

PNEUMOBILOK FEJLESZTÉSE ÉS ÉPÍTÉSE A MISKOLCI EGYETEM GÉP- ÉS TERMÉKTERVEZÉSI INTÉZETÉBEN

Bihari János

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

Tóbis Zsolt

mesteroktató, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: machtzs@uni-miskolc.hu

Absztrakt

Az első Pneumobil versenyt 2007. végén írták ki, és 2008-ban rendezték meg a Bosch-Rexroth egri gyárának szakemberei. A verseny célja, hogy egyetemi hallgatók olyan járműveket tervezzenek és építsenek meg, amelyek hajtásában pneumatikus alkatrészek alakítják át a sűrített gáz energiáját mozgási energiává. A Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kara a kezdetek óta indít csapatokat ezeken a versenyeken. Ez a cikk röviden bemutatja magát a versenyt, valamint azt is, hogy a Gép- és Terméktervezési Intézetben a kar hallgatói milyen megoldásokat választottak, azokat hogyan kivitelezték, és milyen eredményeket értek el. Ez a cikk egy tervezett sorozat első része, a verseny bemutatására és a motorokra koncentrál.

Kulcsszavak: pneumobil, oktatás, pneumatika, automatizálás, gyakorlati képzés

Abstract

The first Pneumobile Competition was announced in the end of 2007 and held in 2008 by the professionals of the Bosch-Rexroth plant in Eger. The aim of the competition was to design and build such vehicles by university students where the pneumatic parts in the drive-chain convert the energy of the compressed gas into kinetic energy. The Faculty of Mechanical Engineering and Informatics of the University of Miskolc delegates teams to these competitions from the very beginning. This article briefly introduces the competition and the chosen solutions of the students of the Institute of Machine and Product Design, as well as the execution methods and their results.

Keywords: pneumobile, education, pneumatics, automation, practical training

1. Bevezetés

A pneumobil versenyeken a felsőoktatásban nappali tagozaton tanuló hallgatókból álló csapatok vehetnek részt. Korábban négy főben maximalizálták a szervezők a csapatok létszámát, most már 6 aktív és 6 segítő tagból álló csapatok is indulhatnak. A csapatok alapvető feladata az, hogy a szervezők által biztosított ipari pneumatikaelemek felhasználásával a versenykiírásnak megfelelő működőképes járművet kell tervezniük és építeniük [1]. A járművek üzemanyaga kizárólag sűrített nitrogén vagy levegő lehet. Igazság szerint ez csak az első versenyre volt igaz. Ma a feladat ennél jelentősen összetettebb, mert 13 év telt el az első rendezvény óta, és a járművek jelentősen fejlettebbek, mint az első két évben. Maga a feladat tulajdonképpen egy ipari automatizálási probléma, ahol pneumatikus munka-

hengerek a végrehajtóelemek. Minden egyéb alkatrészt úgy kell kiválasztani és megtervezni, hogy a munkahengerek pontosan az elvárt időben hajtsák végre az elvárt feladatot.

A Miskolci Egyetemről minden eddig megrendezett versenyen indultak csapatok, ezeket az első két évben szerszámgépész és géptervező szakos gépészmérnök hallgatók alkották, akik a Gépelemek Tanszékén/Gép- és Terméktervezési Tanszéken, ill. a Szerszámgépek Tanszékén folytatták a tanulmányaikat, és a járműveiket is ezeken a tanszékeken építették. A harmadik évben a pneumobilok építése teljesen a Gép- és Terméktervezési Tanszékre került, ezzel egy időben azonban megszűnt a szakmai alapú klikkesedés, ebben az évben két csapat indult, amelyeknek tagjai vegyesen géptervezők, szerszámgépészek és villamosmérnökök voltak. Ettől kezdve a csapatok mindig több szakma képviselőiből szerveződtek. 2008 óta összesen **17** csapat indult a versenyen a Miskolci Egyetem színeiben, ezek nagy része legalább két évig működött, legalább két járművet építve.

Ha erről a versenyről beszélünk, nem szabad megfeledkeznünk a szervezők elkötelezettségéről sem. Az első versenyt a Bosch-Rexroth Pneumatika Kft. szervezte meg, ezután a vállalat többször is tulajdonost váltott, de a szervezőgárda ugyanolyan elkötelezett maradt a verseny mellett. Időközben a vállalat a Rexroth-hoz került, majd Aventics Hungary Kft. néven élt tovább, ezután pedig az Emerson felvásárolta az Aventics csoportot. A szervezők és a csapatok elkötelezettségét látva minden tulajdonos támogatta a verseny megrendezését.

