

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗАВИСИМОСТТА МЕЖДУ  
МЯСТОТО НА РАЗПОЛОЖЕНИЕ НА АКУМУЛАТОРА И  
КООРДИНАТИТЕ НА МАСОВИЯ ЦЕНТЪР НА  
ЕЛЕКТРОВЕЛОСИПЕДА**

**EXPERIMENTAL STUDY OF RELATIONSHIP BETWEEN THE SPACE  
AVAILABLE BATTERY AND COORDINATES OF THE CENTER OF  
ELECTROBICICLE GRAVITY**

**Радостина Денчева, Николай Ангелов**

*Технически университет - София*

**Abstract**

This paper presents the results about researches concerning of relations between the space available battery and coordinates of the center of electro bicycle gravity. Position when the battery is mounted on the detail of bicycle frame to the line handle-bar pedals is optimal.

**Keywords:** electrobicycle, mass gravity center, battery.

**ВЪВЕДЕНИЕ**

В европейските страни с развита велосипедна култура се налагат напоследък електровелосипедите като усъвършенствана алтернатива на автомобилния транспорт и особено в тежките градски условия. У нас този тип возила вече се сглобяват в рамките на производствената програма на някои велосипедни фирми, които ги предлагат на пазара на цена от порядъка на 2200÷2500 лв. Въпреки че тази цена е приблизително тройно по-висока в сравнение с цената на средния клас велосипеди (700÷800 лв.) и равна на цената на луксозните велосипеди, този относително нов вид превозни средства се търсят и купуват.

Електровелосипедът, който е патентован още през 1895 г., навлиза в практиката едва след 1995 г., главно заради усъвършенстваните електродвигатели и компактните, но мощни акумулатори. В наше време електровелосипедът придобива известни предимства пред класическия велосипед, задвижван само с краката на велосипедиста заради това, че предлага по-комфортен начин на придвижване, при който се пестят сили при преодоляването на по-дълги разстояния с по-голяма скорост и особено при изкачване на наклони. Съвременният електровелосипед е екологично превозно средство, удобен е за придвижване в

трудно- и недостъпни места за автомобилите, паркира се лесно, може да бъде превозван с помощта на автомобил и, в крайна сметка, може при необходимост да бъде прибутван и на ръка.

Теглото на рамата на предлаганите на пазара електровелосипеди варира в рамките на диапазона 5÷25 kg. Всеки електровелосипед е оборудван с акумулатор – най-често литиево-йонна батерия, която тежи от порядъка на 2,5÷4 kg. С други думи тежестта на акумулатора се явява съществен компонент в рамките на теглото на целия електровелосипед, особено при рамите, изпълнени от леки метални сплави и композитни материали.

Забелязва се, че различните производители монтират акумулатора на различни места. Например акумулаторите на електровелосипедите на водещите автомобилни фирми като AUDI, SMART и BMW са монтирани в рамките на контура на велорамата, непосредствено над педалите. Акумулаторът на електровелосипеда на VW е монтиран в средата на горната тръба на рамата. Този на OPEL – вътрешно на рамата по оста кормило-педали, а този на Ford – в самата рама. С други думи, няма единна концепция по този въпрос, а е разбираемо, че мястото на акумулатора е от значение за стабилността на возилото.

Настоящата статия включва съществена част от получените по експериментален път резултати от проведени изследвания на зависимостта между мястото на разположение на акумулатора и координатите на масовия център на електровелосипеда.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

На поредицата фигури (фиг.фиг. 1÷5) е показан електровелосипед на DRAG [1], обект на следващите изследвания, с пет варианта на монтиране на акумулатора.



**Фиг.1.** Вариант №1 - без акумулатор.



**Фиг.2.** Вариант № 2 – акумулаторът е монтиран на рамата под седалката.



**Фиг. 3.** Вариант № 3 – акумулаторът е монтиран на рамата под кормилото.

Вариант № 5 се предлага на пазара от фирмата-производител. Теглото на акумулатора на DRAG е 3 kg, а габаритите му са 320/120/50 mm. Теглото на велосипеда без акумулатора е 20 kg. Конкретната велорама на DRAG е дамски тип, а за провеждането на изследванията при вариант № 4 е използвана лека пластмасова лаясна, която, закрепена стабилно, замества съответния детайл при варианта на изпълнение, тип мъжка рама.



**Фиг. 4.** Вариант № 4 – акумулаторът е монтиран на рамата по оста кормило-седело.



**Фиг. 5.** Вариант № 5 – акумулаторът е монтиран на багажник над задната гума.

Изследванията са проведени по известния от механиката метод [2], при който масовият център на сложни равнинни системи може да се определи емпирично като обектът – в случая електровелосипедът, разглеждан като тяло с равнинно разположена маса, се окачва последователно на три точки, определящи върховете на неправилен триъгълник, като центърът на тежестта на изследвания обект съвпада с пресечната точка на медианите към съответните страни на същия този триъгълник. В случая електровелосипедът се окачва последователно под кормилото

(фиг.6), под седлото (фиг.7) и над педалите (фиг.8).



Фиг. 6. Окачване под кормилото.

