

Научная статья
УДК 629.3.02-83-843

Обоснование рациональной емкости тяговой батареи подключаемого гибридного транспортного средства на основе анализа эксплуатационных условий

Олег Олегович Золотарев

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры – филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Макеевка, ДНР, Россия

o.o.zolotarev@donnasa.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8631-390X>

Аннотация. В условиях роста стоимости традиционных энергоносителей и параллельного развития инфраструктуры энергоснабжения для электромобилей возрастает актуальность оптимизации параметров силовых установок подключаемых гибридных автомобилей. В работе обоснован подход к определению рациональной ёмкости тяговой аккумуляторной батареи на основе анализа реальных условий эксплуатации, который обеспечивает максимальную долю электрического пробега при минимальных совокупных затратах на протяжении жизненного цикла транспортного средства. Исследование включает статистическую обработку данных о суточных пробегах, влияние климатических факторов на сезонные колебания энергопотребления. Представлена зависимость рациональной ёмкости батареи от характеристик индивидуального эксплуатационного цикла движения и других условий. Полученные результаты могут быть использованы при создании гибридных транспортных средств и выборе параметров тяговых батарей с учётом различных сценариев эксплуатации.

Ключевые слова: гибридное транспортное средство, тяговая аккумуляторная батарея, рациональная емкость батареи, эксплуатационный цикл, стоимость энергии, энергетическая эффективность

Для цитирования: Золотарев О.О. Обоснование рациональной емкости тяговой батареи подключаемого гибридного транспортного средства на основе анализа эксплуатационных условий // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2026. № 2 (48).

Original article

Justification of rational capacity of traction battery for plug-in hybrid electric vehicle based on analysis of operational cycles and energy resources cost

Oleg O. Zolotarev

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture – branch of Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Moscow State University of Civil Engineering, Makeevka, Russia

o.o.zolotarev@donnasa.ru

© Золотарев О.О., 2026

Abstract. Against the backdrop of rising costs of conventional energy carriers and the development of power supply infrastructure for electric vehicles, optimizing powertrain parameters for plug-in hybrid electric vehicles has become increasingly relevant. This study substantiates an approach to determining the rational capacity of a traction battery based on the analysis of real-world operating conditions, ensuring a maximum share of all-electric driving while minimizing total costs over the vehicle's life cycle. The research involves statistical processing of daily mileage data and examines the impact of climatic factors on seasonal fluctuations in energy consumption. The dependence of rational battery capacity on the characteristics of individual driving cycles and other operational conditions is presented. The obtained results can be applied in the development of hybrid vehicles and in selecting traction battery parameters tailored to various operational scenarios.

Keywords: hybrid electric vehicle, traction battery, rational battery capacity, operational cycle, energy cost, energy efficiency

For citation: Zolotarev O.O. Justification of rational capacity of traction battery for plug-in hybrid electric vehicle based on analysis of operational cycles and energy resources cost. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2026. № 2 (48).

Введение

Стоимость всех энергоресурсов периодически увеличивается из-за множества экономических и политических факторов. При этом стоимость разных видов топлива варьируется в широких пределах, именно она в значительной степени влияет на эксплуатационные затраты в процессе жизненного цикла автомобиля.

Актуальность данной статьи определяется тем, что рост стоимости углеродных источников топлива приводит к возрастающей потребности в научных исследованиях, направленных, с одной стороны, на диверсификацию энергетических ресурсов человечества, а с другой, на разработку гибридных транспортных средств и электромобилей: hybrid electric vehicles, plug-in hybrid electric vehicles, battery electric vehicles (HEV, PHEV, BEV).

Цель работы – обоснование рациональной ёмкости тяговой аккумуляторной батареи, обеспечивающей максимальную долю электрического пробега подключаемого гибридного транспортного средства при минимизации совокупных затрат на протяжении жизненного цикла автомобиля, на основе анализа реальных эксплуатационных условий.

Гибридным транспортным средством (ГТС), в соответствии с ГОСТ Р 59890-2021, является транспортное средство, оборудованное силовым агрегатом, которое содержит не менее двух различных категорий устройств преобразования энергии в тягу и не менее двух различных категорий систем накопления тяговой энергии. Применение ГТС для выполнения транспортной работы позволяет получить преимущества как транспортных средств, работающих только от ДВС, так и полных электромобилей. Энергопотребление имеет большое экономическое и экологическое значение при определении стоимости топлива и экологичности.

