

Научная статья
УДК 621.311.4

В.Н. Садыев, И.Э. Шаякбаров

V.N. Sadyev, I.E. Shayakbarov

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г. Пермь, Российская Федерация

Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

РАСЧЕТ ЗАПАСА ХОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

CALCULATION OF THE POWER RESERVE OF THE ELECTRIC PLATFORM

Приведены основные факторы, влияющие на запас хода электрической платформы. Представлены основные методы расчета запаса хода электрических платформ. Рассмотрены способы оптимизации запаса хода электрических платформ.

Ключевые слова: расчет запаса хода, электрическая платформа, емкость аккумулятора.

The main factors affecting the power reserve of an electric platform are given. The main methods for calculating the power reserve of electric platforms are presented. The ways of optimizing the power reserve of electric platforms are considered. The prospects of development in the field of increasing the power reserve of electric platforms are described.

Keywords: calculation of power reserve, electric platform, battery capacity.

С каждым годом растет популярность электрических платформ, по данным аналитического агентства «Автостат», динамика роста мирового парка электромобилей высока. В 2017 г. мировой парк электромобилей составлял 1,9 млн электромобилей, а уже в 2022 г. количество электромобилей увеличилось в 9,5 раз и составляет 18 млн электромобилей. В России также наблюдается увеличение количества электромобилей, в 2018 г. насчитывалось 3,6 тыс. электромобилей, а уже к 2022 г. количество электромобилей выросло в 6 раз и составило 21,7 тыс. электромобилей (рис. 1).

Знание запаса хода электрических платформ влияет на пользовательский опыт клиента, удобность в эксплуатации, а также дает толчок к разработкам новых технологий. Актуальность исследования в области расчета реального запаса хода электрических платформ с учетом тотальной электрификации автомобильного транспорта высока. Но нормативная документация и учебная литература не содержат информации по расчету реального запаса хода электрических платформ.



Рис. 1. Динамика мирового парка электромобилей

Запас хода электрической платформы – это ключевой параметр, определяющий максимальное расстояние, которая платформа сможет преодолеть на одном заряде аккумулятора. Этот показатель имеет критическое значение для конечного пользователя, так как он отражает эффективность использования и удобство эксплуатации электрического транспорта.

Факторы, влияющие на запас хода:

- эффективность электродвигателя – коэффициент полезного действия электродвигателя является важнейшим параметром при выборе электродвигателей, так как напрямую от него зависит запас хода электрических платформ, а также количество энергии, которое будет потрачено на нагрев силовых агрегатов, и еще большее количество энергии для их охлаждения;
- масса электрической платформы – чем больше масса, тем больше усилий потребуются для преодоления различных сил при движении электрической платформы;
- сопротивление качению – постоянная величина, зависящая от типа покрытия и конструкции шины;
- аэродинамическое сопротивление – сила, которая действует на объект и препятствует его перемещению через воздух;
- скорость движения электрической платформы – чем выше скорость, тем выше сопротивление дороги и воздуха;
- уклон – чем круче подъем, тем больше энергии затрачивается для его преодоления;
- емкость аккумулятора – величина, показывающая, сколько энергии может отдать аккумулятор до полной разрядки;
- температура окружающей среды – при отклонении температуры от нормальных значений для аккумулятора уменьшается запас хода, связано это с химическими реакциями, протекающими в литий-ионных батареях;

– используемое оборудование при движении – мультимедиа, кондиционер и другие потребители электрического тока, и т.д.

Существуют несколько методик и стандартов расчета запаса хода, самая распространенная и современная – это WLTP. Данная методика предусматривает испытания электромобиля на динамометрическом стенде при определенных условиях: температура окружающей среды, сопротивление качению, переключение передач, общий вес автомобиля, качество топлива, давление в шинах.