Използва се възможността векторът на сумарното тегло на електровелосипеда с монтираната по съответния начин екипировка, да бъде колинеарен с оста на земното притегляне. Обектът на изследване се снима във всяко положение, като се използва независимо закрепена от електровелосипеда видима (бяла) корда с окачена тежест на нея, която определя вертикалата на равнинната координатна система.

С помощта на програмния продукт Adobe Fotoshop [3] всяка, от общо 15 снимки, се обработва, като се нанасят осите X и Y. С точност до 1 mm се отчитат координатите (Табл.№1) на пресечната точка на медианите на виртуалния триъгълник, които са тези на масовия център на тежестта на електровелосипеда в зависимост от съответния вариант.

Табл. №1

Вариант №	X, mm	Y, mm
1	-38	10
2	-60	30
3	-26	50
4	20	87
5	-8	92

Вижда се, че координатите по хоризонталната ос X се изменят в диапазона  $X \in \{-60 \div 26\}$ , а тези по вертикалата - съответно  $Y \in \{10 \div 92\}$ .

В случая на разполагане на акумулатора на напречната гредка (вариант № 4), центърът на тежестта се измества силно нагоре, което прави електровелосипедът нестабилен при ниски скорости и при тръгване. Разположението на акумулатора над задната гума (вариант № 5 на DRAG) измества центъра на тежестта нагоре и в посока към задната ос, което влияе негативно върху управлението и върху маневреността на електровелосипеда.



Фиг. 7. Окачване под седлото.



Фиг. 8. Окачване над педалите.

От направеното изследване следва, че разполагането на батерията върху гредата на рамата, свързваща оста на педалите и

кормилото, е оптималното решение за градския електровелосипед. Прави впечатление и фактът, че при електровелосипедите, произвеждани от световните автомобилни производители, се наблюдава тенденция за разполагане на акумулатора, точно в тази зона, но по този въпрос няма изследвания и съответните публикации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системата електровелосипед-велосипедист може да се разглежда като обърнато махало. В природата са налице множество животни – коне, антилопи, зебри, жирафи и др. с подобна „конструкция“, при които тежката маса е изнесена високо, а като опора ѝ служат тънки и дълги крака. По аналогия колкото по-напред и по-нагоре е разположен центърът на тежестта на системата електровелосипед-велосипедист, толкова по-малко е необходимо странично движение на тялото на велосипедиста за запазване на баланса на велосипеда. Обратно, изместването на центъра на тежестта в посока към задната ос на електровелосипеда изисква повече странично движение или преместване на тялото на велосипедиста напред за постигане на запазването на баланса на системата. С други думи, изместването на центъра на тежестта нагоре води до по-лесно запазване на равновесие при управление. Тук трябва да се вземе под внимание фактът, че високият център на тежестта подобрява баланса по време на движение със средна и висока скорост. При престой, при ниска скорост, при спиране и при потегляне, високият център на тежестта може да стане причина за загуба на управление, включително и до падане на колхоздача. Тази е и причината в миналото да отпадне конструкцията на велосипед-паяк (с предно голямо и задно малко колело), популярен през 19 век., при който велосипедистът се е покачвал на седлото на своя велосипед на височина ~1,5 m над терена. В много от случаите е била необходима специална повдигната над терена рампа, от която велосипедистът е

тръгвал, а слизането е било съпроводено със скок.

Следователно монтирането на акумулатора на електровелосипеда върху гредата на рамата, свързваща оста на педалите и кормилото, е възможно да бъде променливо в зависимост от начина на каране. В този смисъл при преобладаващо и предпочитано бавно каране, например осъществявано от възрастни хора, е целесъобразно акумулаторът да бъде фиксиран с подходящи скоби максимално ниско към педалите. В случай, че електровелосипедът се кара бързо е целесъобразно акумулаторът със същите скоби да бъде изместен нагоре по цитираната вече греда на рамата.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Интернет-страница на предприятието DRAG <[www.velomania.bg](http://www.velomania.bg)>.
- [2] Resource Lesson, Center of Mass. PhysicsLab On-line. <[http://dev.physicslab.org/Document.aspx?doctype=3&filename=RotaryMotion\\_CenterMass.xml](http://dev.physicslab.org/Document.aspx?doctype=3&filename=RotaryMotion_CenterMass.xml)>.
- [3] AdobeFotoshop,<[www.fotoshop.com](http://www.fotoshop.com)>.

## БЛАГОДАРНОСТ

Авторите изказват своята благодарност на ръководството на Научно-изследователския сектор на Техническият университет – София за оказаната възможност за реализацията на договор № 121ПД0008-05/2012, по който пряко се отнася настоящата статия.

## ЗА АВТОРИТЕ

Маг.инж.-дизайнер Радостина Мирославова Денчева, <[r.dancheva@tu-sofia.bg](mailto:r.dancheva@tu-sofia.bg)> е редовна докторантка в катедра “Инженерен дизайн” в Техническият университет – София.

Д-р инж. Николай Петров Ангелов, д.т.н., <[n.angelov@tu-sofia.bg](mailto:n.angelov@tu-sofia.bg)> е професор в катедра „Технология на машиностроенето и металорежещи машини“ и ръководител на докторантурата на първия автор.