

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДАННЫХ ПО ИЗМЕНЕНИЮ СТЕПЕНИ ЗАРЯЖЕННОСТИ ТЯГОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ЭЛЕКТРОБУСОВ НА МАРШРУТАХ ГОРОДА МОСКВЫ

*Еварестов Вячеслав Михайлович, магистрант, МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., e-mail: evarestofff@yandex.ru*

*Максимов Виктор Александрович, доктор, техн. наук, профессор, МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр. e-mail: vamaximov57@mail.ru*

*Поживилов Никита Васильевич, канд. техн. наук, старший преподаватель МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр. e-mail: [nikita.pozhivilov@madi.ru](mailto:nikita.pozhivilov@madi.ru)*

**Аннотация.** Был проведен обзор текущей ситуации с электробусами, эксплуатируемыми в условиях ГУП «Мосгортранс». Рассмотрен интерфейс и возможности информационной платформы – комплекс систем управления пассажирским транспортом (КСУПТ), которая позволяет выгружать данные по эксплуатации тяговых аккумуляторных блоков электробусов на маршруте. Приведены технические характеристики используемых в московских электробусах тяговых аккумуляторных блоков и параметры их использования. Обработаны данные по разряду-заряду тяговых аккумуляторных батарей (ТАКБ) электробуса КАМАЗ-6282-12 на городском маршруте ГУП «Мосгортранс» номер Т-42. Предложена теоретическая модель разряда-заряда ТАКБ на маршруте, которая будет соответствовать их эффективной эксплуатации.

**Ключевые слова:** Тяговые аккумуляторные батареи, литий-титанатные аккумуляторы, литий-ионные аккумуляторы, заряд тяговых аккумуляторов электробусов, эксплуатация тяговых аккумуляторов электробусов.

## RESEARCH OF DATA ON CHANGING THE DEGREE OF CHARGING OF THE TRACTION BATTERIES OF ELECTRIC BUSES ON THE ROUTES OF THE CITY OF MOSCOW

*Evarestov Vyacheslav Michailovich – Undergraduate, Moscow Automobile and Highway Technical University MADI, Leningradskii prospect 64, 125319, Moscow, e-mail: evarestofff@yandex.ru*

*Maksimov Viktor Aleksandrovich – Professor, Dr. of Sci., Moscow Automobile and Highway Technical University MADI, Leningradskii prospect 64, 125319, Moscow, e-mail: vamaximov57@mail.ru*

*Pozhivilov Nikita Vasilievich – Senior lecturer, Cand. of Sci., Moscow Automobile and Highway Technical University (MADI), Leningradskii prospect 64, 125319, Moscow, e-mail: poj-nikita@mail.ru*

**Abstract.** A review was made of the current situation with electric buses operated in the conditions of the State Unitary Enterprise "Mosgortrans". The interface and capabilities of an information platform - a complex of passenger transport management systems (PSCS) - are considered, which allows downloading data on the operation of traction battery packs of electric buses on the route. The technical characteristics of the traction battery units used in Moscow electric buses and the parameters of their use are given. The data on the discharge-charge of the traction batteries (TACB) of the KAMAZ-6282-12 electric bus on the city route of the State Unitary Enterprise "Mosgortrans" number T-42 have been processed. A theoretical model of the TACB discharge-charge on the route is proposed, which will correspond to their efficient operation.

**Key words:** Traction accumulators, lithium-titanate accumulators, lithium-ion accumulators, charging of traction accumulators of electric buses, operation of traction accumulators of electric buses.

### Введение

В Москве продолжается электрификация наземного городского транспорта. По состоянию на март 2021 года в наличии у филиалов ГУП «Мосгортранс» числятся 600 электробусов моделей [КАМАЗ-6282-12](#) и [ЛиАЗ-6274](#). Также продолжает тестироваться первый электробус особо-большой вместимости [КамАЗ-6292](#) сочлененного типа (рис.1), который начнет поставляться в автобусные парки города Москвы с середины 2021 года [\[1,2\]](#). В 2021 году будет произведена поставка еще 400 электробусов марки КАМАЗ 6282-12 и ЛиАЗ 6274 [1,2]. Увеличение численности электробусов повышает актуальность исследования и контроля эксплуатации их ТАКБ. Рациональное использование тяговых аккумуляторных батарей электробусов позволит сохранить максимальную емкость батарей на более длительный период. Анализ интерфейса информационной системы КСУПТ показал, что она в автоматическом режиме фиксирует данные по разряду/заряду батарей на маршруте

движения электробуса. Используя данные материалы, можно проводить вычисления по степени разреженности батарей электробусов.