Данная методика не совсем точно отражает реальный запас хода электрических платформ, так как испытания проходят при температуре окружающей среды в 23 °С, что не дает объективной оценки запаса хода при эксплуатации в других температурных условиях, а также не предусматриваются измерения на различных типах покрытия (грунт, асфальт и т.д.) и при различных углах наклона. Также данная методика показывает запас хода при определенном цикле испытаний (рис. 2), который заранее подобран и примерно соответствует городскому циклу использования электромобиля.

	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий	Итого
Продолжительность, с	589	433	455	323	1800
Продолжительность остановки, с	150	49	31	8	235
Расстояние, м	3095	4756	7162	8254	23266
% остановок	26.5%	11.1%	6.8%	2.2%	13.4%
Максимальная скорость, км/ч	56.5	76.6	97.4	131.3	
Средняя скорость без остановок, км/ч	25.3	44.5	60.7	94.0	53.5
Средняя скорость с остановками, км/ч	18.9	39.4	56.5	91.7	46.5
Минимальное ускорение, м/с ²	-1.5	-1.5	-1.5	-1.44	
Максимальное ускорение, м/с ²	1.611	1.611	1.666	1.055	

Рис. 2. Цикл испытаний WLTC класса 3

Одной из главных проблем данных методик является измерение запаса хода уже созданных автомобилей, что плохо сказывается на цене разработки электрических платформ. Данную проблему можно решить с помощью создания специального программного обеспечения для расчета запаса хода автомобилей, в котором можно изменять различные параметры для определения запаса хода в различных дорожных и погодных условиях.

Существует большое количество способов для увеличения запаса хода электрических платформ, но на многие из них можно повлиять только на стадии разработки электрической платформы.

Одним из основных способов оптимизации является использование более энергоэффективных электромоторов, так как КПД электродвигателя напрямую влияет на запас хода электрической платформы, см. формулу (1). Также увели-

чить запас хода электрической платформы можно с помощью увеличения напряжения аккумуляторной батареи, при изменении данного параметра уменьшается количество потерь, возникающих при передаче и преобразовании электрического тока, а также массу аккумулятора что положительно скажется на запасе хода электрической платформы, см. формулы (2) и (3). Также массу электрической платформы можно снизить при использовании более легких материалов, например, алюминиевых сплавов вместо стали. Использование более энергоэффективного бортового оборудования (мультимедиа, освещение и т.д.) незначительно, но увеличит запас хода электрических платформ.

$$E = \frac{N_{\text{сумм}}}{\eta} \cdot t, \quad (1)$$

где E – энергия необходимая для поездки, кВт·ч; η – КПД электромотора; $N_{\text{сумм}}$ – суммарная мощность потребителей, кВт.

Емкость аккумулятора:

$$C = \frac{E}{U}, \quad (2)$$

где C – емкость аккумулятора, А·ч; U – номинальное напряжение батареи, В.

Масса аккумуляторной батареи:

$$m_{\text{бат}} = \frac{E}{\sigma}, \quad (3)$$

где $m_{\text{бат}}$ – масса аккумуляторной батареи, кг; σ – плотность энергии батареи, Вт·ч/кг.

Еще одним немаловажным процессом для увеличения запаса хода электрических платформ является охлаждение или подогрев аккумуляторной батареи, при оптимальных температурах устройства для поддержания температуры батареи только уменьшают запас хода, но при высоких или минусовых температурах дают большое преимущество перед электрическими платформами, где данных устройств нет (рис. 3).

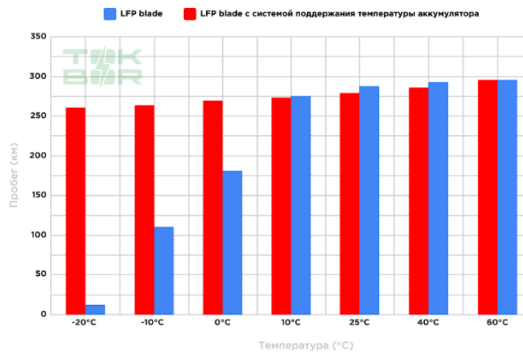


Рис. 3. График зависимости запаса хода электромобиля от температуры окружающей среды и наличия/отсутствия системы поддержания температуры аккумулятора

