевой уровень выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ [6].

Необходимо отметить, что переход на электрические технические средства осуществляется также в различных секторах производства и стремительно набирает популярность. Так, всемирный рынок электрического строительного оборудования в 2022 г. оценивался приблизительно в 10-12 млрд долл., и прогнозируется рост до 25-29 млрд долл. к 2030 г. со среднегодовым темпом роста около 12-12,5%. Электрическая техника активно захватывает сегменты строительства и добычи за счёт стимулирования строгими экологическими нормами, снижением эксплуатационных расходов и инновациями в аккумуляторах и телематике. Такие крупные производители спецтехники, как Caterpillar, Volvo, Komatsu, Doosan активно развивают линейку электрических моделей, разрабатывают отдельные "зелёные" бренды, создают специальные программы и участвуют в партнёрствах для увеличения доступности электрической техники. Фронтальные погрузчики, экскаваторы-погрузчики, мини-погрузчики и другая спецтехника с электрическими двигателями всё больше встречаются на рабочих строительных объектах.

Согласно исследованию от TNO (Голландская организация прикладных научных исследований), ожидается вложение около 2 млрд евро в обновление техники до 2026 г. и ещё 2,5 млрд евро в последующие пять лет, с заменой 80% из 43 000 машин. Программа Clean and Emission Free Construction (SSEB) нацелена на превращение всей строительной техники в нулевую по выбросам к 2035 г. В это же время в рамках "Национального фонда роста" планируются значительные инвестиции в инфраструктуру, включая жильё, порты, транспорт и чистую энергетику [7].

Вышесказанное подтверждает актуальность вопроса электрификации транспорта и оборудования, используемого для создания товаров и оказания услуг. Рассмотрим трудности, препятствующие развитию рынка электрического транспорта.

1. Сложности производства аккумуляторных батарей, изготавливаемых из редкоземельных металлов – лития, кобальта, марганца и неодима, в связи с геополитическими рисками, так как эти полезные ископаемые, в основном, сосредоточены в землях Китая, с которым США ведёт торговую войну.

2. Известные случаи убыточности бизнеса при инвестировании в "зелёные" проекты [8], в том числе по производству электромобилей и комплектующих к ним, что выявляет необходимость поддержки этого экономического направления государственными субсидиями.

3. Проблемы утилизации аккумуляторных батарей, что обостряет экологические риски.

Несмотря на все сложности внедрения электрического транспорта, предприятия транспортно-логистического сектора также проявили интерес к переходу на электрическое "топливо". Согласно работе [9], в последние годы можно отметить тенденцию по увеличению поисковых запросов на покупку электрических погрузчиков, что свидетельствует о заинтересованности предпринимателей в их приобретении. К 2030 г. доля такой техники на рынке складского оборудования может вырасти до 70-80%. К грузовому электрическому транспорту относятся электропоезда и электровозы постоянного и переменного тока, электрокары, электротележки, электротягачи и электропогрузчики [10].

История электропогрузчиков начинается с 1923 г., когда американский инженер Линус Йель изобрёл первый электрический погрузчик, ставший прародителем современных вилочных погрузчиков [11]. В российской же истории производство электропогрузчиков началось в 1956 г. на заводе № 8 им. Калинина в Свердловске (компания до сих пор их выпускает в моделях ЭП1620, ЭП1820 и ЭП2020 грузоподъёмностью от 1,6 до 2 т). В это же время на Сарапульском электрогенераторном заводе стали производить электрические тележки ЭК-2 для внутрипроизводственной перевозки грузов массой до 2 т. Ещё одно достижение этого завода – унифицированная машина технологического электро-транспорта, предназначенная для перевозки различных грузов и применения в качестве тягача или унифицированного шасси для выполнения разных видов работ (в зависимости от типа навесного оборудования), благодаря чему были решены вопросы импортозаме-

щения в сфере производственного электрического транспорта [12]. Работа российских учёных над совершенствованием электрического транспорта продолжается до сих пор: в Московском энергетическом институте проводится исследование по разработке тяговых вентиляно-индукторных приводов для грузового электрического транспорта [13].

