

FRI-2.204-1-SITST-11

---

## A STUDY OF THE BRAKING PROPERTIES OF INDIVIDUAL ELECTRIC VEHICLE<sup>1</sup>

---

**Eng. Filip Kirilov, PHD Student**

Department of Transport,  
"Angel Kanchev" University of Ruse  
Phone: 0885/004356  
E-mail: fkirilov@uni-ruse

**Assoc. Prof. Daniel Lyubenov, PhD**

Department of Transport,  
"Angel Kanchev" University of Ruse  
Phone: (+359) 082 888 605  
E-mail: dliubenov@uni-ruse.bg

***Abstract:** This paper presents brief data on the state of traffic safety in Bulgaria. The study of the dynamic properties of vehicles is an important stage in the expert accidents reconstruction. In the Bulgarian specialized literature there are no data on these parameters for electric vehicles. In this regard, an experimental study of the acceleration and the braking deceleration of an individual electric vehicle was carried out. The study was done with VBOX data logger equipment. The data obtained from this study can improve the quality of the expert examination of road accidents and the quality of justice.*

***Keywords:** Individual Electric Vehicle, Braking Deceleration, Vehicle Accident Reconstruction  
**JEL Codes:** L91*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Съгласно Закона за движението по пътищата "Индивидуално електрическо превозно средство" (ИЕПС) е пътно превозно средство, оборудвано с електрически двигател/и и максимална конструктивна скорост, надвишаваща 6 km/h, без или със място за сядане с височина на точка R (референтна точка на седене), ненадвишаваща 540 mm, когато превозното средство е с не повече от две колела или с височина на точка R, ненадвишаваща 400 mm, когато превозното средство е с три или повече колела, със собствена маса до 50 kg. Към този вид се отнасят и масово наричаните „тротинетки“.

Днес се наблюдава увеличаване на използваните превозни средства от този вид в населените места, което има положителни страни, но също така е свързано и с някои проблеми, отнасящи се до безопасността на движението (Stoqnov, P. 2010, Balbuzanov, T., 2019; Pencheva V., Asenov, 2019; Balbuzanov, T., Lyubenov, D., 2018). При изследване на пътнотранспортни произшествия с ИЕПС възниква необходимост от използване на различни данни за динамичните им свойства. Едни то тях са за спирачното закъснение. Изследването на спирачните закъснения и експерименталното получаване на данни за тях се налага от факта, че в заключението на голяма част от автотехническите експертизи трябва да бъде даден отговор на въпроса дали е било възможно дадено произшествие да бъде предотвратено чрез спиране. Такива данни в българската специализирана литература за съжаление са или твърде малко или липсват. Поради посоченото целта на тази работа е експериментално определяне на спирачното закъснение на ИЕПС при аварийно спиране в градска среда. Процесът на аварийно спиране представлява движение на ПС при наличие на отрицателно ускорение, при който водачът предприема спиране чрез задействане на

---

<sup>1</sup> Докладът е представен на пленарната сесия на 13 ноември 2020 с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ НА СПИРАЧНИТЕ СВОЙСТВА НА ИНДИВИДУАЛНИ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА

спирачната уредба с максимална сила (Lyubenov, D. 2011, Andreev, P, Aprahamian, B., Marinov, M., Zhelev, 2020).

## ИЗЛОЖЕНИЕ

Услугата за споделени ИЕПС “Lime” и “hobo” са достъпни в гр. София. Компанията “Lime” е първата, която предлага такава услуга в града, като тя е и най-голямата в света в сегмента. Не е ясно в каква степен се контролира познаването и спазването на задълженията, които имат водачите на ИЕПС, съгласно *Закона за движение по пътищата*: да ползват в тъмните часове на денонощието и/или при намалена видимост светлоотразителни елементи върху видимата част на облеклото, позволяващи да бъдат лесно забелязвани; да се движат по изградената велосипедна инфраструктура, а при липса на такава - възможно най-близо до дясната граница на платното за движение; в тъмните часове на денонощието и/или при намалена видимост да управляват индивидуалното електрическо превозно средство с включени светлини; да се движат с изправна спирачна система на управляваното индивидуално електрическо превозно средство; да ползват каска, ако са на възраст до 18 години (Road Traffic Act, 2020; Bishop, J., Doucette, 2011, Mathew, J., Bullock, D., Liu, M., 2019).

