

## MOTORKERÉKPÁR FUTÓMŰVÉNEK VIZSGÁLATA

**Marada Imre**

*hallgató, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki- és Informatikai Kar  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [maradaimre@gmail.com](mailto:maradaimre@gmail.com)*

**Bihari János**

*egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [machbj@uni-miskolc.hu](mailto:machbj@uni-miskolc.hu)*

### **Absztrakt**

*A cikk témája motorkerékpár futóművének vizsgálata egy külön erre a célra tervezett pneumatikus futómű-vizsgálópád segítségével. A futómű-vizsgálópád a működése során egy mesterséges akadályt mozgat a vizsgált kerék alatt, ezzel szimulálva a motorkerékpár áthaladását útegyenetlenségeken. Ilyen módon vizsgálható egy tényleges motorkerékpár futóműve, vagy egy a vizsgálóvázhhoz rögzített futómű is.*

**Kulcsszavak:** *motorkerékpár, futómű, vizsgálat, pneumatika*

### **Abstract**

*The subject of this article is the analysis of a motorcycle's suspension with a pneumatic suspension analyser. During the analysis, the suspension analyser moves an artificial obstacle under the examined wheel, simulating the motorcycles pass through uneven road surfaces. This way we can examine the suspension of a real motorcycle, or a suspension fixed to a test frame.*

**Keywords:** *motorcycle, suspension, analysis, pneumatics*

### **1. Bevezetés**

A motorkerékpárok alapvető és fontos szerkezeti egysége a futómű. A futómű az első és a hátsó kerékfelfüggesztést, a kereket, a fékeket és az első futómű esetén a kormány szerkezetet foglalja magában. Elsődleges szerepe a váz összekötése a kerekkel. Működése során a futómű elemeit különböző nagyságú és típusú terhelések érik, ezért fontos mind az alkatrészek, mind a teljes szerkezet megfelelő biztonságának, terhelésekkel szembeni ellenállásának, működés közbeni viselkedésének vizsgálata, ellenőrzése. Ez például egy erre a célra tervezett pneumatikus futómű-vizsgálópád segítségével lehetséges. A pneumatikus megoldást azért választottuk, mert a Gép- és Terméktervezési Intézetben számos modern pneumatikus elem áll rendelkezésre, amelyekből számos lehetséges megoldást meg lehet valósítani. A megtervezett vizsgálópádot pedig meg is szeretnénk építeni.

### **2. A munkahengerek kiválasztása**

A berendezés alapvető egységei a pneumatikus munkahengerek. A munkahengerek névleges átmérője 63, 80 vagy 100 mm értékek közül kerülhet ki, lökethosszuk 320 vagy 500 mm lehet. A munkahengereket el lehet helyezni egymás mellé párhuzamosan, egymás mögé sorosan, vagy csak egy munkahengert önmagában. Az előtervezéshez csak a rendelkezésre álló munkahengereket vettük figyelembe, mivel új munkahengerek beszerzését nem tervezzük.

A vizsgálat során a munkahengerek fogják szimulálni az út mozgását a kerék alatt. Az előtervezés során az üres motorkerékpárra ható erőket vizsgáltuk, egyelőre egy helyzetre. Ennek az értelme, hogy a mérés során kapott paramétereket egyelőre nem ismerjük, meg kell találni a paraméterek célszerű mérési pontjait.

A kerékre ható erők viszonya:

$$F_h = F_v - F_g \quad (1)$$

Ahol:

- $F_h$  a vonóerő és a gördülési ellenállás különbsége, a kerékre ható vízszintes irányú erők eredője
- $F_v$  a munkahengerek által kifejtett vonóerő
- $F_g$  a gördülési ellenállás

A gördülési ellenállás 100 kg-os motorkerékpár esetén:

$$F_g = \mu \cdot F_n = 0,05 \cdot 981 \text{ N} = 49,05 \text{ N} \quad (2)$$

Ahol:

- $\mu = 0,05$ , a gördülési súrlódási ellenállási tényező
- a motorkerékpár által az akadályra ható nyomóerő:

$$F_n = m_m \cdot g = 100 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 981 \text{ N} \quad (3)$$

- $m_m=100 \text{ kg}$ , a motorkerékpár számításokhoz használt tömege
- $g=9,81 \text{ m/s}^2$ , a nehézségi gyorsulás

A munkahengerek mozgását a lökethossz feléig egyenletesen gyorsuló, utána egyenletesen lassuló mozgásnak lehet feltételezni. Így a mozgott akadály a lökethossz felénél éri el a maximális sebességét. Sorosan beépített munkahengerek esetén is az első munkahenger lökethosszának a felével történik a számítás. Egy ütem ideje 320 mm-es lökethossz esetén  $t_1=0,64 \text{ s}$ -nak, 500 mm-es lökethossz esetén  $t_2=1 \text{ s}$ -nak vehető [2].

