

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ WLTP И CLTC ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ: ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАМЕРОВ И УНИФИКАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Абдурашидов Искандарбек Журъат угли

Ташкентский государственный транспортный университет,

(0000-0001-6333-6001) - ORCID

(57768491400) - SCOPUS

г. Ташкент, Республика Узбекистан

Алимарданов Равшанжон Алимардан угли

Ташкентский государственный транспортный университет,

г. Ташкент, Республика Узбекистан

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14544927>

Аннотация: Парк электромобилей в мире значительно возрастает, и в 2020 году продажи превысили 6 млн. экземпляров. Одновременно производители решают вопрос повышения емкости аккумуляторов и снижения цены батарей. Одной и актуальных проблем при эксплуатации электромобиля, является показатель запаса хода на одной полной зарядке бортового аккумулятора. Производители разных стран используют разные испытательные циклы. Для европейских компаний таким циклом является WLTP, а для китайских производителей – CLTC. Приводится сравнительная оценка применяемых европейских и китайских оценочных циклов. В разных условиях для потенциального покупателя доводится не совсем корректная информация об основной технической характеристике электромобиля. Именно поэтому в статье предлагается методика для сравнения автономности хода двух разных электромобилей производства европейской компании и китайского производителя. При схожих начальных технических характеристиках, на выходе получены различные показатели.

В научной статье приводятся особенности проведения замеров в рамках испытательных циклов WLTP и CLTC для легковых электромобилей. Приведены этапы проведения испытаний, их длительность и некоторые физические показатели. Анализ различных методик и подходов позволил установить, что ранее использовавшийся цикл NEDC в равной степени применялся во всем мире. Теперь от него отказались, но он в определенной степени связан с современными циклами. На основании этого технические параметры моделей Mercedes-Benz EQA и Omoda E5 были переведены к общему показателю. В ходе выполнения работы проанализированы 12 актуальных литературных источников.

Ключевые слова: электромобиль, запас хода, аккумуляторная батарея, испытательный цикл, емкость аккумулятора, техническая характеристика.

COMPARATIVE ANALYSIS OF WLTP AND CLTC TEST CYCLES FOR PASSENGER ELECTRIC VEHICLES: FEATURES OF MEASUREMENTS AND UNIFICATION OF INDICATORS

Abdurashidov Iskandarbek Zhurat ugli

Tashkent State Transport University,

(0000-0001-6333-6001) – ORCID

(57768491400) - SCOPUS

Tashkent, Republic of Uzbekistan

Alimardanov Ravshanjon Alimardan ugli

Tashkent State Transport University,
Tashkent, Republic of Uzbekistan

Abstract: The fleet of electric vehicles in the world is growing significantly, and in 2020 sales exceeded 6 million copies. At the same time, manufacturers are solving the issue of increasing the capacity of batteries and reducing the price of batteries. One of the most pressing problems in the operation of an electric vehicle is the power reserve indicator on one full charge of the on-board battery. Manufacturers in different countries use different test cycles. For European companies, this cycle is WLTP, and for Chinese manufacturers – CLTC. A comparative assessment of the applied European and Chinese assessment cycles is given. In different conditions, not entirely correct information about the main technical characteristics of an electric vehicle is provided to a potential buyer. That is why the article proposes a methodology for comparing the autonomy of two different electric vehicles produced by a European company and a Chinese manufacturer. With similar initial technical characteristics, different indicators are obtained at the output.

The scientific article presents the features of conducting measurements within the framework of the WLTP and CLTC test cycles for passenger electric vehicles. The stages of the tests, their duration and some physical indicators are given. The analysis of various techniques and approaches allowed us to establish that the previously used NEDC cycle was equally used all over the world. Now it has been abandoned, but it is to a certain extent connected with modern cycles. Based on this, the technical parameters of the Mercedes-Benz EQA and Omoda E5 models were transferred to the general indicator. In the course of the work, 12 relevant literary sources were analyzed.

