

FUTÓMŰ-VIZSGÁLÓPAD TERVEZÉSE

Marada Imre 

PhD-hallgató, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar
3515 Miskolc-Egyetemváros, e-mail: maradaimre@gmail.com

Bihari János 

egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet
3515 Miskolc-Egyetemváros, e-mail: machbj@uni-miskolc.hu

Absztrakt

A cikk témája egy futómű-vizsgálópád koncepcionális és konstrukciós tervezése, amivel lehetséges motorkerékpárok hátsó futóművének vizsgálata. A berendezés működése során egy mesterséges akadályt mozgat a vizsgált kerék alatt, ezzel szimulálva a motorkerékpár áthaladását különböző útegyenetlenségeken. A tervezés fontos részét képezte az akadály mozgatása lehetséges megoldásainak megismerése, illetve ezek összehasonlítása.

Kulcsszavak: futómű, motorkerékpár, vizsgálópád, tervezés

Abstract

The subject of this article is the conceptual and constructional design of a suspension test bench, designed for the analysis of motorcycle's rear suspension. During the analysis, the suspension test bench moves an artificial obstacle under the examined wheel, simulating the motorcycles passing through uneven road surfaces. The possible ways of how to move the obstacle under the analysed wheel and their comparison were important parts of the design.

Keywords: suspension, motorcycle, test bench, design

1. Bevezetés

A motorkerékpárok fontos szerkezeti egysége a futómű. A futómű a hátsó kerékfelfüggesztést, a kereket, a fékeket és az első futómű esetén a kormány szerkezetet tartalmazza. Elsődleges szerepe a váz összekötése a kerekekkel. Működése során a futómű elemeit különböző nagyságú és típusú erők érik, ezért fontos mind az alkatrészek, mind a teljes szerkezet megfelelő biztonságának, terhelésekkel szembeni ellenállásának, működés közbeni viselkedésének vizsgálata. A cikkben bemutatásra kerülő tervezés célja egy olyan futómű-vizsgálópád megalkotása, amivel azt lehet szimulálni, hogy a motorkerékpár különböző útegyenetlenségeken halad át. A berendezés a Miskolci Egyetem MotoStudent csapatának munkájában lesz felhasználva. A csapat feladata egy verseny-motorkerékpár megtervezése és megépítése, ehhez nyújt majd segítséget a vizsgálópád.

A motorkerékpárok futóművének vizsgálatára használt berendezések általában gerjesztéssel működnek. Ezek a berendezések azonban, drágák, jelentősen meghaladják a csapat pénzügyi lehetőségeit. A cikkben ismertetett vizsgálópád ezért sokkal olcsóbb és hozzáférhetőbb lesz a MotoStudent csapat számára.

2. A mozgás lefolyása, ha a kerék talajjegyentlenségen halad át

Amikor a motorkerékpár nagy sebességgel áthalad egy talajkiemelkedésen, akkor a váz egyelőre nyugalomban marad. Csak a kerék gyorsul nagy sebességgel felfelé; eközben a rugó összenyomódik. A vázra a rugóútnak és a rugóerőnek megfelelő csekély erő hat. A talajhullám mögött, illetve mélyedésben az előfeszített rugó lefelé gyorsítja a kereket. A vázra kisebb rugóerő hat, gyakorlatilag nyugalomban marad, a kerék pedig mindig a talajon van. (Bohner et al., 2010)

Mindez csak akkor igaz, ha a keréktől kiinduló erő kisebb a rugó előfeszítésénél. Ha nagyobb, akkor a kerék lepattan az útról, és a vázra kifejtett hatás ennek megfelelően nagyobb. A kerék rövid időre elválik az úttesttől, eközben erőt nem tud átvinni, mivel a rugó előfeszítése nem elég nagy ahhoz, hogy a kereket elég gyorsan visszanyomja. (Bohner et al., 2010)

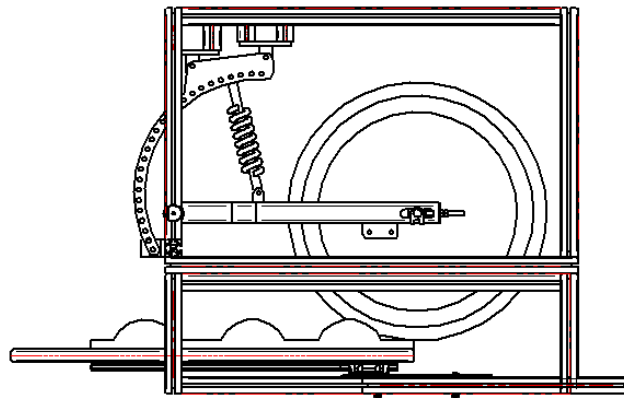
3. Konceptuális tervezés

3.1. Akadály mozgatásának lehetséges megoldásai

A konceptuális tervezés első lépéseként összegyűjtöttük és összehasonlítottuk az akadály mozgatásának lehetséges módjait. Az összehasonlítás számos, a vizsgálatot nagymértékben befolyásoló, fontos szempont alapján történt, amik alapján kiválasztottuk az optimális változatot.