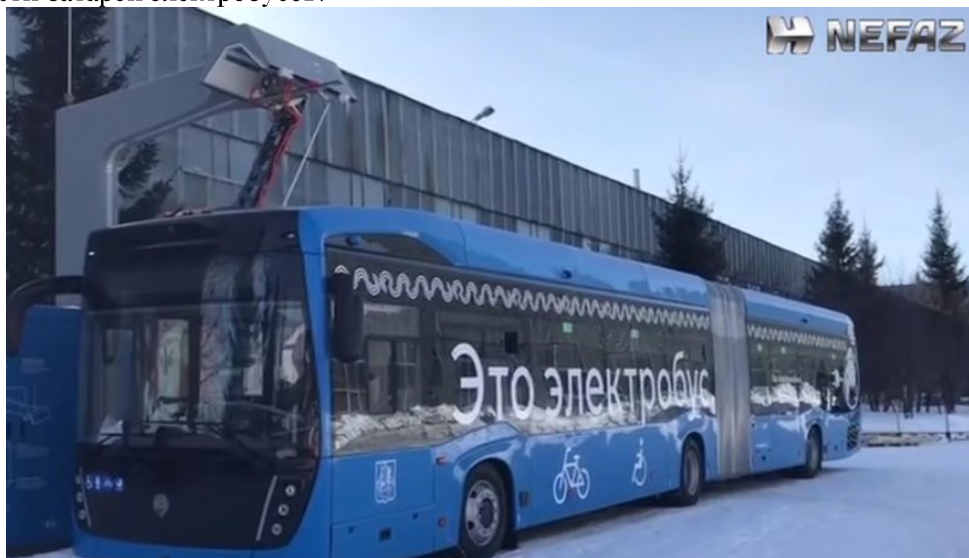


Рис.1. Электробус сочлененного типа КАМАЗ-6292

### Комплекс систем управления пассажирским транспортом ГУП «Мосгортранс»

Комплекс систем управления пассажирским транспортом ГУП «Мосгортранс» представляет собой информационную платформу, которая позволяет получить доступ ко всем телематическим устройствам, которым оборудован подвижной состав ГУП «Мосгортранс», включая линейные электробусы [3,4]. При помощи данной системы с начала 2021 года появилась возможность отслеживать степень заряженности ТАКБ электробусов на маршруте (рис. 2.). Колонка «уровень топлива в мм» показывает процент степени заряженности тяговых аккумуляторных батарей.