На водача на ИЕПС е забранено: да се движи по пътища и улици, на които максимално разрешената скорост за движение е над 50 km/h; ограничението не се прилага за улици с изградена велосипедна инфраструктура; да се движи в зони, обозначени с пътен знак В9 - "Забранено е влизането на велосипеди"; да се движи по улици, обозначени с пътен знак Г13 - "Пътна лента или платно за движение само на превозни средства от редовните линии"; да развива скорост, по-висока от 25 km/h; да превозва други лица; да се движи успоредно до друго индивидуално електрическо превозно средство или двуколесно пътно превозно средство; да управлява превозното средство, без да държи кормилото с ръка; да се движи в непосредствена близост до друго пътно превозно средство или да се държи за него; да превозва, тегли или тласка предмети, които пречат на управлението на превозното средство или създават опасност за другите участници в движението; да управлява превозното средство по площите, предназначени само за пешеходци; да използва мобилен телефон при управлението на индивидуално електрическо превозно средство (Road Traffic Act, 2020).

Минималната възраст на водача за управление на индивидуално електрическо превозно средство е: шестнадесет години - по велосипедна инфраструктура и по пътища и улици с максимално разрешена скорост до 50 km/h; четиринадесет години - само по велосипедни алеи.

## МЕТОДИКА НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ

В това изследване за определяне на спирачното закъснение е използвана система за измерване на параметрите на движение и определяне на местоположението на движещи се превозни средства VB20SL 20Hz GPS Data Logger (фиг. 1), на фирмата Racelogic Ltd – UK (Gelkov, J., Kostadinov, S., Lyubenov, D., Marinov, M., Stoqnov, P. 2010, Kostadinov, S., Lyubenov, D 2015, Kostadinov, S., Lyubenov, D., Marinov, M. 2010, Lyubenov, D., Marinov, M. 2008).



Фиг. 1. VB20SL 20Hz GPS Data Logger

Системата включва оборудване за хранване (12 V); GPS антени; регистратор на данни (Data Logger) и SD карта за записване на данните от изследването. Системата VB20SL има голяма прецизност и удобство при работа. Пренасянето на оборудването се осъществява изключително лесно и удобно поради факта, че то е с малки размери, като освен това, трябва да се отбележи и факта, че монтирането на оборудването към превозните средства става за кратко време.

Методиката на изследване включва определяне на спирачното закъснение на ИЕПС от споделената услуга на една от фирмите предлагащи ги в гр. София. Мястото на изследване е парк „Княз Борисова градина“ Избраният участък е прав и хоризонтален. Опитите са направени от водачи с маса около 60 и 90 kg. Изследванията са проведени през есенния период от годината. Настилката е асфалтова, суха към момента на изследването. Превозното средство се ускорява до 20 – 25 km/h, след което се задейства спирачната система, чрез ръкохватка до опиране в кормилото. На фиг. 2 са показани снимки на ИЕПС и системата за измерване VB20SL 20Hz GPS Data Logger.



Фиг. 2. Превозно средство и система VB20SL

Индивидуалното електрическо превозно средство е с гуми “RISINGSUN” с размери 12 X 2.0 (фиг. 3).