Az 1. koncepció: Kézi erő

A vizsgált futómű alatt a mesterséges akadály mozgatása kézi erővel történik. Az akadály vagy meg van vezetve lineáris vezetékkel, vagy kerekeken mozog. Az 1. ábra a kézi erővel történő mozgatás egy korai tervezési szakaszban használt vázlatát mutatja.



1. ábra. Vázlat a kézi erejű megoldáshoz

A 2. koncepció: Pneumatikus munkahengerek

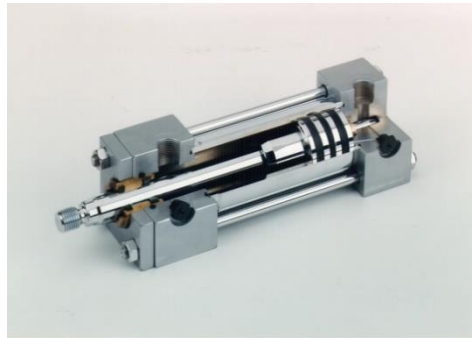
A mesterséges akadályt egy vagy több pneumatikus munkahenger mozgatja. Az akadály meg van vezetve lineáris vezeték segítségével. A 2. ábrán egy pneumatikus munkahenger látható.



2. ábra. Pneumatikus munkahenger (aventics.com)

A 3. koncepció: Hidraulikus munkahengerek

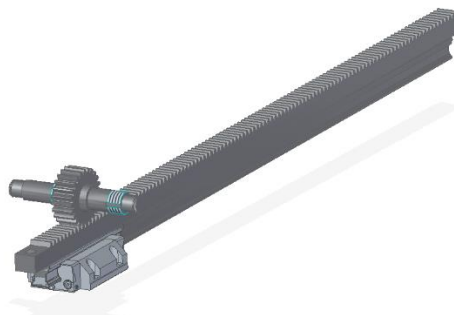
A mesterséges akadályt egy vagy több hidraulikus munkahenger mozgatja. Az akadály megvezetése szintén lineáris vezetékkel történik. A 3. ábrán egy pneumatikus munkahenger látható.



3. ábra. Hidraulikus munkahenger (tudasbazis.sulinet.hu)

A 4. koncepció: Villamos motor fogaskerék-fogasléc hajtással kombinálva

Egy villamos motor szolgáltatja a hajtást. A motor által előállított forgó mozgást egy fogaskerék-fogasléc kapcsolat alakítja át lineáris mozgássá. A fogasléc össze van kötve a mesterséges akadállyal, aminek a megvezetése ebben az esetben is lineáris vezetékkel történik. A 4. ábrán egy fogaskerék és egy fogasléc kapcsolódásának 3D-modellje látható.



4. ábra. Lineáris vezetékkel megvezetett fogasléc-fogaskerék kapcsolat

Az 5. koncepció: Akadály elhelyezése végtelenített szalagon

A 4. koncepcióhoz hasonlóan itt is egy villamos motor szolgáltatja a hajtást. Azonban ebben az esetben az akadály egy végtelenített szíjon található.

3.2. Az optimális megoldás kiválasztása

3.2.1. A kiválasztás szempontjai

Az előbb ismertetett koncepciók közül természetesen ki kell választani az optimálisat. Ezt értékelő-módszerrel lehet meghatározni, mely során különféle szempontok alapján értékeljük a különböző lehetséges megoldásokat. Ezek az értékelési szempontok a következők:

- **Egyenes vonalú mozgás megvalósítása:** Kifejezi, hogy az adott koncepcióval lehetséges-e közvetlen egyenes vonalú mozgást megvalósítani vagy szükséges-e bármilyen mozgásátalakító.
- **Szabályozhatóság:** A kifejtett erő és a sebesség nagysága milyen mértékben és milyen tartományban szabályozható.
- **Hajtás beszerezhetősége:** Meghatározza, hogy mennyire egyszerű és olcsó beszerezni az akadályt mozgó hajtást.
- **Mérés pontossága:** Azt írja le, hogy az adott megoldással mozgatott akadály esetén a mérés eredménye milyen mértékben fog megfelelni a valóságnak.