A tervezéshez használt minimális sebesség értéke  $v_m=120 \text{ km/h}=33,33 \text{ m/s}$ .

Egyenletesen gyorsuló mozgás esetén a gyorsulás:

- 320 mm-es lökethossz esetén:

$$a_1 = \frac{v_m}{t_1/2} = \frac{33,33 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,32 \text{ s}} = 104,16 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (4)$$

- 500 mm-es lökethossz esetén:

$$a_2 = \frac{v_m}{t_2/2} = \frac{33,33 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,5 \text{ s}} = 66,66 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (5)$$

Előzetesen  $m_a=5 \text{ kg}$  tömegű akadállyal számítva, a vízszintes irányú erők eredőjének szükséges értéke:

- 320 mm-es lökethossz esetén:

$$F_{h1} = m_a \cdot a_1 = 5 \text{ kg} \cdot 104,16 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 520,8 \text{ N} \quad (6)$$

- 500 mm-es lökethossz esetén:

$$F_{h2} = m_a \cdot a_2 = 5 \text{ kg} \cdot 66,66 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 333,3 \text{ N} \quad (7)$$

A munkahengerek által kifejtett erő szükséges értéke:

- 320 mm-es lökethossz esetén:

$$F_{v1} = F_{h1} + F_g = 520,8 \text{ N} + 49,05 \text{ N} = 569,85 \text{ N} \quad (8)$$

- 500 mm-es lökethossz esetén:

$$F_{v2} = F_{h2} + F_g = 333,3 \text{ N} + 49,05 \text{ N} = 382,35 \text{ N} \quad (9)$$

Mivel 500 mm-es lökethossz esetén kisebb a szükséges erő, amit a munkahengereknek ki kell fejtenie, ezért 500 mm-es lökethosszú munkahengerek lesznek beépítve.

**1. táblázat.** A munkahengerek által kifejtett erő 6,3 bar nyomás esetén

Dugattyúátmérő	Erő	
	1 db munkahenger	2 db munkahenger párhuzamosan
63	1960 N	3920 N
80	3165 N	6330 N
100	4945 N	9890 N

Bár a munkahengerek soros beépítése esetén a lökethossz növelésével a vizsgálathoz használt akadály hosszmerete is növelhető lenne, de ebben az esetben a munkahengerek megfelelően stabil megfogása nem lenne biztosított, ami azt okozná, hogy az általuk kifejtett erő sem csak az akadály mozgatására fordítódna [2], vagy a szerkezetbe olyan drága alkatrészeket kellene beépíteni, amelyekkel nem rendelkezünk. Mindezek miatt ez a beépítési mód nem megfelelő.

Az 1. táblázat alapján az optimális megoldás egy 63 mm dugattyúátmérővel rendelkező munkahenger beépítése, mivel ez elegendő erőt tud biztosítani, ugyanakkor kompakt kialakítást tesz lehetővé.

### 3. A kerékre ható erők meghatározása

Amikor a munkahenger segítségével az akadály elhalad a kerék alatt, egyrészt az „út” és a kerék között hat egy  $F_v$  vonóerő, melynek hatására a kerék forgómozgást végez. Másrészt ennek akadályozására fellép a két érintkező felület közötti súrlódásból származó  $F_g$  gördülési ellenállás. Továbbá az akadályon található egyenetlenség egy függőleges  $F_{fel}$  erőt fejt ki a rajta áthaladó kerékre.

A kerékre ható vízszintes irányú erők eredője:

$$F_h = F_v - F_g = 1960 \text{ N} - 49,05 \text{ N} = 1910,95 \text{ N} \quad (10)$$

ahol:

- $F_v=1960 \text{ N}$  a munkahenger által kifejtett erő
- $F_g$  a gördülési ellenállás

A gördülési ellenállás 100 kg-os motorkerékpár esetén:

$$F_g = \mu \cdot F_n = 0,05 \cdot 981 \text{ N} = 49,05 \text{ N} \quad (11)$$

ahol:

- $\mu = 0,05$ , a gördülési súrlódási ellenállási tényező
- a motorkerékpár által az akadályra ható nyomóerő:

$$F_n = m_m \cdot g = 100 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 981 \text{ N} \quad (12)$$