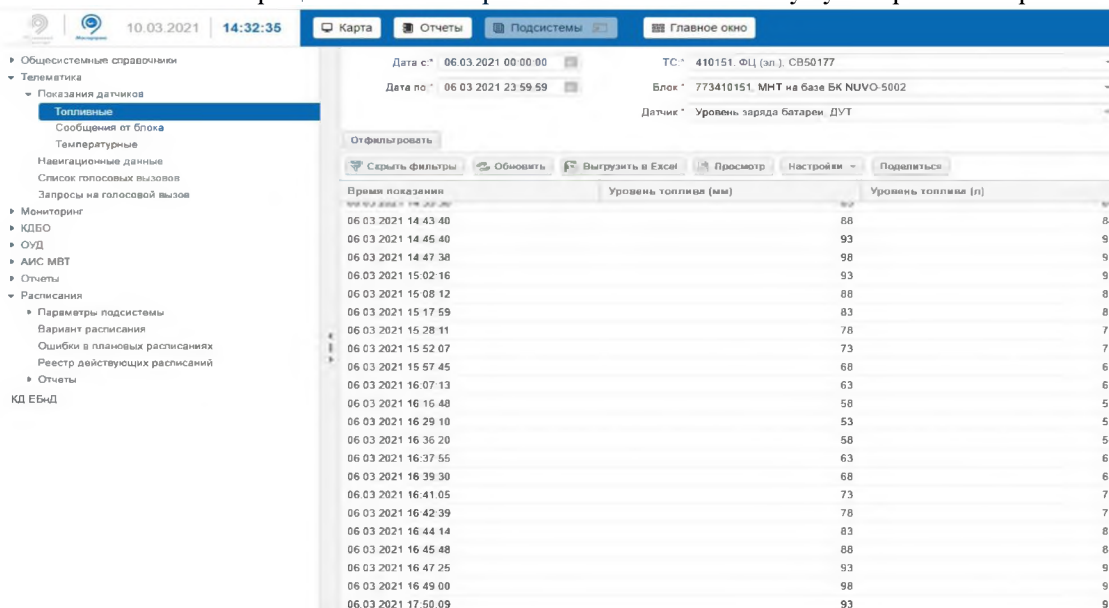


Рис.2. Изменение уровня заряженности тяговых аккумуляторных батарей линейного электробуса КАМАЗ 6282-12 в информационной платформе КСУПТ

Телематические системы линейных электробусов, находящиеся на балансе ГУП «Мосгортранс», записывают данные только при включенном питании или запущенном электродвигателе.

Данная система позволяет получать данные о текущей степени заряженности тяговых аккумуляторных батарей электробусов, его температуре и моменте измерения с датчиков уровня топлива в режиме онлайн, а также присутствует возможность выгрузки имеющихся данных в таблицы Microsoft Excel.

Информационная платформа КСУПТ также предоставляет данные о текущем местоположении подвижного состава и его пробеге за счет получения данных с GPS-трекера, устанавливаемого на подвижной состав ГУП «Мосгортранс».

### Эксплуатация тяговых аккумуляторных батарей электробуса КАМАЗ 6282-12 на маршруте номер Т42

Анализ существующей научно-технической литературы и документации производителя электробусов позволил определить, что тяговые аккумуляторные блоки электробусов следует разряжать до уровня 15-20 процентов от максимальной емкости батарей. При правильной эксплуатации тяговые аккумуляторные блоки будут сохранять порядка 90% максимальной емкости при 10 000 циклов разряда/заряда, 80% при 20 000 циклов разряда-заряда [5,6]. Согласно документации производителей электробусов (ЛиАЗ, КАМАЗ) плановая замена ТАКБ закладывается после 7,5 лет эксплуатации или 480 тыс. км. пробега электробуса (половина срока полной эксплуатации) [5,6].

Используя интерфейс информационной платформы КСУПТ, были получены данные по эксплуатации электробуса КАМАЗ 6282-12 на маршруте номер Т42. Данный маршрут имеет протяженность 12 км, среднее время рейса при его прохождении составляет 30-40 минут. На рис. 3 показаны фактические циклы разряда/заряда ТАКБ электробуса КАМАЗ 6282-12 на маршруте Т42 11 апреля 2021 года во временном промежутке с 8:00 до 16:00.