Keywords: electric vehicle, power reserve, battery, test cycle, battery capacity, technical characteristics.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы наблюдается устойчивый рост числа электромобилей в мире, что обусловлено сокращением запасов ископаемого топлива и более низкими эксплуатационными затратами электромобилей. Так, уже в 2016 году их общее количество превысило 2 млн единиц. Спустя всего два года, в 2018 году, было продано 1 млн электромобилей, что составило 50 % от общего числа зарегистрированных автомобилей данного типа в 2016 году. В 2020 году объем продаж электромобилей достиг следующих показателей: в Китае — 3,3 млн единиц, в странах Европейского союза — 2,3 млн единиц, в США — 0,63 млн единиц [12]. На фоне общего роста производства электромобилей Китай постепенно занимает лидирующие позиции в этой сфере. Так, в 2021 году на долю Китая приходилось 53 % всех мировых продаж электромобилей. Кроме того, страна становится крупнейшим экспортером аккумуляторных батарей, используемых для оснащения электрических транспортных средств.

Однако заявленные производителями эксплуатационные характеристики не всегда подтверждаются на практике. Кроме того, европейские и китайские производители используют разные испытательные циклы, что приводит к расхождениям в оценке показателей.

Цель исследования: провести анализ эксплуатационных характеристик различных моделей электромобилей с целью выявления наиболее оптимального варианта.

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведена оценка реалистичности испытательных циклов электромобилей по показателю запаса хода. В исследовании применены методы сравнения, аналогии и экспериментального анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И НАУЧНАЯ НОВИЗНА

Применяемые методы определения запаса хода электромобилей не позволяют владельцам получить достоверное представление о реальной автономности на основе паспортных данных. В рамках исследования выполнено сравнение двух близких по характеристикам моделей электромобилей для формирования объективной картины на основе анализа двух ключевых показателей.

Практическая значимость: Полученные результаты могут быть использованы для объективной оценки автономности хода электромобилей. Они также могут стать основой для разработки российского испытательного цикла, учитывающего климатические и эксплуатационные особенности страны.

Теоретический анализ

Более масштабному росту продаж электромобилей препятствует стоимость этих машин, которая в основном формируется из-за высокой стоимости самих аккумуляторов. Вторым аспектом является невысокий запас хода (автономность) электромобилей [11,13].

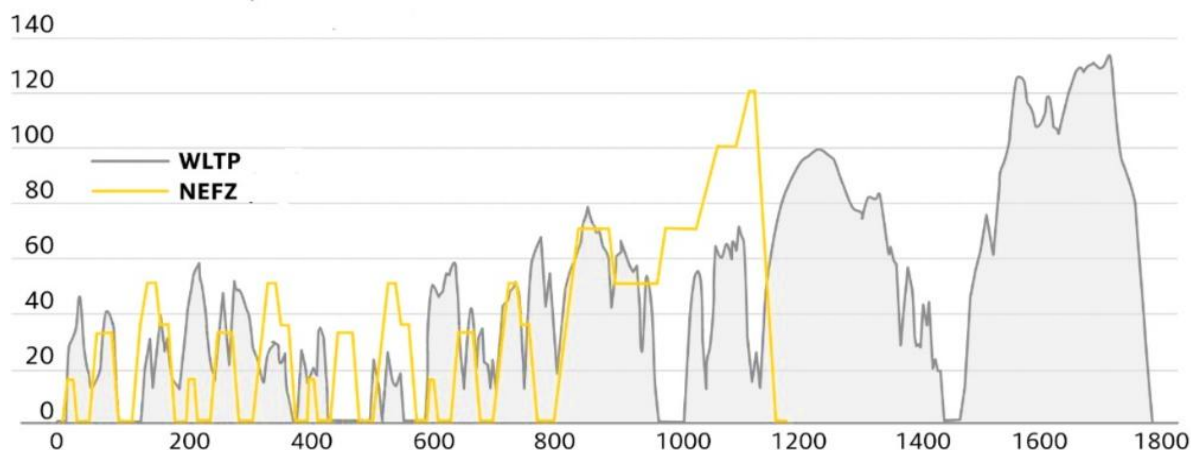
Но и здесь намечены перспективы. Производителями уже достигнут уровень себестоимости батарей на уровне 200 долларов за 1 кВт·ч, и этот показатель будет улучшаться [25].