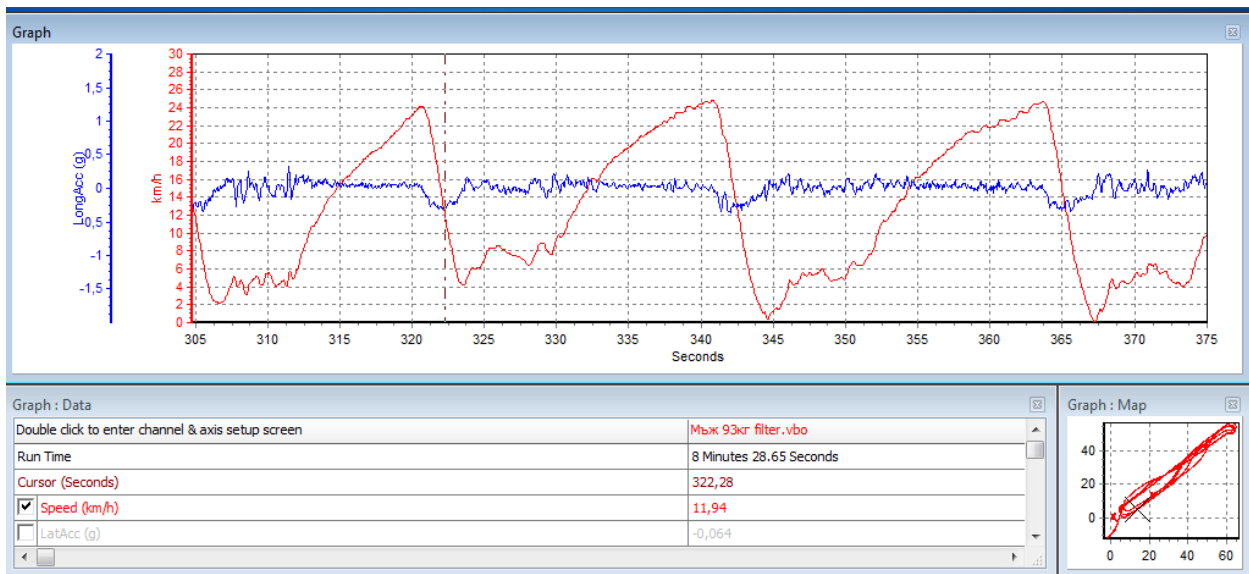


Фиг. 3. Гуми, използвани при изследването

Моделът на ИЕПС е на фирмата „hobo“, предлагаща споделени електрически „скутери“ в гр. София.

## РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО

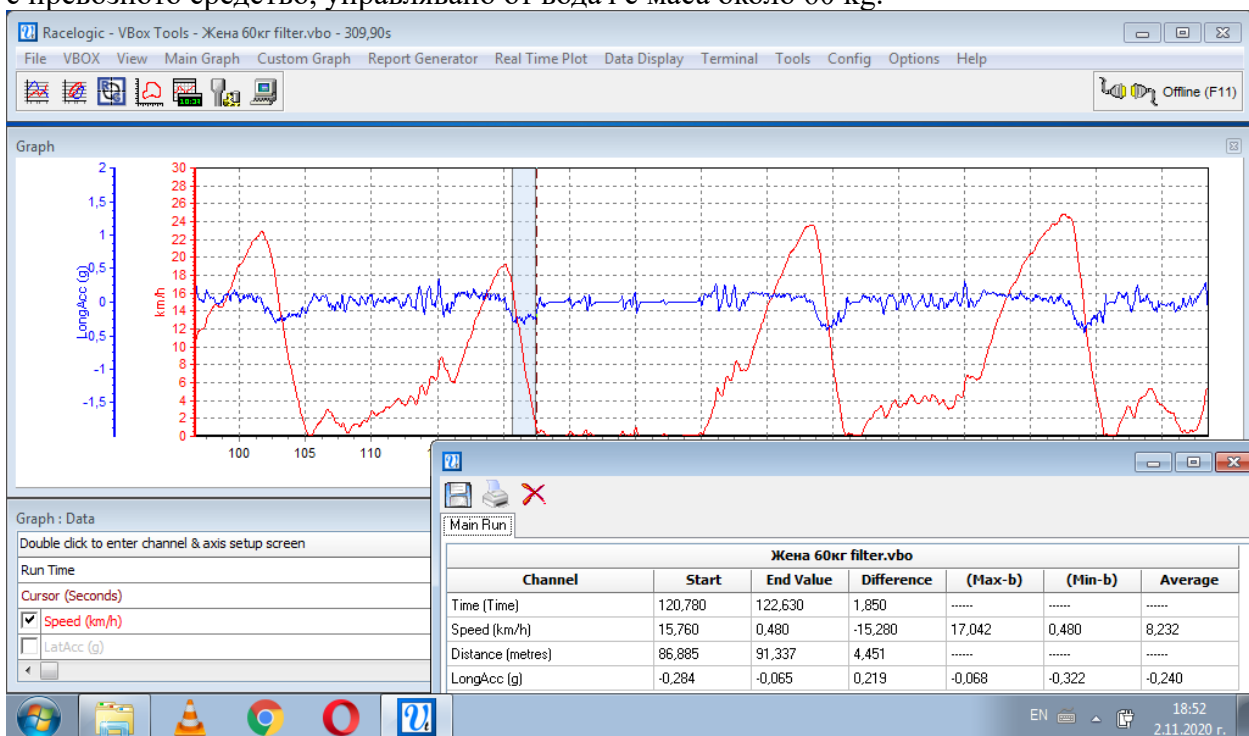
Резултатите от проведеното изследване са обработени със софтуер *VBOX Tools* (фиг. 4). Той предоставя възможност за: графично представяне на записаните данни (Graph) в зависимост от времето или изминатия път; представяне на данните в табличен вид (Graph Data) и представяне на траекторията на автомобила (Graph Map).