Az értékelő szempontokat azonos súllyal vettük figyelembe, mert egyiket sem lehet a másik elé helyezni. Mindegyik elsődleges fontosságot élvez a kiválasztásnál. Bármelyik nem megfelelő beteljesülése előnytelené tenné a tervezést követő megvalósítási fázist.

3.2.2. Koncepciók összehasonlítása

1. Kézi erő:

- **Egyenes vonalú mozgás megvalósítása:** Nem szükséges mozgásátalakítás, a koncepcióval közvetlenül egyenes vonalú mozgás állítható elő.
- **Szabályozhatóság:** Kézi erővel különböző nagyságú erők és sebességek hozhatók létre, azonban ezeket nem lehetséges megfelelően szabályozni. Kézi erő esetében ugyanis nem lehet pontosan beállítani egy konkrét erő vagy sebesség értéket, illetve egy ember sem képes ezt a konkrét értéket a mérés folyamán változatlanul tartani.
- **Hajtás beszerezhetősége:** A hajtás beszerzése ebben az esetben a legkönnyebb, hiszen nincs szükség semmire, ami kell, azzal már rendelkezünk.
- **Mérés pontossága:** Az erő és a sebesség korábban említett nem megfelelő szabályozhatóságának köszönhetően a mérés kézi erő alkalmazása esetén egyáltalán nem lesz pontos. Így ez a koncepció nem megfelelő.

2. Pneumatikus munkahengerek:

- **Egyenes vonalú mozgás megvalósítása:** Közvetlenül történik a lineáris mozgás megvalósítása, nem szükséges semmilyen mozgásátalakító elem használata, hiszen a munkahengerekben a dugattyú eleve egyenes vonalú mozgást végez.
- **Szabályozhatóság:** Pneumatikus munkahengerek esetén az erő a nyomás segítségével egyszerűen, megfelelő tartományok között szabályozható. A sebesség szintén egyszerűen szabályozható.
- **Hajtás beszerezhetősége:** A pneumatikus munkahengerek ára viszonylag magas lenne alap esetben, azonban korábbi munkákból származóan rendelkezésre állnak ilyen típusú munkahengerek. Ez azt jelenti, hogy ha a rendelkezésre álló munkahengerek tulajdonságai megfelelőek a mérésre, akkor teljesen ingyen fel lehet használni azokat.
- **Mérés pontossága:** Az erő és a sebesség megfelelő szabályozhatóságából adódóan az elvégzett mérések megfelelően pontosak lennének pneumatikus munkahengerek alkalmazása esetén.

3. Hidraulikus munkahengerek:

- **Egyenes vonalú mozgás megvalósítása:** A pneumatikus munkahengereket alkalmazó koncepcióhoz hasonlóan itt is közvetlenül történik a lineáris mozgás megvalósítása, nem szükséges semmilyen mozgásátalakító elem használata, hiszen a munkahengerekben a dugattyú eleve egyenes vonalú mozgást végez.
- **Szabályozhatóság:** Hidraulikus munkahengerek alkalmazása esetén az erő a nyomás segítségével széles tartományban egyszerűen szabályozható. A sebesség nagyon jó és pontos szabályozhatóságú, de inkább a lassú tartományokban.
- **Hajtás beszerezhetősége:** A hidraulikus munkahengerek beszerzését bonyolultabbá teszi a tény, hogy áruk körülbelül a duplája a pneumatikus munkahengerekének, és megfelelő hidraulikus táplálásra is szükség van. További hátráltató tényező, hogy a pneumatikus munkahengerekkel ellentétben, hidraulikus munkahengerek és azok táplálására alkalmas berendezések nem állnak rendelkezésre.
- **Mérés pontossága:** Az erő és a sebesség megfelelő szabályozhatóságából adódóan az elvégzett mérések megfelelően pontosak lennének hidraulikus munkahengerek használata esetén.