С каждым годом количество электрических платформ в мире увеличивается большими темпами, и данная тенденция не думает заканчиваться. Пока современные электрические платформы не могут сравниться со своими бензиновыми аналогами, но уверенно развиваются с каждым годом. Одной из проблем электрических платформ является малый, по сравнению с бензиновыми платформами, запас хода. Также требуется разработка новой методики расчета для электрических платформ, так как современные методики не учитывают множества факторов, таких как температура, используемое электрооборудование и т.д. Требуется разработка математических моделей и создание программного обеспечения для расчета запаса хода электрических платформ в компьютерной среде без создания прототипа, что существенно уменьшит стоимость производства.

Список литературы

1. Перспективы замещения двигателей внутреннего сгорания на более грузных автомобилях аккумуляторными электросиловыми установками / А.С. Ковтун, М.Ю. Бранспиз, Е.В. Бранспиз [и др.] // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф., Ижевск, 26–27 апреля 2024 г. – Ижевск: Изд-во УИР ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, 2024. – С. 258–262.
2. Блинков В.М., Щелудяков А.М. Тенденции автомобильной промышленности, электромобили и автономные транспортные средства // Master's Journal. – 2022. – № 1. – С. 94–102.
3. Разработка и исследование привода колесного движителя автономного робототехнического комплекса / Д.Н. Кучев, Е.Ю. Тонков, А.М. Щелудяков, Э.Х. Гумаров // Строительные и дорожные машины. – 2023. – № 6. – С. 47–52.
4. Патент № 2821403 С1 Российская Федерация, МПК В62D 55/00, В25J 9/00, В62D 63/04. Самоходный робот для диагностики металлоконструкций: № 2024100488: заявл. 11.01.2024: опубл. 24.06.2024 / А.М. Щелудяков, Э.Х. Гумаров; заявитель ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».
5. За 5 лет мировой парк электромобилей вырос почти в 10 раз [Электронный ресурс] // autostat.ru. – URL: <https://www.autostat.ru/infographics/56378/> (дата обращения: 13.02.2025).
6. Worldwide Harmonised Light Vehicles Test Procedure [Электронный ресурс] // en.wikipedia.org. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Worldwide_Harmonised_Light_Vehicles_Test_Procedure (дата обращения: 13.02.2025).
7. Как увеличить запас хода электромобили зимой и почему процесс зарядки стал медленнее?! [Электронный ресурс] // tokbor.uz. – URL: <https://tokbor.uz/dlya-elektromobilistov/moroz.htm> (дата обращения: 13.02.2025).

8. Сравнительный анализ, расчет и подбор двигателя для электротранспорта марки Спарк Равон R2E / З.Э. Мусабеков, О.О. Даминов, Б.З. Эргашев, Х.З. Уралова // Автотракторостроение и автомобильный транспорт: сб. науч. тр: в 2 т., Минск, 06–08 июня 2023 г. – Минск, 2023. – С. 103–108.

9. Беляев Д.С., Генсон Е.М. Определение расхода электроэнергии при эксплуатации электромобилей в загородном режиме // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2022. – № 1. – С. 5–11. DOI: 10.15593/24111678/2022.01.01.

Сведения об авторах

Садыев Виталий Николаевич – студент кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: vitaliy.sadyev@mail.ru

Шаякбаров Ильнур Эльмарович – старший преподаватель кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ilnur199459@gmail.com

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Получена: 25.05.2025

Одобрена: 26.05.2025

Принята к публикации: 03.06.2025

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Садыев, В. Н. Расчет запаса хода электрической платформы / В. Н. Садыев, И. Э. Шаякбаров // *Master's Journal*. – 2025. – №1. – Art. 12.

Please cite this article in English as: Sadyev V. N., Shayakbarov I. E. Calculation of the power reserve of the electric platform. *Master's Journal*, 2025, no. 1, art. no. 12.