Фиг. 4. Главен прозорец на VBOX Tools:

Софтуерът предоставя възможност за точно и бързо определянето на минималните, максималните и средните стойности на измерените параметри, както за целия маршрут, така и за участък по избор. Направени са по 10 спирания съответно за двата пола. Обработените резултати със специализирания софтуер са съответно за минимално, максимално и средно спиращи закъснения.

На фиг. 5 е представен реален запис на скоростта и надлъжното ускорение при спиране с превозното средство, управлявано от водач с маса около 60 kg.



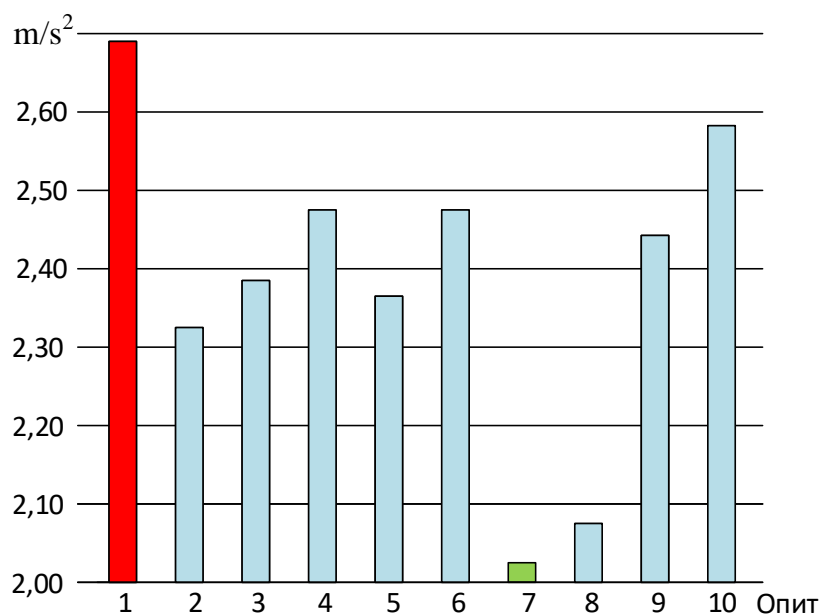
Фиг. 5. Запис на скоростта (червен цвят) и надлъжното ускорение (син цвят)

Участъкът, маркиран в сиво (фиг. 5) показва зоната за която е определено закъснението. Допълнителният прозорец *Main Run* показва резултатите за конкретния опит. Средното спиращото закъснение за този водач е 0,240 g или 2,354 m/s<sup>2</sup>. В табл. 1 са представени резултатите от изследването.