4. Villamos motor fogaskerék-fogasléc hajtással kombinálva:

- **Egyenes vonalú mozgás megvalósítása:** Villamos motorral nem lehetséges közvetlenül egyenes vonalú mozgás megvalósítása. Helyette csupán közvetve, valamilyen mozgásátalakító segítségével lehet létrehozni. Ebben a koncepcióban ezt egy fogaskerék és egy fogasléc szolgáltatja.
- **Szabályozhatóság:** Ezen koncepció esetén az erő egyszerűen, megfelelő tartományok között szabályozható. A sebesség szintén egyszerűen szabályozható.
- **Hajtás beszerezhetősége:** A villamos motor, illetve a mozgásátalakítás beszerzése közepesen bonyolult és drága. Ezek a pneumatikus munkahengerekkel és a kézi erővel szemben nem állnak rendelkezésre, meg kell őket vásárolni.
- **Mérés pontossága:** Az erő és a sebesség megfelelő szabályozhatóságából adódóan az elvégzett mérések megfelelően pontosak lennének. Ugyanakkor a mozgásátalakító elemek megfelelő kialakítása befolyásolhatja a mérés pontosságát.

5. Akadály elhelyezése végtelenített szalagon:

- **Egyenes vonalú mozgás megvalósítása:** Az előző koncepcióhoz hasonlóan itt is elmondható, hogy villamos motorral nem lehetséges közvetlenül egyenes vonalú mozgás megvalósítása. Ebben az esetben a mozgásátalakítást egy szíjkerekek közé feszített, végtelenített szíj szolgáltatja.
- **Szabályozhatóság:** Ezen koncepció esetén az erő egyszerűen, megfelelő tartományok között szabályozható. A sebesség szintén egyszerűen szabályozható. Ugyanakkor a szíj csúszása csökkentheti a pontos szabályozhatóságot.
- **Hajtás beszerezhetősége:** A villamos motor, illetve a mozgásátalakítás beszerzése közepesen bonyolult és drága. Ezek a pneumatikus munkahengerekkel és a kézi erővel szemben nem állnak rendelkezésre.
- **Mérés pontossága:** Az erő és a sebesség megfelelő szabályozhatóságából adódóan az elvégzett mérések megfelelően pontosak lennének. A szíj csúszása miatti pontatlan szabályozhatóság azonban rontja a mérés pontosságát.

3.3. A kiválasztás eredménye

A kiválasztás során mindegyik koncepció kapott egy értéket az adott szempont alapján, ahol 1 a legrosszabb, 5 pedig a legjobb osztályzat. Ezek adódnak össze, és ebből lesz az egyes koncepciók végső

értékelése. Amelyiknél a legnagyobb ez a szám, az az optimális megoldás, és azt használjuk a tervezés további fázisaiban. Az értékelést az 1. táblázat foglalja össze.

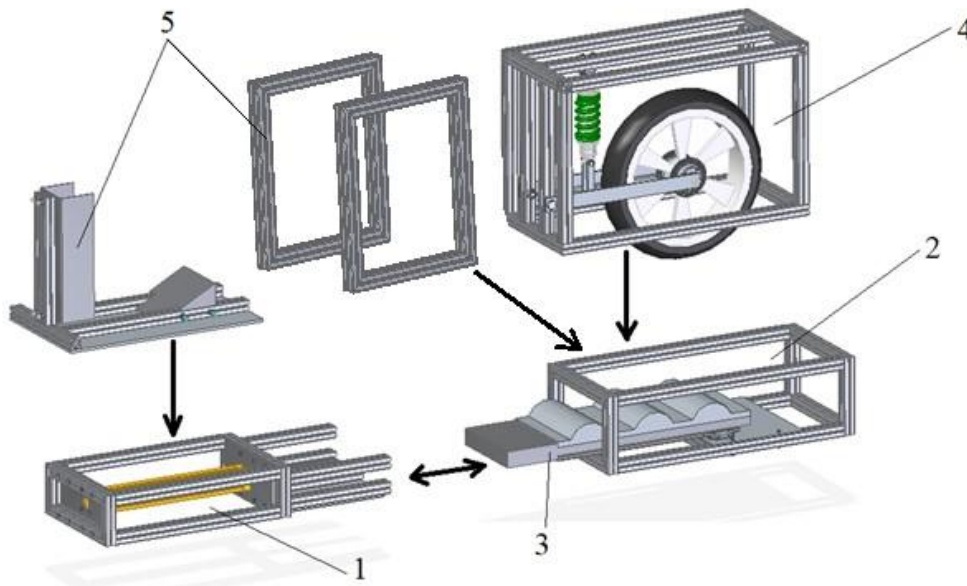
1. táblázat. A koncepciók összehasonlítása

Szempont	1. koncepció	2. koncepció	3. koncepció	4. koncepció	5. koncepció
Egyenes vonalú mozgás	5	5	5	3	3
Szabályozhatóság	1	5	5	4	3
Beszerezhetőség	5	5	2	3	3
Mérés pontossága	1	5	5	4	3
Összpontszám	12	20	17	14	12

A táblázat alapján látható, hogy a legnagyobb pontszámot a 2. koncepció kapta, ezért az akadály mozgatása pneumatikus munkahengerek felhasználásával lesz megoldva.