A munkahenger által mozgatott elemen lévő akadály íves felületű, így a kerék vízszintes irányban  $l/2$  távolságot tesz meg, míg felér az akadály tetejére. Az akadály magassága  $h$ , az  $l/2$  út megtételéhez szükséges  $\Delta t$  idő  $v$  vízszintes irányú sebesség esetén [3] [4]:

$$\Delta t = \frac{l/2}{v} \quad (13)$$

Ez alatt a kerék függőleges irányban  $h_1$  utat tesz meg, így függőleges irányú sebessége [3] [4]:

$$v_y = \frac{h_1}{t} \quad (14)$$

Mielőtt a kerék áthalad az akadályon, a függőleges irányú sebessége zérus, így kiszámítható az átlagos függőleges irányú gyorsulás [3] [4]:

$$a_y = \frac{v_y}{t} = \frac{h_1}{t^2} \quad (15)$$

A függőleges irányú erő, ami a kereket az akadály tetejére mozgatja [3] [4]:

$$F_{fel} = m \cdot a_y \quad (16)$$

A vertikálisan megtett út a következőképpen számítható ki [3] [4]:

$$h_1 = \frac{a_y}{2} \cdot \Delta t^2 = \frac{a_y}{2} \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^2 \frac{1}{v^2} \quad (17)$$

Így a függőleges irányú gyorsulás  $h_1=50$  mm és  $l=150$  mm esetén [3] [4]:

$$a_y = 2 \cdot h_1 \cdot \frac{v^2}{\left(\frac{l}{2}\right)^2} = 2 \cdot 0,05 \text{ m} \cdot \frac{\left(38,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{(0,075 \text{ m})^2} = 26763 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (18)$$

A kerékre ható legnagyobb függőleges irányú erő:

$$F_{fel} = m \cdot a_y = 100 \text{ kg} \cdot 26763 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 267630 \text{ N} \quad (19)$$

#### 4. A pneumatikus futómű-vizsgálópád szerkezeti felépítése

A mérés végrehajtásához egy erre a célra tervezett pneumatikus futómű-vizsgálópád szolgál. A berendezés több, különálló egységből épül fel.

A berendezés legfontosabb részei közé tartozik a pneumatikus munkahenger, ez mozgatja az akadályt és ennek a paramétereit mérjük a pad működtetése közben.

A munkahenger két acéllemeze van felfogatva csavarok segítségével. Ezek a lemezek szintén csavarokkal egy szerelhető, alumínium zártszelvényekből álló vázhoz vannak erősítve.

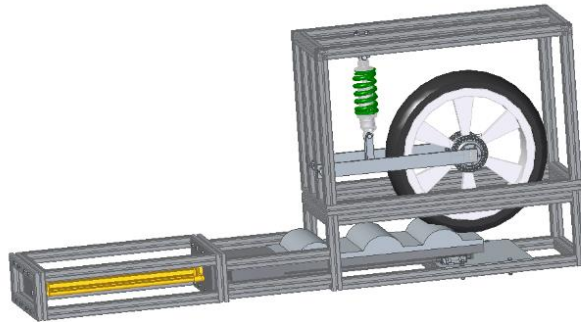
A munkahenger dugattyúrúdjának végére egy alkatrész van rögzítve, ami összeköti a munkahengert az akadállyal.

A berendezés másik fontos része a mesterséges akadály. A kerék alatt mozgatott egység két részből áll. Az egyik része a tényleges mesterséges útegyenetlenség, ami a vizsgálat során a kerékkal érintkezik. Ez az elem többféle, különböző kialakítású lehet, a kialakításától függ, hogy a mérés során kapott paramétereket hogyan értelmezzük. A másik elem a munkahenger dugattyúrúdjának végére szerelt alkatrészhez csatlakozó fémváz.

Az akadályt a kihajlás és lehajlás elkerülése érdekében lineáris vezetékek vezetik meg, amik egy vázon vannak rögzítve.

Ezeket az egységeket 40x40 mm-es alumínium zártszelvények kötik össze így az egységek közös egészet alkotnak, amely minden mérés során állandó marad.

A futómű-vizsgálópaddal vizsgálható egy tényleges motorkerékpár futóműve, vagy egy vizsgálóvázhoz rögzített futómű is. Ez utóbbi is egy lehetséges egysége a berendezésnek, de az előzőekben bemutatott elemekhez képest ez nem minden vizsgálat esetén képezi részét a futómű-vizsgálópaddnak, csak az egyedi alkatrészek mérésekor kell rá felszerelni.



**1. ábra.** Vizsgálóvázas vizsgálat

Ennek alapvető része a vizsgált kerék, amely egy tényleges motorkerékpár-kerék.

A kerék egy szerelhető, 40x40 mm-es alumínium profilokból álló vázra van felfüggesztve. A váz az akadályt tartalmazó egység vázára rögzíthető.