Погрузчики являются важной и неотъемлемой частью процесса оказания логистических услуг и выполнения работ. Они обеспечивают транспортировку груза в порту и на складах, занимаются штабелированием товаров и их укладкой, а продолжительность работы при посменном графике – практически круглосуточная. Следовательно, при такой нагрузке сопутствующие эксплуатационные расходы достаточно велики. Привлекательность электрических погрузчиков для транспортно-логистических предприятий заключается, в первую очередь, в снижении издержек. Помимо этого, переход на более экологичное перегрузочное оборудование повышает репутацию предприятия в глазах инвесторов и лояльность грузовладельцев, что способствует достижению целей устойчивого развития логистических компаний [14]. Также использование электропогрузчиков влияет на сохранность некоторых видов грузов, например, лекарств, что повышает качество транспортно-логистического обслуживания клиентов [15], обеспечивает устойчивое развитие грузовой базы предприятия [16] и повышение его финансовой состоятельности [17].

Электропогрузчики функционируют за счёт аккумуляторных батарей, которые питают электродвигатель. Современные модели оснащаются литий-ионными или свинцово-кислотными аккумуляторами, обеспечивающими работу от 4 до 8 часов в зависимости от нагрузки и типа батареи. Их грузоподъёмность варьируется от 1 до 4,8 т (для портовых погрузчиков), а специализированные модели могут поднимать грузы весом до 8-10 т. Скорость передвижения таких машин составляет 12-20 км/ч, а максимальная высота подъёма достигает 3-7 м. В Табл. 1 представлена сравнительная характеристика электрической и дизельной моделей погрузчика.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика электрического и дизельного погрузчика (составлено авторами по [18])

Характеристика	Электрический погрузчик	Дизельный погрузчик
Экологичность	Отсутствие вредных выбросов	Производят CO ₂ , оксиды азота и твёрдые частицы
Уровень шума	При работе значительно ниже (60-70 дБ и меньше против 85-95 дБ у дизельных моделей)	Создается шумовой фон, требуются дополнительные меры по шумоизоляции
Производительность	Обеспечивает высокую производительность за счёт манёвренности и точности управления	Обеспечивает большую мощность и грузоподъёмность, что критично для перемещения тяжёлых грузов
Эксплуатационные расходы	Затраты на электроэнергию существенно ниже расходов на дизельное топливо, а электродвигатели требуют менее частого и дорогостоящего технического обслуживания	Затраты на топливо и регулярное техническое обслуживание (замена масла, фильтров, ремонт топливной аппаратуры), интервал технического обслуживания как минимум в два раза чаще
Срок службы	10-15 лет	8-10 лет
Время работы	Ограниченное время автономной работы, которое требует регулярной подзарядки батарей. При интенсивной эксплуатации может потребоваться система быстрой замены аккумуляторов	Длительное время непрерывной работы. Возможность быстрой дозаправки топливом
Применение (место)	Не предназначен для эксплуатации на открытых площадках, однако существуют погрузчики, предназначенные для работы на открытых складских площадках и хранения на улице	Эффективен как в помещениях, так и на открытых площадках, включая работу в сложных погодных условиях: при низких температурах, высокой влажности или запылённости
Стоимость	Обычно на 20-30% дороже дизельных аналогов	Ниже, чем электрического аналога сопоставимой мощности

Исходя из данных, представленных в Табл. 1, можно сделать следующие выводы:

– электропогрузчики являются оптимальным вариантом для работы с грузами в закрытых помещениях (склады, хабы и т.д.) с недостаточной вентиляцией воздуха, узкими проходами между стеллажей, нетяжеловесным грузом, в несколько смен (возможность зарядки или замены батареи в перерывах между сменами), а также для работы в пищевой, фармацевтической и иных отраслях производства, где на груз пагубно влияют выхлопы от двигателя на ГСМ;

– дизельные и иные погрузчики, работающие на ГСМ, будут лучшим выбором для работы на открытых площадках (лесопилка, строительный объект и т.д.), особенно, при неблагоприятных погодных условиях (низкие температуры, высокая влажность, силь-

ная запылённость и т.п.), интенсивной работе без возможности подзарядки, с тяжеловесными грузами.