A verseny nagy mértékben hozzájárul a hallgatók szakmai fejlődéséhez. A terveikről független szakemberektől kapnak visszajelzéseket, a szerkezeteket megépíthetik és összemérhetik mások gépeivel. A fejlődésük jellemzően gyors, Kelemen László egy elemzésben [2] kimutatta, hogy egy év eltelté után a kezdetben teljesen tapasztalatlan versenyzők az élmezőnybe tartozó dokumentációkat képesek készíteni.

A Miskolci Egyetemről eddig **59** hallgató vett részt ilyen versenyeken. Közülük **20** írt szakdolgozatot/diplomamunkát ebből a témából, amelyek közül **17 jeles** osztályzatot kapott, **1 közepes** osztályzatot kapott, kettőt pedig idén fognak megvédeni.

A témában eddig **8** tudományos folyóiratban megjelent cikk készült, további három megjelenésre vár, ezen felül készült **6** TDK-dolgozat is.

A Miskolci Egyetem hallgatói **14** alkalommal álltak dobogón a különböző versenyeken, és számos különdíjat kaptak az évek során.

Ezek alapján kijelenthetjük, hogy ezek a versenyek nagyon hatékonyan támogatják a hallgatók szakmai fejlődését.

2. A versenyszámok

A pneumobil versenyeken négy alapvető versenyszámot kell teljesíteni, ezért minden járművet ennek megfelelően terveznek meg a csapataink. A csapatok többször is részt vesznek egyéb, főként alternatív hajtású járműveknek kiírt versenyeken is, de ezekre nem tervezik át a járműveket, a cél mindig a jó szereplés a pneumobil versenyen. A négy alapvető versenykategória a következő:

- Konstruktív verseny
- Távolsági verseny
- Ügyességi verseny
- Gyorsulási verseny

A versenyszámok ismerete alapvetően befolyásolja a tervezési folyamatot és a későbbi optimalizálást is. Ezekon kívül minden versenyen számos különdíjat osztanak ki, de ezeket előre nem ismertetik, így nem lehet a tervezéskor figyelembe venni őket.

A **konstrukció versenyszámban** a zsűri a megtervezett járművet értékeli, első körben a dokumentáció alapján. A csapatok különböző szempontok szerint pontokat kapnak, amelyeket a konstrukció elfogadásakor meg is ismerhetnek. A fizikai versenyen a gépátvételnél bemutatják a zsűrinek a járművet, akik ekkor még egyszer ellenőrzik, hogy az mindenben megfelel-e az előírásoknak, azaz sikerült-e a terveknek megfelelően megépíteni. Ezzel a hallgatók szakemberektől kapnak többszörös visszajelzést, ami nagyban segíti a fejlődésüket. A konstrukció kategória lényeges eleme, hogy dobogós helyezést csak olyan jármű érhet el, ami a fizikai versenyszámok közül legalább egyben is dobogós helyezést tudott elérni.

A **távolsági versenyszámban** az a cél, hogy a jármű egy feltöltött, mindenkinél azonos mennyiségű levegőt tartalmazó palackkal a lehető legmesszebbre jusson el egy meghatározott pályán körözve. A verseny közben kötelező sofőrt váltani, valamint az átlagsebesség nem lehet egy meghatározott érték alatt. Ez a versenyszám korábban nem tartozott az izgalmasabbak közé, így sokan nem is készültek rá az egyetemünk csapatai közül sem. Ma a járművek fejlettsége elérte azt a szintet, hogy ebben a versenyszámban is izgalmas vetélkedések alakulhatnak ki. Ez a versenyszám többször változott a verseny történelme során, bevezették, majd növelték a kötelező minimális átlagsebességet, bevezették a sofőrváltásokat és növelték a számukat. Ennek ellenére erre a versenyszámra ugyanolyan elvek mentén kell tervezni, mint a kezdetekben.

Az **ügyességi versenyszámban** egy számos irányváltási kényszert tartalmazó pályán kell a lehető leggyorsabban végigmenni. Ez messze a legizgalmasabb megmérettetés, a legtöbb csapat elsősorban erre optimalizálja a járműveit, ez a Miskolci Egyetemen is sokáig így volt. Ez a versenyszám sokat változott a verseny története folyamán, és a népszerűsége miatt ezek a változások mindig új fejlesztési igényeket is hoztak magukkal. Ezt a járművek tervezésekor is figyelembe kell venni.