В качестве положительного эффекта эксплуатации подключаемого гибридного электромобиля в режиме чистого электромобиля стоит отметить факт снижения частоты холодных пусков ДВС, которые в наибольшей степени влияют на износ двигателя. Двигатель функционирует в установившихся режимах и оптимальном термодинамическом диапазоне, соответствующих зонам высокого эффективного КПД, что минимизирует динамические и термические нагрузки. Такой режим эксплуатации агрегата приближен к условиям загородного цикла эксплуатации автомобиля.

Экономические и энергетические предпосылки развития подключаемых гибридов

Одним из видов энергии, распространённых в последнее время на колесном транспорте, стала электрическая энергия, вырабатываемая централизованно с использованием ТЭС из недорогих ископаемых топлив. Первичным сырьем для данной энергии служат мазут и природный газ.

Потребитель может получить доступ к электрической энергии как в бытовых условиях от сети 220В, так и с помощью специализированных зарядных станций мощностью от 4 кВтч до 1500 кВтч, что позволяет обеспечить время заряда от нескольких часов при малых токах и напряжении до нескольких минут при наличии значительных мощностей на станции. Стоимость электрической энергии «ДОНЕЦКЭНЕРГО» – филиала

акционерного общества «Юго-западная электросетевая компания» – привлекает потребителей своей относительной дешевизной (от минимальных 1,36 руб/кВт·ч для частных потребителей в ночное время до 10,86 руб/кВт·ч для крупных производств в дневное время). Этим и определяется всё увеличивающееся количество электрифицированных автомобилей (рисунок 1) (подробнее см. [1], а также маркетинговый отчет¹).

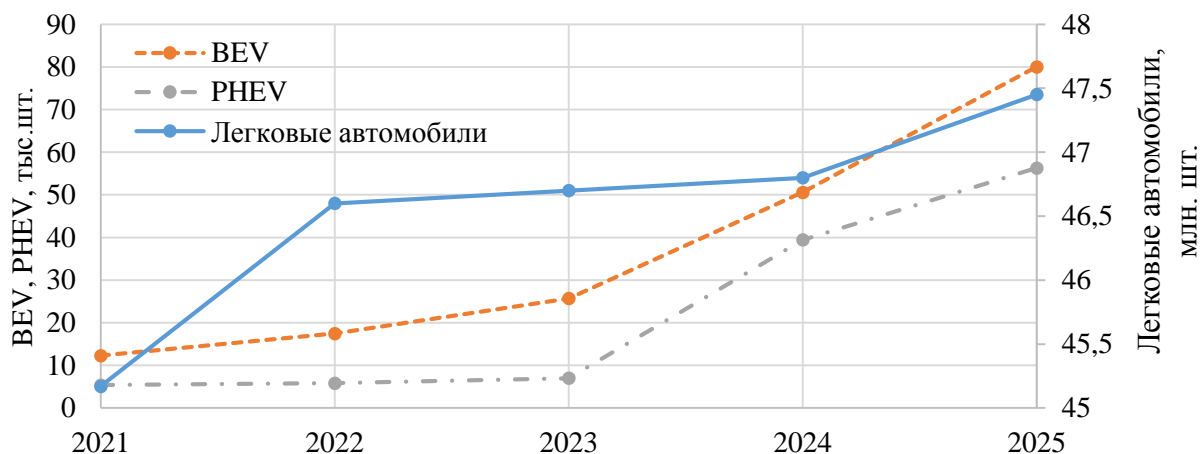


Рис. 1. Динамика роста парка ГТС и электромобилей в РФ

Возможно утверждать, что стоимость электрической энергии сопоставима со стоимостью жидких топлив: так, 1кВт·ч – это 3,6 МДж, 1 л бензина марки АИ-95 \approx 31 МДж, таким образом, 1 л бензина по энергии эквивалентен \approx 8,6 кВт·ч электрической энергии. Получается, что по одноставочному тарифу для юридических лиц (8,36 руб/кВт·ч) стоимость 8,6 кВт·ч составляет 72 рубля, а одного литра бензина 73 рубля (на 23.03.26 г.). Однако практически при равной стоимости энергии различных видов эффективность её преобразования в механическую работу посредством электрической машины выше, чем ДВС, что и обеспечивает экономическую целесообразность эксплуатации электрифицированных силовых установок. Вышеотмеченные факторы обеспечили сегодняшнюю распространенность подключаемых ГТС и электромобилей, несмотря на относительно сложный и

¹ Аналитическое агентство «АВТОСТАТ». Парк ТС в РФ на 01.01.2026 г: маркетинговый отчет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/research/product/551/> (дата обращения: 09.04.2026).