По данным работы [9], использование электрических погрузчиков сопровождается отсутствием выбросов в атмосферу, что благоприятно влияет на сотрудников закрытых складских помещений и сохранность грузов. За счёт использования электрических погрузчиков компания может снизить углеродный след на 25-30%, повысить производительность труда на 15-20% и уменьшить время перегрузочных работ на 10-15%.

Ещё одним существенным преимуществом внедрения электропогрузчиков является возможность их дальнейшей интеграции в систему управления складом (warehouse management system – WMS), что откроет новые перспективы для оптимизации системы складирования и, впоследствии, цифровой трансформации предприятия. Это позволит сформировать и, в дальнейшем, развивать инновационный потенциал транспортно-логистического предприятия, а также окажет благоприятное воздействие на совершенствование отечественной экономики. Интеграция нового электрического перегрузочного оборудования в систему управления складом позволит снизить непроизводственные расходы за счёт привлечения и использования возможностей машинного обучения и искусственного интеллекта.

Как отмечают авторы работы [19], следующим этапом развития электропогрузчиков будут полностью автономные модели, что позволит перевести их в разряд беспилотного перегрузочного оборудования, что, в свою очередь, повысит эффективность выполнения складских операций на 30-40% и снизит влияние человеческого фактора.

Для определения экономической выгоды, получаемой от использования электрического погрузчика, проанализируем данные, представленные в Табл. 2 (стоимость 1 долл. США – 95 руб.).

Таблица 2 – Сравнительная характеристика экономических результатов приобретения и эксплуатации премиального электрического и дизельного погрузчика (составлено авторами по [20])

Варианты приобретения	Премиальный дизельный погрузчик	Премиальный электрический погрузчик
Стоимость с учётом расходов и утилизационным сбором, долл. США	57 000	63 000
Сервис		
Периодичность ТО, м/ч	500	500
ТО-1 (500 м/ч), руб., в т. ч. НДС	13 300	11 000
ТО-2 (1000 м/ч), руб., в т. ч. НДС	62 500	58 900
ТО-3 (2000 м/ч), руб., в т. ч. НДС	75 800	69 900
Стоимость при наработке 10 000 м/ч, руб., в т. ч. НДС	758 000	699 000
Эксплуатационные расходы		
Расход: л/ч, кВт/ч	4	6,5
Продолжительность 1 смены, ч	7	7
Количество смен в день, шт.	1	1
Ёмкость бака, л	60	-
Батарея, V/Ah	-	80/560
Время работы на 1 АКБ/1 баке, ч	19,5	7,17
Стоимость кВт/л, руб.	69	5,5
Стоимость зарядки/заправки, руб./бак, руб./АКБ	4 140	295,68
Стоимость в час, руб./ч	212,31	41,25
Стоимость обработки 1 паллеты, руб./паллета	3,54	0,69
Стоимость при общей наработке 10 000 м/ч (5 лет)	2 123 076	412 500
Замена АКБ, год	-	10,78
Итоговые затраты		
Стоимость приобретения, долл. США, в т.ч. НДС	57 000	63 000
Стоимость эксплуатации, руб. за 10 000 м/ч	2 123 076	412 500
Стоимость сервиса, руб. за 10 000 м/ч	758 000	699 999
Итого (все затраты на 10 000 м/ч), руб., в т.ч. НДС	8 296 073	7 096 500

Электрический погрузчик имеет более низкие эксплуатационные расходы за счёт экономии на топливе и более низких расходов на эксплуатацию и сервисное обслуживание. Рассчитаем экономическую выгоду от использования дизельного и электрического погрузчиков (Табл. 3).

Общая наработка погрузчиков за год: $10000/5 = 2000$ м/ч

Стоимость сервисного обслуживания за год:

Дизельный погрузчик: $758000/5 = 151600$ руб.

Электрический погрузчик: $699999/5 = 139999,8$ руб.