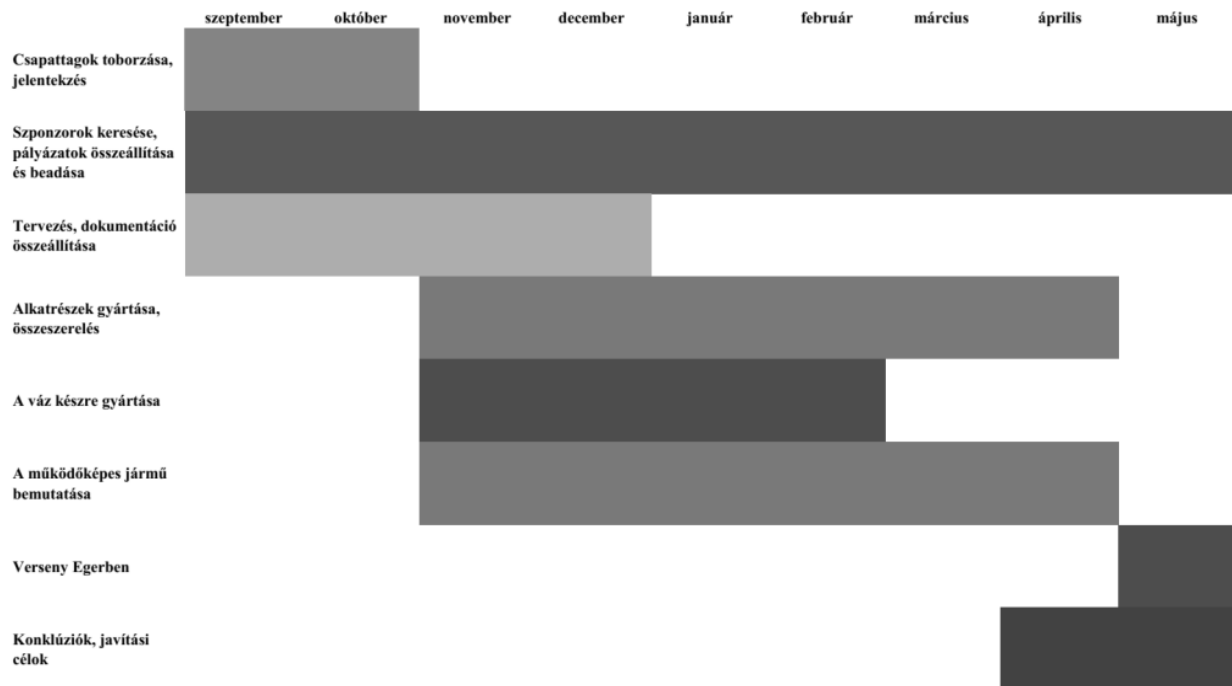
A **gyorsulási verseny** egy a klasszikus elveknek megfelelően megrendezett futam, egy kb. 200 méter hosszú pályán kell a lehető legrövidebb idő alatt végigmenni. Ez is egy látványos versenyszám, a versenyzők „karácsonyfa” lámpa jelére, párokban indulnak, de csak a mért idő számít az eredményben. Ez a versenyszám 2009 óta szerepel a programban, itt mindig is csak a pusztán erő számított, azonban a versenytársak folyamatos fejlődése miatt itt is állandó a fejlesztési igény.