Для увеличения автономности хода, производители увеличивают плотность аккумуляторных батарей. Уже сегодня достигнут показатель на уровне 250 кВт·ч/кг. В перспективе этот показатель будет доведен до уровня 330 кВт·ч/кг, но уже сегодня заявлен перспективный показатель литий-ионных аккумуляторов на уровне 1000 кВт·ч/кг.

Еще одним из способов обеспечить удобство при эксплуатации электромобиля с аккумулятором большой емкости, является сокращение времени пополнения заряда аккумулятора за счет увеличения мощности зарядных станций [16].

Для проведения оценки дальности хода электромобиля с 2018 года используется испытательный цикл WLTP, который заменил собой прежний цикл NEDC. Новый цикл проводится исключительно на стенде и имитирует заданные условия движения [19].

Аналогично спроектирован цикл для измерения запаса хода китайских электромобилей, который получил название CLTC. Для сравнения двух циклов приведем их графическое представление (рис. 1) [19,36].



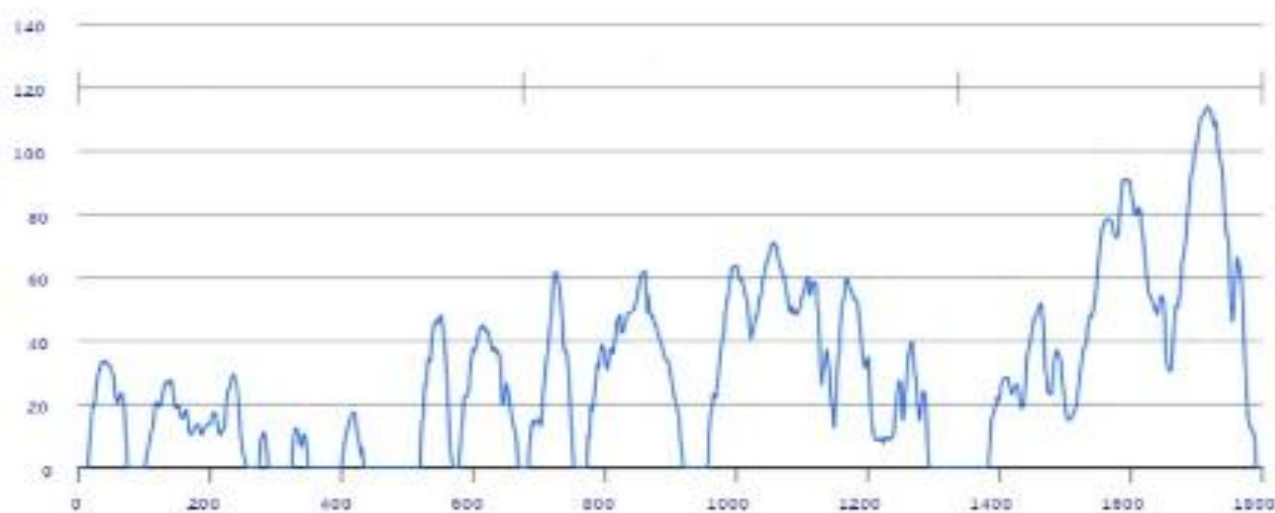


Рисунок 1 – Сопоставление условий испытательных циклов электромобилей

Можно утверждать, что производители проводят испытания своих автомобилей в не совсем равных условиях. При этом они ориентируются на свои условия – условия Европейских стран не всегда схожи с условиями китайских крупных городов или провинции.

Методика. Для проведения исследований были выбраны схожие по своему классу автомобили, немецкого и китайского производства. На основании их технических характеристик и тестовых испытаний произведен сравнительный анализ эксплуатационных характеристик различных моделей, с целью установления объективности двух тестовых циклов испытания. Между собой эти циклы отличаются, поэтому логично привести паспортные характеристики, к единому значению.

Экспериментальная часть. При анализе условий циклов, было обращено внимание на основные испытательные показатели (таблица 1).

Чтобы оценить два испытательных цикла, проведем их в других условиях проведения, которые сведем в таблицу 1. Оба цикла представлены в версии для оценки пробега легковых автомобилей.