Таблица 1. Резултати от изследването

| Опит  | Маса ~ 90 kg |                  | Маса ~ 60 kg |                  |
|-------|--------------|------------------|--------------|------------------|
|       | g            | m/s <sup>2</sup> | g            | m/s <sup>2</sup> |
| 1     | 0,270        | 2,649            | 0,220        | 2,158            |
| 2     | 0,231        | 2,266            | 0,240        | 2,354            |
| 3     | 0,243        | 2,384            | 0,309        | 3,031            |
| 4     | 0,251        | 2,462            | 0,284        | 2,786            |
| 5     | 0,241        | 2,364            | 0,250        | 2,453            |
| 6     | 0,251        | 2,462            | 0,272        | 2,668            |
| 7     | 0,204        | 2,001            | 0,234        | 2,296            |
| 8     | 0,211        | 2,070            | 0,267        | 2,619            |
| 9     | 0,249        | 2,442            | 0,244        | 2,394            |
| 10    | 0,263        | 2,580            | 0,253        | 2,482            |
| Макс. | 0,270        | 2,649            | 0,309        | 3,031            |
| Мин.  | 0,204        | 2,001            | 0,220        | 2,158            |
| Ср.   | 0,241        | 2,368            | 0,257        | 2,521            |

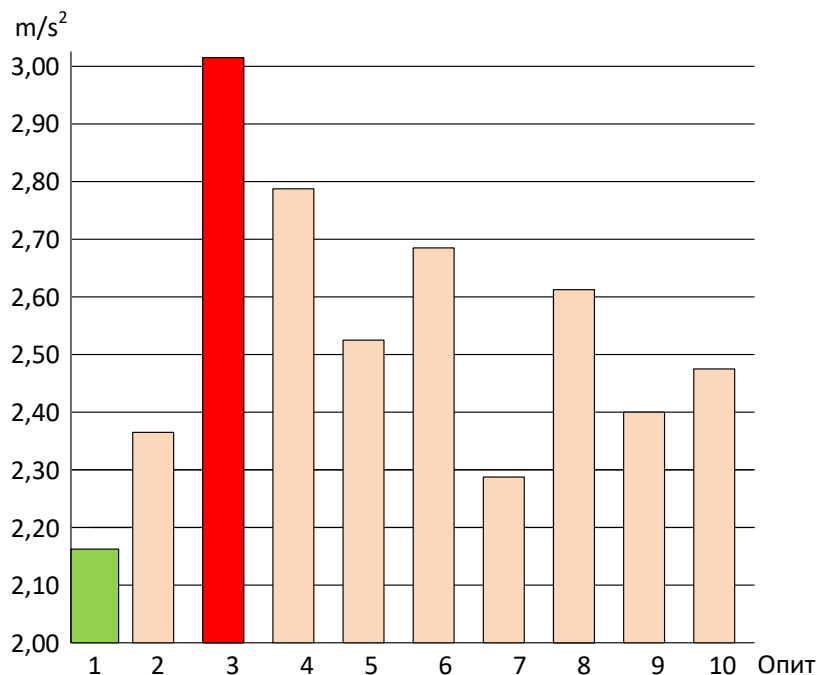
На фиг. 6 графично са представени резултатите от изследването на средните стойности на максималното спиращо закъснение при аварийно спиране на ИЕПС, управлявано от водачи с маса около 90 kg.