3. A versenyhez kapcsolódó határidők és a csapatok feladatai

Az 1. ábra összefoglalja a versenyhez kapcsolódó legfontosabb határidőket. A pneumobil versenyeket minden évben május elején rendezik meg. A versenykiírás az előző év szeptemberének végén jelenik meg, ekkortól lehet jelentkezni. A jelentkezés befogadása után csapatoknak december 31.-ig kell elkészíteniük a teljes tervdokumentációt, amelyet a felkészítő tanárnak ellenőrizni kell, és nyilatkozniuk kell, hogy az megfelel a versenykiírásban elvártaknak. A csapatok ezután nyújthatják be elbírálásra a dokumentációt a zsűrinek. Ismerve a hallgatóinkat a dátumból sejthető, hogy egy felkészítő tanár nem békés mulatozással tölti a Szilvesztert. A csapatoknak a vállalt rendelési rendszerében január első hetében kell leadniuk az igényelt elemek listáját, ehhez a vállalat katalógusait kell használniuk. Ez egy nagyon életközeli feladat, egyetlen kis elem sem maradhat ki, különben a pneumatikus rendszer nem fog tökéletesen működni. Ezután a csapatok megkapják a zsűri értékelését a dokumentációról. Ez egyrészt fontos visszajelzés, hiszen független szakemberek értékelik a munkájukat, másrészt a továbblépés feltétele, mert a biztonság szempontjából releváns pontoknál nincs kibúvó, ha azok nem felelnek meg, a csapat nem indulhat a versenyen.

A korai versenyeken ettől a pillanattól kezdve már csak a májusi rendezvény következett, de nagyon gyakori volt, hogy egyes csapatok nem lettek készen, ezért a szervezők részhatáridőket vezettek be. Az első ilyen februárban van, ekkor be kell mutatni a jármű kész vázszerkezetét. A következő két

héttel a verseny előtt, akkor videót kell készíteni arról, hogy a jármű működik. A részhatáridők bevezetése valóban eredményes volt, azóta nálunk is ritkább, hogy egy járműnek alapvető hibái maradnak, amelyeket a verseny közben kell javítani.



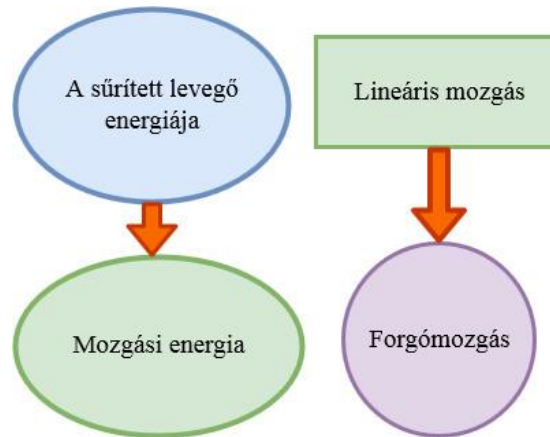
1. ábra. A pneumobil versenyek időrendje 2016 óta

A csapatok természetesen nem ülhetnek a babérjaikon a dokumentáció elkészítése után, egy pneumobil megépítéséhez anyagokra, szerszámokra, alkatrészekre és pénzre is szükség van, amit szponzoroktól kell megszerezniük. Egy ma versenyképes pneumobil esetén ez a pneumatikus elemek értékét leszámítva is azt jelenti, hogy legalább 800 ezer -1,5 millió forintot kell összegyűjteniük, de egy kezdő jármű megépítéséhez is szükség van kb. 300 ezer forintra. A szponzorok jelentős része szakmai alapon támogatja a csapatokat, elvárja, hogy az általa biztosított termékek vagy szolgáltatások felhasználásáról beszámolókat készítsenek. Ezeket a verseny után még össze kell állítani. Az 1. ábrán ez a tétel nem szerepel, mert a határideje támogatóként változik.

4. A pneumobilok motorjai

A pneumobilok alapvető tervezési elveit a versenyszabályzat [1] határozza meg. Ennek megfelelően: „A feladat egy olyan „pneumatikus jármű” – PNEUMOBILE - tervezése és elkészítése, amely a sűrített levegő energiáját alkalmazva, pneumatikus vezérlő és végrehajtó elemek felhasználásával viszi át a nyomatékot a hajtott kerekre.”

A versenyszabályzat számos megkötést tartalmaz, de bőven hagy teret az egyedi műszaki megoldásoknak is. Az egyik legfontosabb megkötés, hogy a verseny kiírójának pneumatikus munkahengereiben kell a sűrített levegő energiáját mozgási energiává alakítani. Ez azt is jelenti, hogy először mindig lineáris mozgásból kell kiindulnunk. Így a jármű mozgásához kétféle átalakításra van szükség, ahogy ezt a 2. ábra mutatja.