дорогостоящий процесс дальнейшей утилизации тяговых аккумуляторных батарей (ТАБ).²

Влияние эксплуатационных циклов на энергопотребление

Одним из основных факторов, определяющих интенсивность эксплуатации личного автомобильного транспорта в городской среде, является маятниковая миграция населения [2] по повторяющемуся маятниковому маршруту «место проживания – место работы – место проживания» [3, 4]. Данный циклический характер движения формирует устойчивый суточный пробег, который может являться базовым параметром при определении рациональной энергоемкости накопителей, ТАБ, для подключаемых ГТС (Plug-in Hybrid Electric Vehicle - PHEV) и электромобилей (Battery Electric Vehicle - BEV).

Рассматривая конструкции как подключаемого ГТС, так и чистого электромобиля, возможно отметить тот факт, что значительную часть стоимости нового автомобиля составляет аккумуляторная тяговая батарея, которая состоит из дорогостоящих цветных и редких металлов (до 40%) [5]. Величина емкости и энергетической плотности такой батареи также напрямую влияет не только на её стоимость, но и на габаритные и весовые параметры автомобиля, его эксплуатационные характеристики: величину запаса хода в режиме электромобиля, разгон, расход энергии и топлива. Поэтому выбор емкости ТАБ должен быть обоснован рациональностью её эксплуатации в тех или иных условиях.

В большей степени величина емкости ТАБ определяется энергетическими затратами на обеспечение транспортной работы и поддержание микроклимата в салоне (отопление и кондиционирование). Причем эти затраты могут быть сопоставимы между собой [6].

² Соколов, Д. Стандартизация в области переработки аккумуляторных батарей электромобилей / Д. Соколов, Е. Смирнова // Роль технического регулирования и стандартизации в эпоху цифровой экономики: Материалы IV международной научно-практической конференции молодых ученых, Екатеринбург, 20 октября 2022 года. – Екатеринбург: Издательский дом «Ажур», 2022. – С. 164–168.

Существуют различные ездовые циклы движения, предназначенные для моделирования движения автомобиля в различных условиях с различными целями (город, трасса, смешанный режим и др.). В большинстве такие циклы состоят из различных участков разгона, замедления и прямолинейного движения различной длины [7]. Однако они не могут указать на персональную необходимость водителя по среднесуточному пробегу (поездки на работу и обучение, культурно-бытовые и частные) и комфортные условия внутри автомобиля. Такие данные определяются множеством факторов и, как правило, исследуются отдельно [8].

Анализ суточных пробегов и динамики расхода энергии

В настоящем исследовании автором были собраны статистические данные об эксплуатации ГТС Toyota Prius ZVW52 последовательно-параллельного типа, который имеет ТАБ общей емкостью в 8.8 кВт·ч, при этом для движения в режиме электромобиля доступно около 6 кВт·ч (информация приведена в таблице 1 и на рисунке 2). Опираясь на данные ООО «Расписание погоды», сформирована статистика среднемесячных температурных режимов эксплуатации. Транспортное средство передвигалось в большей степени в районе Донецко-Макеевской городской агломерации, маршрут движения – маятниковый (г. Донецк, ул. Кадиевская – г. Макеевка, ул. Державина).

На основании анализа статистических данных за 27-месячный период (с 01.01.2024 по 01.03.2026) выявлена зависимость расхода топлива от среднемесячного и среднесуточного пробега транспортного средства (таблица 1). При среднемесячном пробеге в диапазоне 800–900 м (что соответствует приблизительно 30 км/сутки, как зафиксировано в январе 2024 г., сентябре 2025 г. и марте 2026 г.) расход топлива стремится к минимальным значениям – 0–0,3 л/100км. Данный факт свидетельствует о том, что ёмкость тяговой аккумуляторной батареи (ТАБ) достаточна для удовлетворения практически всех суточных потребностей в передвижении в

указанных условиях эксплуатации. При увеличении среднемесячного пробега до 1500–2000 км (свыше 50 км/сутки, что наблюдалось в феврале 2024 г., октябре 2024 г. и апреле 2025 г.) фиксируется существенное возрастание расхода бензина до уровня 2,7–6,3 л/100 км.