4. A pneumatikus futómű-vizsgálópád szerkezeti felépítése

A berendezés több különálló egységből épül fel. Ez a fejezet ezeket a szerkezeti egységeket, illetve a teljes szerkezetet mutatja be. A berendezés egységeit és ezek kapcsolódási pontjait az 5. ábra mutatja.

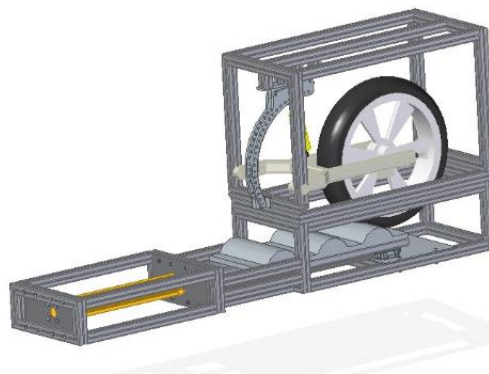


5. ábra. A berendezés egységei és ezek kapcsolódási pontjai

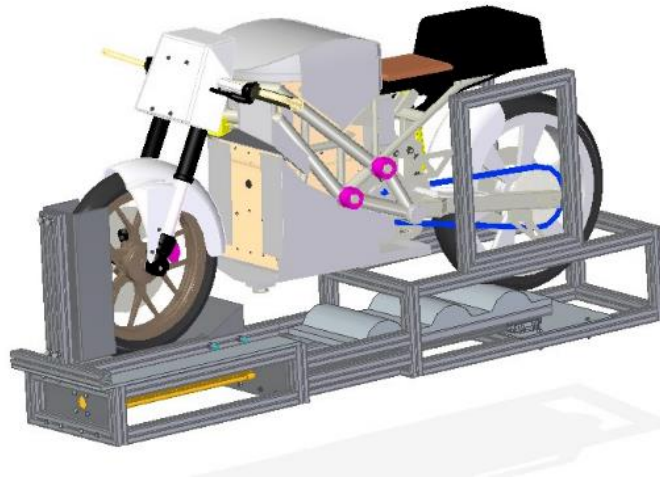
Az 5. ábrán az egyes számokkal jelölt egységek:

1. A pneumatikus munkahengert tartalmazó egység: A berendezés egyik legfontosabb eleme a pneumatikus munkahenger, hiszen a paramétereinek változását mérjük a vizsgálatok során. A futóművizsgálóhoz egy 63 mm hengerátmérőjű, 500 mm lökethosszú munkahengert használunk. Egy alumíniumból készült váz biztosítja a munkahenger stabil megfogását, valamint a megfelelő terhelésátadást. Ha a stabil megfogás nem lenne biztosított, akkor a korábbi tapasztalatok alapján ez azt okozná, hogy a munkahenger által kifejtett erő egy része nem az akadály mozgására fordítódna. (Marada és Bihari, 2019)
2. Az akadály megvezetését tartalmazó egység: Az akadályt a kihajlás és lehajlás elkerülése érdekében lineáris vezetékek vezetik meg.
3. Mesterséges akadályok különböző kivitelben: A mérés fontos része a mesterséges akadály. Ezt a vizsgált kerék alatt mozgatva lehet szimulálni a motorkerékpár áthaladását az útegyenetlenségeken. A kerék alatt mozgatott egység két részből áll. Az egyik része a tényleges mesterséges útegyenetlenség, ami a vizsgálat során a kerékkel érintkezik. A másik elem a munkahenger dugattyúrúdjának végére szerelt alkatrészhez csatlakozó fémváz.
4. Vizsgálóváz: Ennek a szerkezeti egységnek alapvető része a vizsgált kerék, amely egy tényleges motorkerékpár-kerék. A kerék egy szerelhető, 40 × 40 mm-es alumínium profilokból álló vázra van felfüggesztve. 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 az akadályt tartalmazó egység vázára rögzíthető, ilyen módon lehet a keréket vizsgálni. A rugóstag elhelyezésénél többféle bekötést is meg lehet valósítani, azaz ferdén is elhelyezhető, többféle szögben. A rugóstag 5°-onként állítható a lengővillával -18° és $+92^\circ$ közötti szöget bezárva.
5. Motorkerékpárt a berendezéshez rögzítő elemek: A motorkerékpár első kerekét a futóművizsgálópadhoz egy külön erre a célra tervezett elem rögzíti. Ez az elem 40 × 40 mm méretű, alumíniumprofilokból és acéllemezekből épül fel, illetve egy acélból készült ékből. Ez az egység a munkahengert tartalmazó egységhez kapcsolódik. A motorkerékpár vázának rögzítése két, alumíniumprofilokból felépített keret segítségével történik a berendezéshez. A két keret az akadály megvezetését tartalmazó vázhoz csatlakozik.