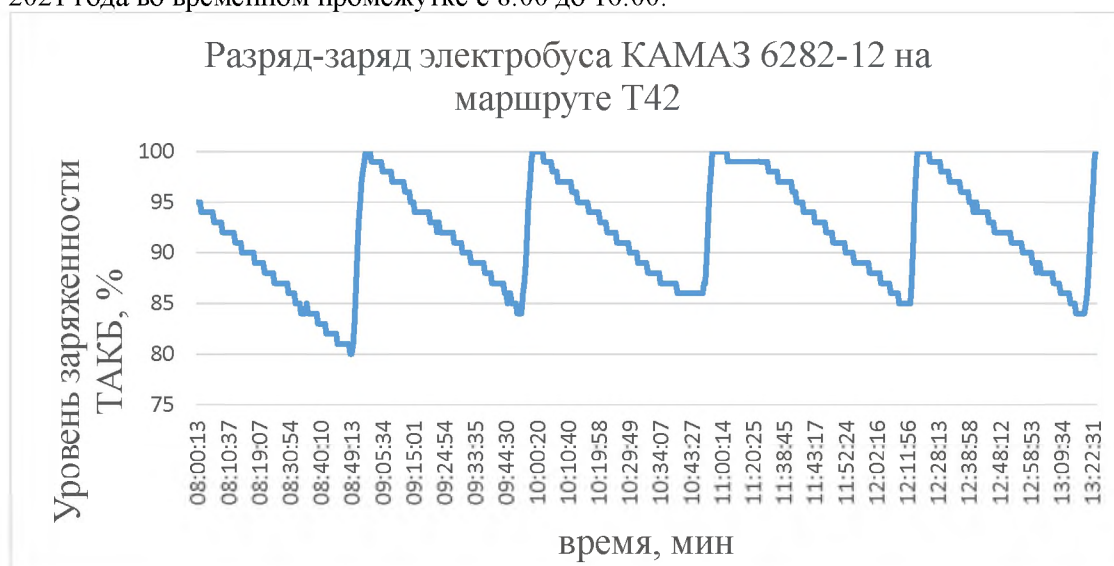


Рис. 3. Циклы разряда-заряда электробуса КАМАЗ 6282-12 на маршруте Т42

На рис. 4 показаны фактические циклы разряда/заряда ТАКБ электробуса КАМАЗ 6282-12 на маршруте М4 28 апреля 2021 года во временном промежутке с 6:00 до 17:00.

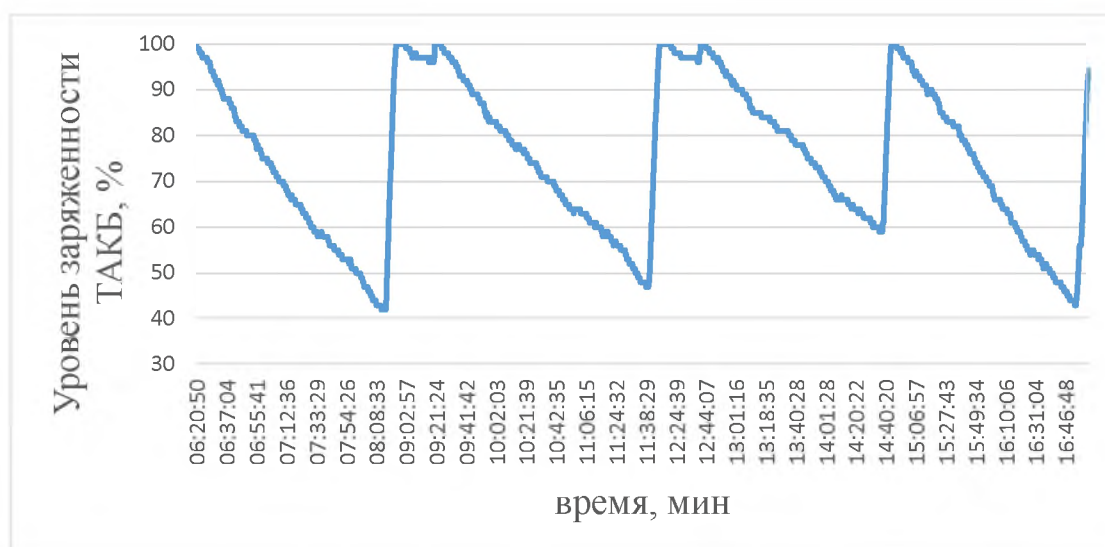


Рис. 4. Циклы разряда-заряда электробуса КАМАЗ 6282-12 на маршруте М4

Проанализировав график изображенный на рис. 3 и рис. 4, можно сделать вывод о том, что после прохождения каждого рейса на маршруте Т42 рассматриваемый электробус заряжался до 100

процентов. Средний разряд за один рейс прохождения маршрута Т42 при этом составлял порядка 15-18 процентов. На маршруте М4 совершалось в среднем 2 прохождения каждого рейса до заряда ТАКБ электробуса, ТАКБ разряжались до уровня 40-50 процентов.

Учитывая фактические характеристики разряда/заряда, можно выдвинуть гипотезу о том, что фактическая эксплуатация ТАКБ электробусов в части использования их энергии будет осуществляться по теоретическому циклу, представленному на рис. 4 [7,8].