При этом минимальный расход электрической энергии зафиксирован в летние месяцы. В июне–августе расход падает до 12–15 кВт·ч/100 км, несмотря на работу кондиционера (нагрузка 0.1–0,24). В январе–феврале расход электричества возрастает до 23–27,8 кВт·ч/100 км. В феврале 2025 и 2026 годов расход топлива составил 4,1–6,3 л, что выше других зимних месяцев.

Таблица 1

Статистика среднемесячных значений эксплуатационных показателей
ГТС Toyota Prius ZVW52 за 27 месяцев

Дата	Расход электрической энергии, N , кВт·ч /100 км	Доля нагрузки на кондиционер, от максимальной, K	Расстояние, пройденное за месяц L , км	Путевой расхода топлива по данным бортовой телеметрии G , л/100 км	Температура окружающей среды t_e
1.2024	27.8	0.36	3	0	0.2
2.2024	23.6	0.27	2103	3.6	2.1
3.2024	20.4	0.2	899	0.7	5.4
4.2024	15.6	0.09	586	0.1	14.8
5.2024	15.4	0.09	1185	1.3	17.2
6.2024	16	0.2	950	0.5	22.6
7.2024	17.1	0.27	1587	1.5	26.4
8.2024	15.4	0.19	1285	1.3	24.9
9.2024	14	0.08	1625	2.5	19.5
10.2024	15.9	0.14	2072	2.7	11.8
11.2024	20.8	0.31	891	0.2	4.2
12.2024	22.5	0.32	818	0.9	-0.5
1.2025	18.7	0.18	812	6.3	-1.8
2.2025	23.6	0.42	933	6.3	-4.5

Наземные транспортно-технологические средства и комплексы

3.2025	15.5	0.09	1179	2.5	3.8
4.2025	13.3	0.04	2332	4	11.2
5.2025	12.8	0.05	2283	3.9	18.5
6.2025	12.1	0.08	1681	2.7	23.1
7.2025	15.6	0.24	894	0.5	25.8
8.2025	12.3	0.1	1302	1.9	24.2
9.2025	11.8	0.04	857	0	18.7
10.2025	14.9	0.13	891	0.04	10.4
11.2025	17.1	0.2	1194	2	5.9
12.2025	21.9	0.29	1053	1.7	-2.1
11.2025	17.1	0.2	1194	2	-6.4
12.2025	21.9	0.29	1053	1.7	-3.2
1.2026	23.5	0.28	1161	2.7	5.8
2.2026	21.8	25	2044	4.1	0.2
3.2026	21.4	0.22	478	0.3	2.1