A 6. ábrán a vizsgálóváz vizsgálat, a 7. ábrán egy tényleges motorkerékpárral történő vizsgálat 3D modellje látható.



6. ábra. A futómű vizsgálata vizsgálóvázal



7. ábra. Tényleges motorkerékpár futóművének vizsgálata

5. Összefoglalás

A cikk témája egy olyan futómű-vizsgálópad koncepcionális és konstrukciós tervezése, ami motorkerékpárok futóműelemeinek vizsgálatára alkalmas. A futómű-vizsgálópad a működése során egy mesterséges akadályt mozgat a vizsgált kerék alatt, ezzel szimulálva a motorkerékpár áthaladását különböző útegyenlenségeken. Ilyen módon vizsgálható egy tényleges motorkerékpár hátsó futóműve, vagy egy vizsgálóvázhoz rögzített futómű is.

Az akadály vizsgált futóműhöz tartozó kerék alatti lineáris mozgására öt koncepciót dolgoztunk ki. Végül a kézi erővel történő mozgatás, a pneumatikus vagy hidraulikus munkahengerek felhasználása, és a fogaskerék-fogasléc kapcsolat általi, illetve szíjhajtás alkalmazásával létrehozott mozgásátalakítás közül kiválasztottuk az adott feladatra optimális megoldást. Az ideális koncepció a pneumatikus munkahengereket használó megoldásváltozat lett, mivel ez felelt meg leginkább az értékelési szempontoknak.

A berendezés használata közben a pneumatikus munkahenger különböző paramétereit lehet mérni. Ezen paraméterek közé tartozik a munkahengerben vizsgálat közben kialakuló nyomás, a megtett távolság és a sebesség. A végzett mérések eredményei alapján lehetőség van további számítások, kiértékelések végzésére, amivel meghatározható, hogy milyen hatással van a futóműre a rá ható terhelés, miközben útegyenlenségeken halad át.

A munkahenger nyomásának mérése alapján egyszerű számításokkal a legfontosabb ilyen meghatározható jellemző az, hogy mennyire nagy erő kell ahhoz, hogy a kerék áthaladjon az útakadályon. Ezt a nyomás méréseiből, számításokkal lehet meghatározni. Emellett a munkahenger nyomásának és a sebességnek a folyamatos méréseiből lehet következtetni arra, hogy a futómű hogyan fog viselkedni az akadályon való áthaladáskor. Például, ha a sebesség hirtelen növekszik a nyomás állandó értéke mellett, az arra utalhat, hogy a kerék és az akadály közötti kapcsolat megszűnt, ez pedig azt jelentené, hogy az adott beállítás mellett a kerék elpattogna az úttól a szimulált körülmények esetén. (Marada és Bihari, 2020)

Irodalom

- [1] Bohner, M., Gscheide, R., Leyer, S., Pichler, W., Saier, W., Schmidt, H., Siegmayer, P., Zwickel, H. (2010). *Gépjárműszerkezetek*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- [2] Marada, I., Bihari, J. (2019). Rugalmasan elhelyezhető tengelyű sűrített levegős motor tervezése. *Multidiszciplináris Tudományok*, 9 (1), pp. 204–208.
<https://doi.org/10.35925/j.multi.2019.1.25>
- [3] <https://www.aventics.com/hu/hu/pneumatics-shop/profilhenger-iso-15552-pra-sorozat-pro.787426> (2020. 09. 26.).
- [4] <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-2/szerkezeti-elemek-mukodese-jellemzoi/hidraulikus-munkahengerek> (2020. 09. 26.).
- [5] Marada I., Bihari J. (2020). Motorkerékpár futóművének vizsgálata. *Multidiszciplináris Tudományok*, 10 (2), pp. 160–166. <https://doi.org/10.35925/j.multi.2020.2.20>