Показатель	Цикл WLTP	Цикл CLTC
Время проведения испытаний, сек.	1800	1800
Количество и вид фаз тестирования	<ul style="list-style-type: none"> • Фаза 1 (900 с) – движение в населенном пункте; • Фаза 2 (900 с) – загородный и пригородный цикл. 	<ul style="list-style-type: none"> • Фаза 1 (674 с) – плотный городской трафик с частыми остановками; • Фаза 2 (693 с) – режим пригородного движения; • Фаза 3 (433 с) – загородный и пригородный цикл.
Пройденное расстояние за время цикла, км	23,25	14,48
Средняя скорость, км/ч	46,5	37,18

Максимальная скорость, км/ч	130	114,0
Учет дополнительного оборудования (кондиционер, фары)	да	да

Таблица 1 – Условия проведения испытательных циклов

Дополнительно отмечается, что цикл WLTP проводится для температуры 23 °С, как средней температуре летом и 14 °С, как средняя европейская температура по году [36,37].

Таким образом, отдельные параметры существенно отличаются.

В качестве объектов исследования выбраны две популярные модели электромобилей – Omoda E5 и Mercedes-Benz EQA 250. Технические характеристики приведены в таблице 2 [20,24].

Техническая характеристика	Mercedes-Benz EQA 250	Omoda E5
Мощность двигателя, л. с	190	225
Крутящий момент, Нм	385	360
Емкость батареи, кВт·ч	66,5	61
Заявленная дальность хода, км	486	450

Таблица 2 – Технические характеристики электромобилей

Таким образом, автомобили обладают схожими техническими характеристиками как в части силового агрегата, так и по емкости аккумуляторной батареи.

Результаты и выводы. Как было отмечено, оба испытательных цикла проводятся на специализированных испытательных стендах, что создает идеальные условия для проведения тестов. Однако реальные условия эксплуатации электромобилей, как правило, значительно отличаются от лабораторных. Кроме того, для европейского испытательного цикла учитываются температурные параметры, в то время как для китайского цикла такие данные не указываются.

В некоторых публикациях утверждается, что современные испытательные циклы стали более достоверными. Тем не менее, каждый из описанных циклов продолжает базироваться на предыдущем общепринятом стандарте, что можно представить в виде следующей схемы:

- WLTP к NEDC пересчитывается с коэффициентом 1,11;
- CLTC к NEDC пересчитывается с коэффициентом 0,85 [26,36].

Исходя из этих коэффициентов, для двух автомобилей получают следующие значения запасов хода:

- для Mercedes-Benz EQA 250 — 540 км;
- для Omoda E5 — 387 км.

Эти данные частично подтверждаются результатами тестов, проведенных специализированными автомобильными изданиями. Линейка Mercedes-Benz была признана одной из самых успешных с точки зрения соответствия заявленных показателей реальным характеристикам. В свою очередь, модель Omoda E5 демонстрирует достижение заявленного пробега при поддержании оптимальной скорости около 70 км/ч.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, заявленный показатель автономности запаса хода не может рассматриваться как абсолютная величина для потребителя. Полученные значения являются результатом лабораторных тестов и испытаний. Реальные показатели зависят от множества факторов, включая конкретные условия маршрута, скоростной режим и стиль вождения.

Список литературы:

1. Абдурашидов И.Ж., Алимарданов Р.А. Исследование эффективности испытаний автомобильных тормозов // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2021. 12(93).
2. Абдурашидов И.Ж., Алимарданов Р.А. Исследование эффективности испытаний автомобильных тормозов // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2021. 12(93).
3. Абдурашидов И.Ж., Ибрахимов К.И. Влияние условий эксплуатации автомобилей-самосвалов на их ресурс работы // *Международная научно-практическая конференция «Цифровые технологии, инновационные идеи и перспективы их применения в сфере производства»*. Т. 2. 2021. С. 32–36.
4. Абдурашидов И.Ж., Кульмухамедов Д.Р., Мирзарахимов Ш.Ш. Дополнительное устройство ANDAR для автосигнализации автотранспортных средств // *Республиканская научно-практическая конференция "Формирование навыков научного и практического творчества выпускников техникума при подготовке к высшему образованию"*, Ташкент. 2022. № 1. С. 72–74.
5. Абдурашидов И.Ж., Тургунов Д.Ш. Транспорт воситаларининг тузулиши ва назарияси фанини ўқитишнинг ўзига хос услуги // *Республиканская научно-практическая конференция "Формирование навыков научного и практического творчества выпускников техникума при подготовке к высшему образованию"*, Ташкент. 2022. № 1. С. 95–98.
6. Abdurashidov I.Z., Sharifbaeva, K.Y. Research on the efficiency of different energy sources for electric vehicle charging // *International Conference on Thermal Engineering*. 2024. 1(1).
7. Абдуразакова Д. А., Абдурашидов И. Ж., Алимарданов Р. А. Цифровые приложения в преподавании технических дисциплин // *Интернаука: электрон. научн. журн.* – 2022. – №. 2. – С. 225.
8. Абдурахимов Л.Х., Абдурашидов И.Ж. Анализ системы старт-стоп современных автомобилей // *Республиканская научно-практическая конференция "Формирование навыков научного и практического творчества выпускников техникума при подготовке к высшему образованию"*, Ташкент. 2022. № 1. С. 94–95.
9. Alimardanov Ravshanjon, Ibotov Piyo, Abdurashidov Iskandarbek. A theoretical study of adaptation of the engine control system in autotractor machines switched from diesel to compressed natural gas // *Universum: технические науки*. 2023. №2-5 (107).

10. Ёкубжонов С.Г., Ибрахимов К.И., Абдурашидов И.Ж., Мирзаев М.М. Испытания автомобиля-самосвала МАЗ в условиях жаркого климата // Республиканская научно-практическая конференция «Жамоат хавфсизлигини таъминловчи бўлинмаларда ҳайдовчиларнинг касбий тайёргарлигини ошириш муаммолари». Т. 1. № 1. 2021. С. 211–216.
11. Глобальный прогноз развития электромобилей до 2023 года Министерство энергетики США 2023.
12. Гайдук С.В., Мирошниченко Е.В., Петула А.С. Мировые тенденции развития электротранспорта // С.В. Гайдук, Е.В. Мирошниченко, А.С. Петула // Энергетические установки и технологии. 2023. Т 9. № 1. С. 108-114.
13. Горбунова А.Д., Анисимов И.А. Формирование потока требований на восстановление заряда тяговой аккумуляторной батареи электромобилей при использовании городской зарядной инфраструктуры // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. № 3. – С. 113-124.
14. Едгоров Ж.Н., Алимарданов Р.А., Абдурашидов И.Ж., Кодиров М.Ф. Анализ поломок и неисправностей автобусов ИСУЗУ эксплуатируемых в городе Ташкенте // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2022. 9(102). С. 14-17.
15. Исмаев А.А., Абдурашидов И.Ж., Ёкубжонов С.Г., Анализ неисправностей тормозной системы автобусов ISUZU в процессе эксплуатации. // Научно-методический журнал проблемы науки № 5 (64), 2021., С. 18-20.
16. Камольцева А.В. Производственно-техническая инфраструктура автомобильного транспорта: состояние, проблемы, перспективы: монография // А.В. Камольцева. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019. – 140 с.
17. Кульмухамедов, Д.Р., Абдурашидов И.Ж. Научные основы повышения эффективности автотранспортных средств в условиях жаркого климата // 113-я международная научно-техническая конференция «Техническое регулирование в области автотранспортных средств». — Москва: Автополигон, 7 декабря 2022 года. — Московская обл., РФ.
18. Кульмухамедов Ж.Р., Хикматов Р.С., Саидумаров А.Р., Абдурашидов И.Ж. Эффективная мощность и момент двигателя в функции температуры окружающей среды // Научный журнал транспортных средств и дорог, 2023 №2. С. 43-50.
19. Методики расчета запаса хода: WLTC, NEDC и CLTC : [Электронный ресурс]: от 21.05.2024 г. – Rational Connructive Solutions – Режим доступа: <https://lex-energo.ru/novosti/news/metodiki-raschjota-zapasa-khoda-wltc-nedc-i-cltc>.
20. Mercedes-Benz EQA: [Электронный ресурс]: от 21.05.2024 г. – Auto.ru – Режим доступа: <https://auto.ru/catalog/cars/mercedes/eqa/22729023/22729070/specifications>.
21. Mukhitdinov, A., Abdurazzokov, U., Ziyaev, K., Makhmudov, G. (2023). Method for assessing the vehicle energy efficiency on a driving cycle. 060028. <https://doi.org/10.1063/5.0114531>
22. Мирзалиев С.М., Шарипов К.А. Modeling and simulation of hydraulic load sensing proportional valve PVG32. // Сборник трудов 104-й международной научно-технической конференции на тему «Опыт создания и эксплуатации автомобильного транспорта в условиях жаркого климата». – Ташкент, 2018. – С. 121-129.
23. Мирзалиев С.М., Шарипов К.А., Иноятходжаев Ж.Ш. Перспективы развития автомобилей на возобновляемых источниках энергии. // Международная конференция