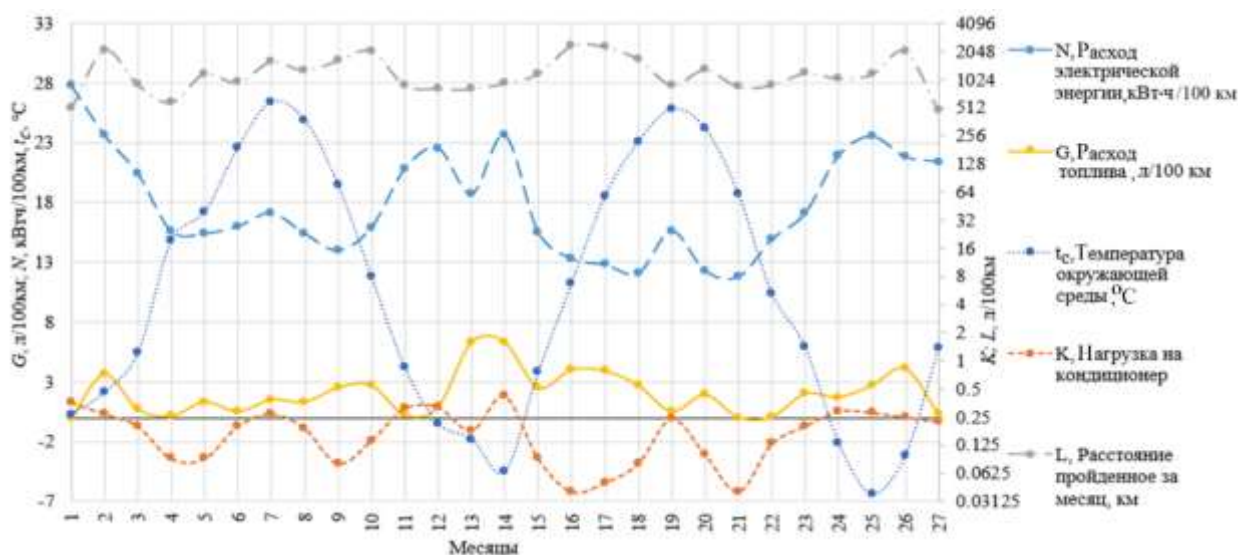


Рис. 2 Средние за месяц эксплуатационные показатели автомобиля

Помимо средних за месяцы показателей (рисунок 2) также были получены значения, демонстрирующие ежедневное движение с 01.01.2024 г. по 16.03.2025 г., из которых можно определить среднесуточный медианный

пробег за весь период эксплуатации. В таблице 2 представлена частичная информация за период с 01.10 по 31.10.2025 г.

Таблица 2

Статистика средних за день значений эксплуатационных показателей
ГТС Toyota Prius ZVW52 за октябрь 2025 г.

Дата	Расход электрической энергии, N , кВт·ч /100 км	Доля нагрузки на кондиционер, от максимальной, K	Расстояние, пройденное за месяц L , км	Путевой расхода топлива по данным бортовой телеметрии G , л/100 км
1.10.2025	20.4	0.34	15.6	0
2.10.2025	13.6	0.01	59.6	1.8
3.10.2025	14.8	0.04	82.2	1.5
4.10.2025	13	0	48.5	0
5.10.2025	0	0	0	0
6.10.2025	14.1	0.09	16.6	0
7.10.2025	15.5	0	23.5	0
8.10.2025	17.6	0	51.7	1.2
9.10.2025	17.2	0.31	30.3	0
10.10.2025	14.3	0.17	39.8	1
11.10.2025	12.3	0.06	52.9	0
12.10.2025	17.9	0.15	32.6	0.4
13.10.2025	16	0.13	15.3	0
14.10.2025	16	0.17	11.2	0
15.10.2025	0	0	0	0
16.10.2025	12.5	0	29.9	0
17.10.2025	15.1	0.16	37.7	0
18.10.2025	12.2	0	33.3	0
19.10.2025	0	0	0	0
20.10.2025	19	0.32	26.1	0
21.10.2025	15.3	0.15	39.6	0.6
22.10.2025	16.2	0.24	18.4	0

23.10.2025	17.3	0.22	17.6	0
24.10.2025	12.4	0.06	24.7	0
25.10.2025	12.4	0.08	54.7	0
26.10.2025	12.1	0.11	22	0
27.10.2025	19.6	0.29	15.5	0
28.10.2025	15.4	0.21	30	0
29.10.2025	16.5	0.18	15.6	0
30.10.2025	17.4	0.25	19.5	0

В результате анализа данных о суточном пробеге установлено, что в преобладающем большинстве дней эксплуатации транспортное средство преодолевало расстояние менее 80 км (рисунок 3). Группа ≤ 30 км – самый массовый сегмент (51,2% от общего количества дней). В этот период автомобиль эксплуатировался в режиме электромобиля. Емкости его штатной батареи (8.8 кВт·ч) хватает для передвижения, с учетом работы кондиционера или отопителя. Группа 30-79 км – второй по значимости сегмент (38,9% от общего количества дней), здесь ТАБ покрывает пробег частично (реальный запас хода на электротяге 35–50 км). В эти дни ДВС подключается кратковременно, его работа краткосрочна.

Интервалы с пробегом от 80 до 200 км практически пусты (единичные случаи). Это говорит о том, что отсутствуют промежуточные сценарии эксплуатации (автомобиль либо передвигается в условиях города, либо осуществляет длительную поездку вне населенного пункта). Группа > 200 км составляет около 10–12 дней (4,9%).