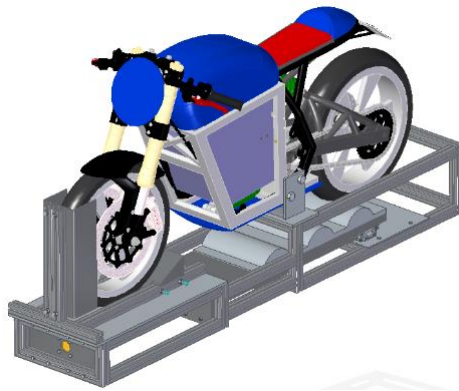
A felfüggesztés egy tényleges motorkerékpár felfüggesztésének felel meg, tehát ugyanolyan elemekből áll. Így a kerék a vázhoz egy lengővillán és egy rugóstagon keresztül kapcsolódik.

A váz lehetőséget ad különböző típusú futóművek vizsgálatára, ezért a lengővilla kialakítása változhat.

A rugóstag elhelyezésénél többféle bekötést is meg lehet valósítani, azaz ferdén is elhelyezhető, többféle szögben.

Tényleges motorkerékpár vizsgálat során az első kereket a futóművizsgálóhoz egy külön erre a célra tervezett elem rögzíti. Ez az egység a munkahengert tartalmazó egységhez kapcsolódik.

Ezen kívül a motorkerékpár megfogását még egy egység biztosítja. Ez a motorkerékpár vázát rögzíti a vizsgálat során.



2. ábra. Tényleges motorkerékpár futóművének vizsgálata

## 5. A vizsgálat menete

A vizsgálat megkezdésekor a munkahenger kitolási ütemet hajt végre, mely során a két részből álló akadályt a vizsgált kerék alatt, annak irányába mozgatja. A mesterséges útegyenetlenség a lineáris vezetőkek által biztosított megvezetéseknek köszönhetően egyenesen és síkban fut, így a vizsgálat pontosan zajlik le.

Miközben az akadály a vizsgált kerék alatt halad el, azt szimulálja, hogy egy motorkerékpár úthibákat tartalmazó szakaszokon halad, és hasonló erőkkel terheli a kerék felfüggesztését, mint amikor ilyenkor hatnak egy tényleges motorkerékpár futóművére.

A berendezés használata közben a pneumatikus munkahenger különböző paramétereit mérjük. A vizsgálat során végzett mérések eredményei alapján lehetőség van további számítások, kiértékelések végzésére, amivel meghatározható, hogy milyen hatással van a futóműre a rá ható terhelés, miközben útegyenetlenségeken halad át.

A mért paraméterek közé tartozik a munkahengerben vizsgálat közben kialakuló nyomás, a megtett távolság, illetve a sebesség. Ezek alapján meghatározható, hogy mennyire nagy erő kell ahhoz, hogy a kerék áthaladjon az akadályon, valamint a nyomás és a sebesség folyamatos méréséből lehet arra következtetni, hogy a futómű hogyan viselkedik az akadályon áthaladásakor. Pl. a sebesség hirtelen növekedése állandó nyomás mellett arra utal, hogy a kerék és az akadály között megszűnt a kapcsolat, ami arra utal, hogy az adott beállításnál a kerék elpattogna az útról a szimulált körülmények esetén.

## 6. Összefoglalás

A cikk témája motorkerékpár futóművének vizsgálata volt, egy külön erre a célra tervezett pneumatikus futóművizsgáló segítségével. A futóművizsgáló a működése során egy mesterséges akadályt mozgat a vizsgált kerék alatt, ezzel szimulálva a motorkerékpár áthaladását az útegyenetlenségeken. Ilyen módon vizsgálható egy tényleges motorkerékpár futóműve, vagy egy vizsgálóvázhhoz rögzített futómű is. Az akadály mozgatása egy pneumatikus munkahenger segítségével történik.

A cikkben bemutattuk a munkahengerek kiválasztási folyamatát, a vizsgálat során fellépő maximális terhelések számítását, a berendezés elemeit és a vizsgálat menetét.

A cikkben ismertetett berendezést a Miskolci Egyetem MotoStudent csapatának munkájához fogjuk használni. A MotoStudent egy nemzetközi tanulmányi verseny egyetemisták részére. A verseny

során a hallgatókból alakult csapatok célja egy verseny-motorkerékpár megtervezése és megépítése [1].

## 7. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## Irodalom

- [1] VI. International Competition MotoStudent 2019-2020 Competition Regulations  
Marada I., Bihari J.: *Rugalmasan elhelyezhető tengelyű sűrített levegős motor tervezése*,  
Multidiszciplináris Tudományok 2019, 9(1):204-208.  
<https://doi.org/10.35925/j.multi.2019.1.25>
- [2] Szabó, F. J.: *Finite Element Investigation of tyre loads of cars caused by pot-holes*, Advanced Engineering 5(2010)1, ISSN 1846-5900
- [3] Bódi M., Szabó F. J.: *Autó Futómű Végeelem Vizsgálata*, Multidiszciplináris Tudományok 2019, 9(1):127-140. <https://doi.org/10.35925/j.multi.2019.1.16>