Фиг. 6. Данни за спирачното закъснение на ИЕПС

Резултатите показват, че за тези условия и брой опити (табл. 1) максималното спиращо закъснение е 0,270 g или 2,649 m/s<sup>2</sup>, минималното - 0,204 g или 2,001 m/s<sup>2</sup>, а средно спиращо закъснение е 0,241 g или 2,368 m/s<sup>2</sup>. От графиката (фиг. 6) се определя, че с изключение на опити с номера 1, 7 и 8 стойностите на експериментално получените спиращи закъснения са в границите на 2,3 – 2,6 m/s<sup>2</sup>.

На фиг. 7 графично са представени резултатите от изследването на средните стойности на максималното спиращо закъснение при аварийно спиране на ИЕПС, управлявано от водачи с маса около 60 kg.



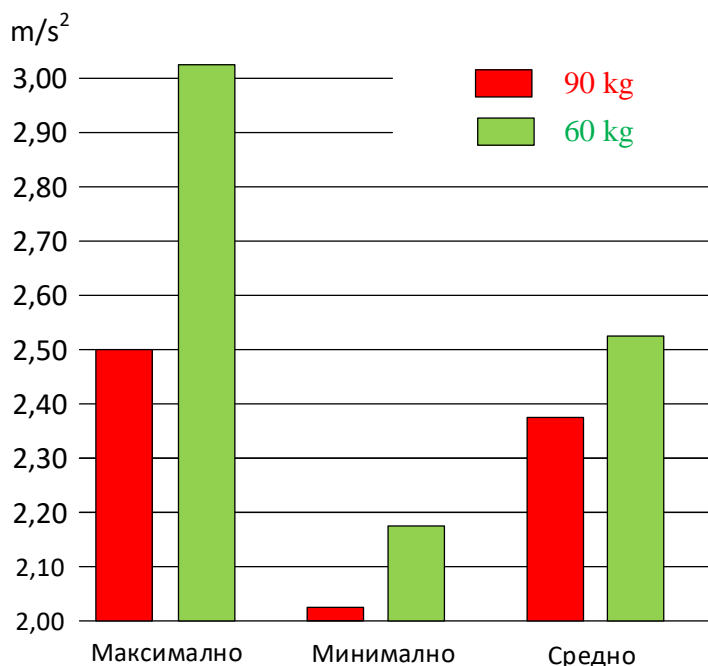
Фиг. 7. Данни за спирачното закъснение на ИЕПС

Резултатите за тези водачи (табл. 1) показват, че максималното спиращо закъснение е 0,309 g или 3,031 m/s<sup>2</sup>, минималното - 0,220 g или 2,158 m/s<sup>2</sup>, а средно спиращо закъснение е 0,257 g или 2,521 m/s<sup>2</sup>. От графиката (фиг. 7) се определя, че с изключение на опити с номера 1 и 3 стойностите на експериментално получените спиращи закъснения са в границите около 2,3 – 2,8 m/s<sup>2</sup>.

На фиг. 8 графично е представена сравнителна характеристика на резултатите от изследването на средните стойности на максималните спиращи закъснения при аварийно спиране на ИЕПС.

От сравняване на средните стойности от проведените опити за двете маси се установява, че при водачи с маса около 90 kg средно спиращото закъснение е 6,5 % по-малко в сравнение с това при водачи с маса около 60 kg. Получените резултати за спиращите закъснения са за конкретното техническо състояние на превозното средство и условия на провеждане на изследването. При различни условия спрямо тези при които е проведено изследването резултатите може да се различават в известна степен. Независимо от това тези резултати могат да бъдат много полезни в експертната практика, при ПТП с такива превозни средства.





Фиг. 8. Сравнителна характеристика на спирачните закъснения

## ИЗВОДИ

Резултатите от изследването дават основание да се направят следните основни изводи:

Представен е съвременен метод за измерване на спирачното закъснение на Индивидуално електрическо превозно средство;

Получени са експериментални данни в реални пътни условия за спирачното закъснение при аварийно спиране на Индивидуално електрическо превозно средство.