Анализ гистограммы распределения суточных пробегов (рисунок 3) подтверждает влияние маятниковой миграции: более 90% всех зафиксированных поездок укладывается в диапазон до 80 км, что соответствует среднестатистическому плечу ежедневных трудовых перемещений в рамках исследуемого частного случая в Донецко–Макеевской агломерации. Это позволяет утверждать, что оптимизация параметров ТАБ

именно под такой цикл движения (в конкретном случае) обеспечит максимальный коэффициент замещения углеводородного топлива электрической энергией.



Рис. 3. Гистограмма распределения суточного пробега в процессе эксплуатации ГТС за 27 месяцев

Таким образом, текущая емкость ТАБ хорошо подходит для городского режима эксплуатации до 30–40 км в день. При увеличении суточного пробега автомобиль начинает задействовать ДВС и переходит в режим ГТС.

Проанализировав статистику движения автолюбителя в прошлом, возможно предложить рекомендации по энергетической емкости ТАБ его будущего подключаемого ГТС или электромобиля для сохранения оптимального баланса между стоимостью батареи и её характеристиками.

Математическое моделирование и расчёт рациональной ёмкости батареи

В качестве одной из математических моделей для определения необходимой емкости для покрытия индивидуальных потребностей передвижения в городских условиях возможно предложить следующее выражение:

$$E_{ТАБ} = (I_{cc} \cdot \frac{q_{dmax}}{100} + E_{зиб}) \cdot k_d, \quad (1)$$

где I_{cc} – среднесуточный медианный пробег автомобиля – выбран из ранее собранных статистических данных (таблица 3), $I_{cc} = 29.8$ км; q_{dmax} – расход электрической энергии на 100 км пути в сложных условиях (зимние месяцы, с использованием отопительной системы); $q_{dmax} = 27.8$ кВт·ч; $E_{зиб}$ – резервная емкость ТАБ для обеспечения гибридного режима работы силовой установки;

$E_{гиб} = 1.3$ кВт·ч; k_d – коэффициент учитывающий деградацию ТАБ (деградация на 20% от начальной емкости после 1200 циклов заряда-разряда); $k_d = 1.25$, с учетом сохранения необходимой емкости и обеспечения чисто электрического пробега в течение 5–7 лет эксплуатации, что соответствует среднему циклу владения автомобилем. Для отмеченных значений параметров математической модели получено значение ёмкости ТАБ $E_{ТАБ} \approx 12$ кВт·ч.

На рисунке 4 представлена линейная зависимость емкости, массы и стоимости ТАБ от необходимого гарантированного суточного пробега автомобиля на примере использования ячеек, производимых компанией АО «Энергия», ЛИП-100 (стоимость 9000 руб./шт.; масса аккумулятора – не более 2,25 кг; номинальная емкость – не менее 100 А·ч; номинальное напряжение – не менее 3,2 В). Удельные показатели (на основе ячейки ЛИП-100, 0,32 кВт·ч): стоимость 1 кВт·ч емкости $\approx 28\,125$ руб; вес 1 кВт·ч емкости $\approx 7,03$ кг.