Принимая во внимание то обстоятельство, что на каждом маршруте движения электробусов выполняется несколько рейсов, можно предположить, что теоретическая модель разряда-заряда ТАКБ электробуса КАМАЗ 6282-12 на городском маршруте за несколько рейсов будет иметь вид, представленный на рис. 5.



Рис.5. Теоретический режим эксплуатации (разряд-заряд) ТАКБ электробуса КАМАЗ 6282-12



Рис.6. Теоретическая модель разряда-заряда ТАКБ электробуса КАМАЗ 6282-12 на городском маршруте

При этом для обеспечения эффективной эксплуатации ТАКБ электробусов необходимо:

- исследовать интенсивность разряда-заряда (в данном случае она будет характеризоваться углом наклона и формой кривой заряженности);
- определить максимально допустимую степень разряда ТАКБ (предположительно она не должна быть более 20%);
- определить максимально допустимую степень заряженности ТАКБ (предположительно она не должна быть более 95%).

Таким образом, емкость ТАКБ при эксплуатации электробусов на городских маршрутах должна поддерживаться в пределах 20-95% от номинала. Это позволит сохранить их максимальную эффективную емкость, особенно это будет важно на 7-8 году эксплуатации электробусов, т.к. в этот период перед плановой заменой, ресурс АКБ будет находится на самом критическом уровне.

### Заключение

На основе анализа состояния вопроса, фактических данных эксплуатации электробусов в условиях ГУП «Мосгортранс» и исходя из выдвинутой теоретической модели разряда-заряда ТАКБ, можно выдвинуть гипотезу:

1. Стоит уделять большое внимание эксплуатации ТАКБ, и производить нормирования уровня заряженности учитывая сложности каждого маршрута.

2. Не стоит заряжать тяговые ТАКБ после каждого прохождения маршрута, если заряда электробуса с высокой надежностью хватит для прохождения еще одного рейса на маршруте.

3. Предлагается заряжать электробусы при уровне заряда не ниже чем требуется для прохождения 2 полных рейсов на маршрутах, что позволит не допустить разряда аккумуляторной батареи даже при нестандартной интенсивности движения.

4. В дальнейших исследованиях целесообразно проводить детальный анализ условий работы электробусов на каждом маршруте и с учетом этого определять цикличность заряда тяговых аккумуляторных блоков.

### Список литературы

1. Еварестов В.М. Обзор внедрения электробусов КамАЗ 6282-12 и ЛиАЗ 6274 в атобусные парки города Москвы / В.А. Максимов, Поживилов Н.В. Сидоров К.М. // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сб. науч. тр. / МАДИ. – Москва. - 2020. – С. 32-35.
2. Московские электробусы [Электронный ресурс] URL: mosgortrans.ru/electrobus/ (Дата обращения 07.12.2020)
3. Иговский, А.А. Руководство по эксплуатации электробус КАМАЗ-6282-12 / А.А. Иговский, Д.А. Краснояков, Р.М Нуруллина / КАМАЗ. – Набережные челны. 2010. – С. 322.
4. Техническое задание на электробус от 2017 года [Электронный ресурс] URL: [https://www.mos.ru/upload/documents/oiv/electrobus\\_project\\_01092017.pdf](https://www.mos.ru/upload/documents/oiv/electrobus_project_01092017.pdf) (Дата обращения 8.12.2020)
5. Официальный сайт производителя TOSHIBA [Электронный ресурс] URL: (Дата обращения 04.12.2020)
6. Москалев Ю.В. Литий-титанатный накопитель энергии для поглощения избыточной энергии рекуперации в системе тягового электроснабжения постоянного тока / Материалы международной научно-практической конференции //Статья в сборник научных трудов / Омск. – 2017. – С. 171-178.
7. Оспанбеков Б.К. Повышение энергетической эффективности эксплуатационных показателей электромобилей // диссертация на соискание кандидата техн. Наук. - МАДИ. – Москва. – 2017. - С 3-20.
8. Козлов А.Н. Организация безопасной эксплуатации тяговой литий-ионной аккумуляторной батареи на транспортном средстве / Вестник МАДИ. – Москва. – 2015. – С. 14-19.
9. Абдураева, Г. Е. Совершенствование анализа пассажиропотоков в городских автобусных маршрутах / Г. Е. Абдураева // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2015. – № 1(34). – С. 119-121.