За конкретното изследване с водачи с маса около 90 kg максималното спирачното закъснение е 2,65 m/s<sup>2</sup>, минималното - 2,00 m/s<sup>2</sup>, а средното спирачно закъснение е 2,37 m/s<sup>2</sup>.

За това изследване с водачи с маса около 60 kg максималното спирачно закъснение е 3,03 m/s<sup>2</sup>, минималното - 2,16 m/s<sup>2</sup>, а средно спирачно закъснение е 2,52 m/s<sup>2</sup>.

Докладът отразява резултатите от работата по проект №2020-ФТ-02, финансиран от фонд Научни изследвания на Русенския университет.

## REFERENCES

Andreev, P, Aprahamian, B., Marinov, M., Zhelev. 2020 Study of “MI Electric Scooter Pro” Capabilities. Conference: 2020 21<sup>st</sup> International Symposiums of electrical Apparatus & Tehnologies.

Bloom, M., Noorzad, A., Lin, C., Little, M., 2020. Standing electric scooter injuries: Impact on a community 2020 he American Journal

Bishop, J., Doucette. 2011 R. Investigating the technical, economic and environmental performance of electric vehicles in the real-world: A case study using electric scooters Journal of Power Sources 196(23):10094-10104

Balbuzanov, T., 2019. Methods to reduce the number of incidents with vulnerable road users. Proceedings of University of Ruse, Volume 58, Book 4, p. 129-135

Balbuzanov, T., Lyubenov, D., & S., Kostadinov., 2018. Improving the safety of vulnerable road users. Proceedings of University of Ruse, Volume 57, Book 4, p. 99-104

Kirilov F., D. Lyubenov. (2018). A study of motorcycle acceleration in real traffic flow. Proceedings of University of Ruse, 57(4), 48-153. (Оригинално заглавие: Кирилов, Ф., Любенков,

Д. (2018). Изследване на ускорението на мотоциклет в реална градска среда. Научни трудове на русенския университет, 57(4), 148-153).

Lyubenov, D. (2011) Research of the stopping distance for different road conditions. *Scientific Journal "Transport Problems" 2011*, Volume 6, Issue 4, p. 119-126. ISSN 1896-0596

Lyubenov, D. (2011). Investigation of deceleration delay with VBox 3i Data Logger on different road surfaces. *Trans & MOTAUTO 2011*. p. 5 – 7. Любенов, Д. (2011). Изследване на спиращото закъснение с VBox 3i Data Logger при различни пътни настилки” *Trans & MOTAUTO 2011*. с. 5 – 7. ISBN: 1310-3946.

Mathew, J., Bullock, D., Liu, M. 2019 Impact of Weather on Shared Electric Scooter Utilization. Conference: 2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference – ITSC

Pencheva V., Asenov A (2019). Road safety policies and training of candidates for drivers. Ruse A. Kanchev University of Ruse Publishing Center, p. 260, ISBN 978-954-712-761-6. (Оригинално заглавие: Пенчева В., А. Асенов. Политики в областта на безопасността на автомобилното движение и обучение на кандидати за водачи на МПС. Русе, Издателски център на Русенския университет "А. Кънчев", 2019, стр. 260, ISBN 978-954-712-761-6.

Stoqnov, P. (2010). Application of the global positioning and location system for vehicles B: 18Th International scientific and technical conference on transport, road-building, agricultural, hoisting & hauling and military technics and technologies trans & motauto”10” Varna Bulgaria (Оригинално заглавие: Стоянов П. 2010 Приложение на глобалната система за позициониране и определяне на местоположението на транспортните средства).

Road Traffic Act, as amended. and ext. DV. issue 71 of 11 August 2020. Закон за движение по пътищата, изм. и доп. ДВ. бр.71 от 11 Август 2020

<https://electric-scooter.guide/comparisons/electric-scooter-performance-tests/>

<https://vc.ru/transport/42234-prokatimsya-na-trende-uspehi-elektrosamokatov-v-rossii>