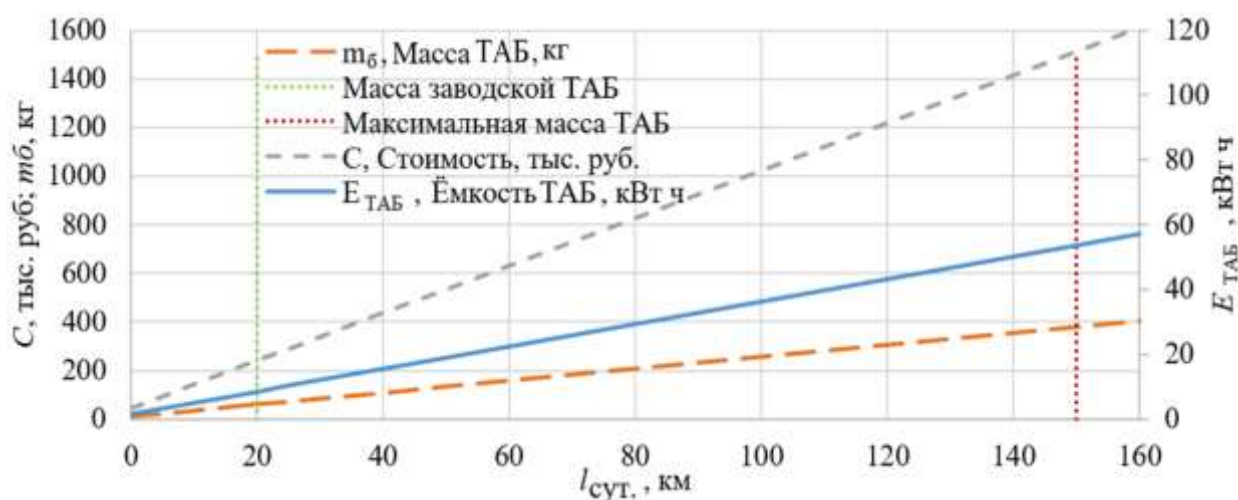


Рис. 4. Показатели ТАБ от целевого суточного пробега

Экономико-техническое обоснование сценариев оснащения ТАБ

Возможно выделить несколько вероятных подходов к выбору емкости ТАБ, в зависимости от заданных эксплуатационных целей (суточного пробега) и задач экономии ресурсов и средств (таблица 4).

Таблица 4

Рекомендации к выбору подходов оснащения ГТС ТАБ

Параметр / Сценарий	Минимальный (штатный)	Рациональный	Расширенный	Избыточный
Целевой запас хода (лето/зима)	45/25 км	80/45 км	150/85 км	500/280 км
Необходимая емкость ТАБ	8,8 кВт·ч	20 кВт·ч	38 кВт·ч	125 кВт·ч
Количество ячеек ЛИП-100	28 шт.	63 шт.	118 шт.	390 шт.
Масса батареи (m_0)	~63 кг	~142 кг	~265 кг	~878 кг
Стоимость ТАБ (С)	~252 000 руб.	~567 000 руб.	~1 062 000 руб.	~3 510 000 руб.
Покрытие суточных нужд, дн.	~60%	~92%	~96%	100%
Потребление электроэнергии (зарядка) в течение месяца	до 190 кВт·ч	до 600 кВт·ч	от 780 до 1140 кВт·ч	>2500 кВт·ч
Тарифный диапазон	2-й (4,48 руб.)	2-й (4,48 руб.)	2-й (4,48 руб.) - 3-й (6,81 руб.)	3-й (6,81 руб.)
Влияние на динамику / ТС	Отсутствует	Незначительное	Ощутимое (как 3 пасс.)	Превышение грузоподъемности (более 385 кг)
Рекомендации к применению	Для коротких поездок	Рационально для применения	Значительные затраты, не рекомендовано для применения	Нерационально для применения

Целевой пробег автомобиля на электротяге напрямую влияет на увеличение стоимости автомобиля и, соответственно, на срок его окупаемости по сравнению с эксплуатацией аналогичного АТС с ДВС. Таким образом, рациональный выбор емкости исходя из заданных потребностей так или иначе позволит сократить затраты при выборе автомобиля, который будет соответствовать запросам потребителя и позволит минимизировать его расходы как на начальном этапе эксплуатации, так и в дальнейшем.

Выводы

Рациональный объем батареи должен рассчитываться исходя из зимнего энергопотребления. Если выбрать емкость, достаточную только для летнего пробега с кондиционером, то зимой (из-за отсутствия избытка энергии на

отопление) автомобиль будет вынужден использовать ДВС чаще, что снизит экономическую эффективность подключаемого ГТС.

Наиболее благоприятный период для энергосистемы гибридного электромобиля – от +13 до +18°C (переходные сезоны).

Для увеличения емкости ТАБ так, чтобы она покрывала 80-100 км суточного пробега, возможно охватить 92-95% всех ежедневных нужд по передвижению с помощью электрической тяги, что увеличит экономическую эффективность подключаемого ГТС.

Для обеспечения гарантированного среднесуточного пробега величиной ~30 км рекомендовано увеличить емкость ТАБ автомобиля до 12 кВт·ч.

Результаты исследования могут быть применены при выборе параметров отечественных ГТС, в т.ч. при построении их модификационных рядов, с учетом целевых особенностей эксплуатации.