2. ábra. Alapvető átalakítások egy pneumobilban

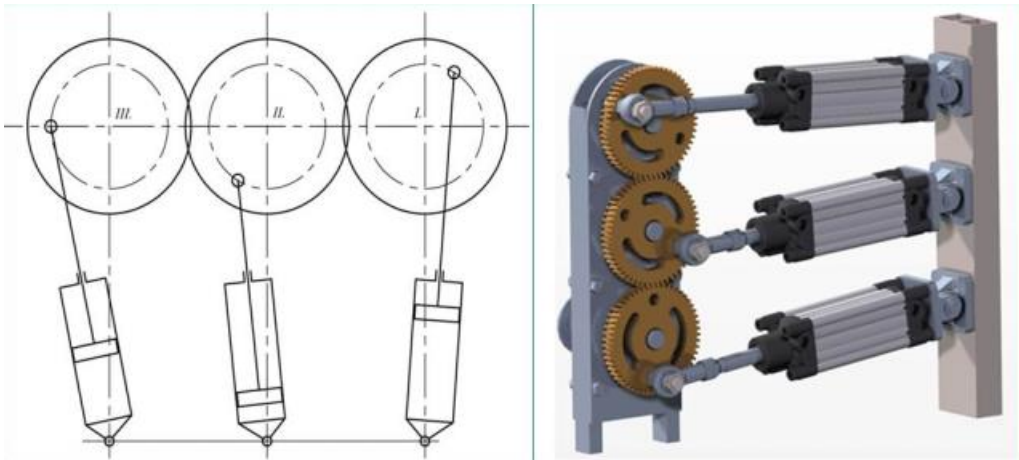
A sűrített levegő energiájának mozgási energiává alakítása csak meghatározott eszközökkel és meghatározott módon történhet, a csapatok szabad kezet kapnak a lineáris mozgás forgómozgássá alakításában. A Miskolci Egyetem csapatai alapvetően négy megoldást alkalmaztak eddig a mozgások átalakításához:

- Forgattyús hajtómű
- Támolygó hajtómű (elsőként a verseny történetében)
- Lánchajtás
- Fogasléc-fogaskerék kapcsolat

4.1. A forgattyús motorok

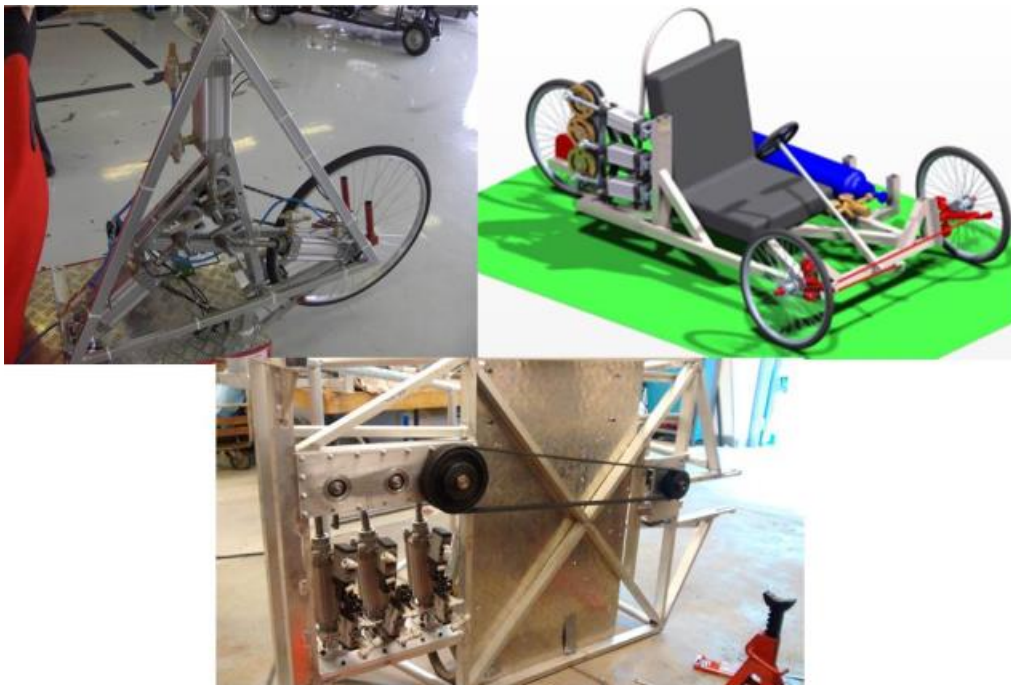
A Gép- és Terméktervezési Intézetben kezdetben forgattyús hajtásokat építettek a hallgatók. A 3. ábrán az egyik éveken át használt megoldás alapelve látható. Ez 3 darab 63 mm dugattyúátmérőjű, 100 mm löketű munkahengert tartalmaz. A pneumatikus munkahengereknél alapvető probléma, hogy az ezekkel működő forgattyús hajtások lendkerék nélkül nem tudnak átfordulni a holtpontra. A lendkerék alkalmazása, bár többször is felmerült az évek során, nem célszerű ezekben a járművekben. Ezért egy hengerrel nem oldható meg a teljes körülfordulás. A forgattyús mechanizmusban ezért összegezni kell a hengerek erejét, amit a mi hallgatóink először fogaskerekekkel oldottak meg. Ez egy könnyen megvalósítható (már amennyiben az embernek vannak megfelelő fogaskerekei), a gyártási pontatlanságokra kevésbé érzékeny, megbízhatóan működő megoldás.