Эксплуатационные расходы за год:

Дизельный погрузчик: $2123076/5 = 424615,2$ руб.

Электрический погрузчик: $412500/5 = 82500$ руб.

Количество смен за год: $10000/(7 \cdot 5) = 285$ смен

Так как количество смен одинаково для дизельного и электрического погрузчиков, то, следовательно, расходы на выплаты заработной платы сотрудникам будут равны и ими можно пренебречь при дальнейших расчётах.

За смену погрузчики обрабатывают 60 паллет, поэтому стоимость обработки в час для дизельного погрузчика: $3,54 \cdot 60 + 55\% = 329,22$ руб./ч.

При равных условиях эксплуатации стоимость обработки паллет в час для электрического погрузчика будет также равна 329,22 руб./ч.

Следовательно, годовой доход дизельного и электрического погрузчиков будет также равным: $329,22 \cdot 7 \cdot 285 = 656793,9$ руб.

Годовая прибыль составит:

Дизельный погрузчик: $656793,9 - 151600 - 424615,2 = 80578,7$ руб.

Электрический погрузчик: $656793,9 - 139999,8 - 82500 = 434294,1$ руб.

Коэффициент эффективности:

Дизельный погрузчик: $(80578,7 / (151600 + 424615,2)) \cdot 100 = 13,98\%$

Электрический погрузчик: $= (434294,1 / (139999,8 + 82500)) \cdot 100 = 195,19\%$

Таблица 3 – Сравнение экономических показателей от использования дизельного и электрического погрузчиков (составлено авторами)

	Дизельный погрузчик	Электрический погрузчик
Общая наработка за год, м/ч	2000	2000
Стоимость сервисного обслуживания за год, руб.	151 600	139 999,8
Эксплуатационные расходы за год, руб.	424 615,2	82 500
Стоимость обработки 60 паллет в час, руб.	329,22	329,22
Годовой доход, руб.	656 793,9	656 793,9
Годовая прибыль, руб.	80 578,7	434 294,1
Коэффициент эффективности, %	13,98	195,19

При равных входных данных коэффициент эффективности электрического погрузчика составил 195,19%, что практически в 14 раз больше по сравнению с результатом дизельного погрузчика (13,98%).

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- использование электрического погрузчика является наиболее выгодным для предприятия ввиду меньших издержек на обеспечение его работы;
- электрический погрузчик снижает нагрузку на окружающую среду, что способствует улучшению имиджа транспортно-логистического предприятия и является одним из направлений Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 г.;
- применение данной модели также снизит уровень шума, за счёт чего сотрудникам будет комфортнее работать и не потребуются усиленная защита слухового аппарата;
- отсутствие выхлопов делает электрические погрузчики оптимальным вариантом для перегрузки некоторых видов товаров (пищевая и фармацевтическая промышленность);
- формирование и дальнейшее развитие, а также оптимизация складских процессов будут достигнуты благодаря интеграции электрических погрузчиков в WMS-систему, что позволит предприятию реализовать свой инновационный потенциал;
- наиболее оптимальным местом эксплуатации являются закрытые склады, также требуется отсутствие тяжёлых грузов;
- для увеличения срока службы необходимо максимально оградить электрические погрузчики от воздействия неблагоприятных погодных условий (низкие температуры, осадки и т.п.).

Список использованных источников

1. Клименко А.Г., Очеретяный В.А. Правовые, экологические аспекты и особенности декарбонизации энергетики и транспорта в Российской Федерации // Системы контроля окружающей среды. – 2022. – № 2(48). – С. 61-72. – DOI: 10.33075/2220-5861-2022-2-61-72.
2. Ботнарюк М.В., Ксенцова Н.Н., Тимченко Н.Ю., Чомлекчи И. Математическая модель перевозочной работы судна, учитывающая фактор декарбонизации морского

флота // Эксплуатация морского транспорта. – 2023. – № 1(106). – С. 45-50. – DOI: 10.34046/aumsuomt106/7.