Список источников

1. Горожанкин, С. А. Разработка рациональной стратегии управления автомобильной гибридной силовой установкой в ездовом цикле / С. А. Горожанкин, Н. В. Савенков, О. О. Золотарев // Труды НАМИ. – 2025. – № 2(301). – С. 104-117. – EDN KEYQKI.
2. Рыбальская, Е. А. Маятниковая миграция населения как фактор формирования пассажирских связей / Е. А. Рыбальская // Экология промышленного производства. – 2016. – № 3(95). – С. 42-45. – EDN WZJWOH.
3. Логистика регулярных перевозок пассажиров в Магнитогорске транспортом общего пользования / Л. Б. Миротин, М. В. Грязнов, В. М. Курганов, С. В. Сысоева // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 4(64). – С. 71-86. – DOI 10.20291/2079-0392-2024-4-71-86. – EDN OWFVNХ.
4. Дьячкова, П. А. Анализ маятниковых миграций в городской агломерации: социологические опросы и большие данные / П. А. Дьячкова, Н. Л. Мосиенко // Мир экономики и управления. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 205-228. – DOI 10.25205/2542-0429-2021-21-4-205-228. – EDN OMAXIY.
5. Building Practical High-Voltage Cathode Materials for Lithium-Ion Batteries / J. Xiang, Y. Wei, Yu. Zhong [et al.] // Advanced Materials. – 2022. – Vol. 34, No. 52. – DOI 10.1002/adma.202200912. – EDN WSOVMS.
6. Разработка мероприятий по увеличению запаса хода электробусов установкой системы терморегуляции на основе фазопереходных теплоаккумулирующих материалов / С. А. Горожанкин, Н. В. Савенков, О. В. Соболев, А. М. Моржухин // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2024. – Т. 21, № 1(95). – С. 62-73. – DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-1-62-73. – EDN ETMKHH.

7. Анализ ездовых испытательных циклов автомобилей с помощью вариационных рядов / С. А. Горожанкин, Н. В. Савенков, О. О. Золотарев, Л. Р. Ковалева // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2022. – № 3(155). – С. 29-35. – EDN HFTQYK.
8. González, M. C. Understanding individual human mobility patterns / M. C. González, C. A. Hidalgo, A.-L. Barabási // Nature. – 2008. – Vol. 453, No. 7196. – P. 779-782. – DOI10.1038/nature06958.

References

1. Gorozhankin, S.A., Savenkov N.V., Zolotarev O.O. *Trudy NAMI*, 2025, no. 2(301), pp. 104-117.
2. Rybal'skaya Ye.A. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva*, 2016, no. 3(95), pp. 42-45.
3. Mirotin L.B., Gryaznov M.V., Kurganov V.M., Sysoyeva S.V. *Vestnik Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya*, 2024, no. 4(64), pp. 71-86, doi 10.20291/2079-0392-2024-4-71-86.
4. D'yachkova P.A., Mosiyenko N.L. *Mir ekonomiki i upravleniya*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 205-228, doi 10.25205/2542-0429-2021-21-4-205-228.
5. Xiang J., Wei Y., Zhong Yu., Yang Ya., Cheng H., Yuan L., Xu H.1, Huang Yu. Building Practical High-Voltage Cathode Materials for Lithium-Ion Batteries, *Advanced Materials*, 2022, vol. 34, no. 52, doi 10.1002/adma.202200912.
6. Gorozhankin S.A, Savenkov N.V., Sobol' O.V., Morzhukhin A.M. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta*, 2024, vol. 21, no. 1(95), pp. 62-73, doi 10.26518/2071-7296-2024-21-1-62-73.
7. Gorozhankin S.A., Savenkov N.V., Zolotarev O.O., Kovaleva L.R. *Vestnik Donbasskoy natsional'noy akademii stroitel'stva i arkhitektury*, 2022, no. 3(155), pp. 29-35.
8. González M.C., Hidalgo C.A., Barabási A.-L. Understanding individual human mobility patterns, *Nature*, 2008, vol. 453, no. 7196, pp. 779-782, doi 10.1038/nature06958.

Рецензент: Д. Л. Мойся, канд. техн. наук, зав. кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей» Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Донецкая академия транспорта»

Информация об авторе

Золотарев О. О. – ст. преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт, сервис и эксплуатация», ДОННАСА – филиал НИУ МГСУ, Макеевка.

Information about the author

Zolotarev O. O. – Senior lecturer at the Department of Automotive Transport, Service and Operation DONNACEA, Makeevka.

Статья поступила в редакцию 17.04.2026; одобрена после рецензирования 23.04.2026; принята к публикации 26.06.2026.

The article was submitted 17.04.2026; approved after reviewing 23.04.2026; accepted for publication 26.06.2026.