- на тему «Современные технологии электромобилей с применением новых источников энергии». – Ташкент, 2019. – С. 26-29
24. Omoda привезет в Россию электрокроссовер E5: 400 км от батареи, быстрая зарядка за полчаса, сколько будет стоить: [Электронный ресурс]: от 21.05.2024 г. – Sport24 – Режим доступа: <https://sport24.ru/auto/article-omoda-e5-elektrokrossover-obzor>.
 25. Schwarzer, Christoph M.: BEV-Reichweitenermittlung nach WLTP. Heise Medien. <http://www.heise.de/-3891502>. Version: 2017. – abgerufen am 30.05.2019.
 26. Tajibaev Abdunabi, Alimardanov Ravshanjon, Abdurashidov Iskandarbek. Study of failures of Isuzu buses operated in the city of Tashkent // Universum: технические науки. 2023. №3-4 (108).
 27. Циклы испытаний легковых автомобилей в Китае (CLTC) : [Электронный ресурс]: от 21.05.2024 г. – Дизель Нет – Режим доступа: <https://dieselnet.com/standards/cycles/cltc.php>
 28. Шарифбаева Х.Я., Абдурашидов И.Ж. Перспективы использования мобильных технологий в образовательном процессе // Вестник науки и образования. 2021. №17-2 (120). С. 85-87.
 29. Шарифбаева Х.Я., Абдурашидов И.Ж. Опыт подготовки преподавателей технических дисциплин в ведущих вузах мира // Вестник науки и образования. 2021. №7(110). С. 27-29.
 30. Шарифбаева Х.Я., Абдурашидов И.Ж., Алимарданов Р.А. Возможности и перспективы развития мобильных технологий в высшем техническом образовании // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2022. 1(94).
 31. Sharifbaeva K. et al. Formation of methodical competence of special subjects teachers in technical universities // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2022. – Т. 2432. – №. 1.
 32. Sharifbaeva K.Y., Abdurashidov I.Z., Alimardanov R.A. Training of road construction engineers // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2022. 1(94).
 33. Шарифбаева Х. Я., Абдурашидов И. Ж. У. Общесметодическая подготовка преподавателей специальных дисциплин в технических вузах // Вестник науки и образования. – 2020. – №. 23-3 (101). – С. 49-51.
 34. Шарифбаева Х. Я., Абдурашидова М. Ж. Интегрирование в образование стратегии формирования STEM-компетенций: комплексный анализ от начальной до высшей школы // Экономика и социум. 2024. №1 (116). – С. 1673-1683.
 35. Шарифбаева Х.Я., Абдурашидова М.Ж. Применение ИИ для персонализации обучения студентов вузов // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2024. 11(128).
 36. WLTP statt NEFZ: So funktioniert das aktuelle Messverfahren : [Электронный ресурс]: от 21.05.2024 г. – ADAC – Режим доступа: <https://lex-energo.ru/novosti/news/metodiki-raschjota-zapasa-khoda-wltp-nedc-i-cltc>.
 37. [WLTP, NEDC, EPA, JC08, CLTC – кому верить?](#) : [Электронный ресурс]: от 21.05.2024 г. – EV Start – Режим доступа: <https://ev-start.ru/reviews/wltp-nedc-epa-jc08-komu-verit/>