3. Домнина О.Л., Костров В.Н., Ничипорук А.О. Современное состояние, проблемы и основные направления развития логистики на водном транспорте // Научные проблемы водного транспорта. – 2023. – № 76. – С. 141-165. – DOI: 10.37890/jwt.vi76.368.

4. Карева О.Н. Развитие транспортной логистики в контексте достижения целей в области устойчивого развития // Экономический вектор. – 2025. – № 4(43). – С. 39-42. – DOI: 10.36807/2411-7269-2025-4-43-39-42.

5. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года // Консультант Плюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402052 (дата обращения: 13.02.26).

6. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года // Консультант Плюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_399657 (дата обращения: 25.02.26).

7. Перспективы развития электрической спецтехники в мире и в России // Компания "ТЕХБАЗА". – URL: <https://texbaza-group.ru/useful/perspektivy-razvitiya-elektricheskoy-spezctehniki-v-mire-i-v-rossii/> (дата обращения: 13.02.26).

8. Потапова М.Д., Конягина М.Н. "Зелёные" инвестиции в эпоху // Экономический вектор. – 2025. – № 1(40). – С. 140-147. – DOI: 10.36807/2411-7269-2025-1-40-140-147.

9. Карташова О.И., Харченко О.А. Экологические преимущества электропогрузчиков: как переход на электрические модели улучшает складскую логистику // Современные проблемы логистики, экономики, управления в эпоху глобальных вызовов: Сборник материалов IV Международной заочной научной конференции, Астрахань, 16 декабря 2024 года. – Астрахань: ИП Сорокин Р.В., 2025. – С. 117-119.

10. Преснякова Е. Мировой рынок электротранспорта: потенциал роста и риски // Наука и инновации. – 2021. – № 1(215). – С. 12-17.

11. Данилов Р.Г., Говоруха А.В. Автопогрузчики // Строительные и дорожные машины. – 2023. – № 1. – С. 3-13.

12. Анализ показателей надёжности унифицированной машины технологического электротранспорта / Б.А. Якимович, Н.М. Филькин, Р.С. Музафаров [и др.] // Энергетические установки и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 64-70.

13. Бутырин П.А., Халютин С.П. Производство систем электропитания для автономных электротранспортных средств в России // Электричество. – 2023. – № 2. – С. 13-26. – DOI: 10.24160/0013-5380-2023-2-13-26.

14. Ботнарюк М.В., Гурьева А.А. Модель устойчивого развития логистических предприятий в цифровой среде // Логистика. – 2023. – № 5(198). – С. 33-37. – DOI: 10.54959/22197222_2023_05_33.

15. Ботнарюк М.В., Грасс Е.Ю. Методические основы оценки качества транспортно-логистического обслуживания клиентов оператора морского терминала // Научные проблемы водного транспорта. – 2023. – № 75. – С. 145-155. – DOI: 10.37890/jwt.vi75.375.

16. Лепехина Ю.А. Система мер по обеспечению устойчивого развития грузовой базы стивидорной компании // Вестник государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова. – 2022. – № 2(39). – С. 62-66.

17. Лепехина Ю.А. Комплекс мер по повышению финансовой состоятельности стивидорной компании // Вестник государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова. – 2023. – № 3(44). – С. 108-113.

18. Какой погрузчик лучше – электрический или дизельный // ООО "Подъёмно-погрузочная техника". – URL: https://jh-shop.ru/articles/kakoy-pogruzchik-luchshe-elektricheskij-ili-dizelnyy/?srsltid=AfmBOorO_TjnVOZqd2116664oPEOSVw3fuUgJv2-YuSg2SAUHWRIAv33 (дата обращения: 13.02.26).

19. Деленьян Б.А., Ботнарюк М.В. Модель цифровой трансформации предприятия морского транспорта // Экономика устойчивого развития. – 2024. – № 1(57). – С. 47-50.

20. МН RUS // Официальный дилер Sany, Noblelift. – URL: <https://materialhandling.ru/upload/iblock/281/xuhvffj6j3k3620jjkn8kbyyvw5951ts.pdf> (дата обращения: 25.02.26).