Ezeket a motorokat a Miskolci Egyetem csapatai 2008 és 2017 között használták. Ilyenek hajtották a KeSzKoSz, az Entrópia és a DAirp járműveit. A KeSzKoSz csapat 2008-ban és 2009-ben versenyzett ilyen rendszerű motorral. A motorban a hengerek háromszög alakban voltak elrendezve, a fogaskerekeknek külön forgattyúskarjai voltak, és a három meghajtó fogaskerék egy központi napkerekeket hajtott (4. ábra, balra fent). Ezt a megoldást azért választották, mert nagyon egyszerűen lehetett gyártani a műhelyben található eszközökkel. Az Entrópia ennek egy továbbfejlesztett változatát használta 2010 és 2014 között. Itt a hengereket egy síkba forgatták, így el lehetett hagyni a napkereket, a nagyobb fogaskerekek alkalmazása pedig lehetővé tette a külön karok elhagyását (4. ábra, jobbra fent).



3. ábra. Háromhengeres forgattyús pneumotor és egy lehetséges megvalósítása

Ez azért volt lehetséges, mert eddigre a csapatok elkezdték kialakítani a szponzorok hálózatát, így tudtak egyedi fogaskerekeket gyártatni. Azonban ez csak állítva fért el a pneumobil hátsó részében, így rontotta a stabilitást. A DAirp megoldása (4. ábra. lent) ennek egy speciális verziója, az alapvető felépítésük azonos, de ez a pneumobil elejében, vízszintes helyzetben van elhelyezve. Így javítja a stabilitást, hátul pedig egy szöghajtómű biztosítja a kihajtó tengely megfelelő helyzetét. A motort és a szöghajtóművet fogazott szíj köti össze. Ezt a kialakítást nem igazán a célszerűség motiválta, sokkal inkább az, hogy valami különlegeset, addig sosem látott műszaki megoldást készítsenek.



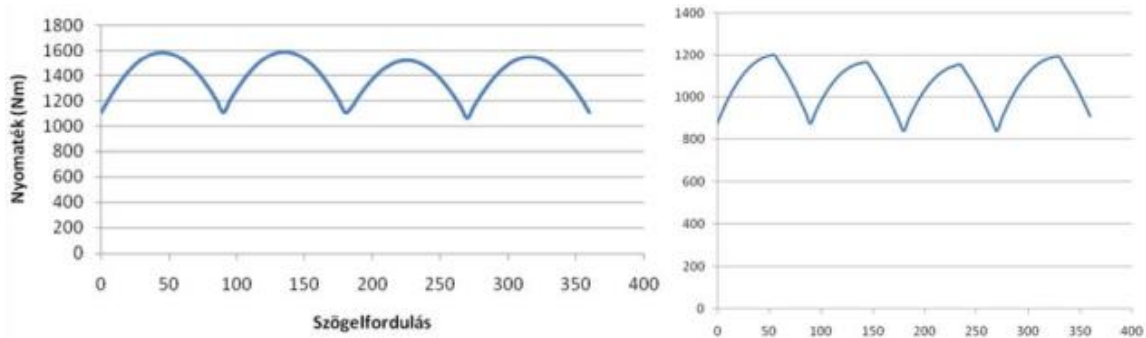
4. ábra. A háromhengeres forgattyús motor evolúciói

Ezek a motorok nagyon megbízhatóak voltak, az ezekkel szerelt járművek sikeresen szerepeltek, minden csapat több versenyszámban is bejutott a 32-40 csapatból álló mezőnyök első felébe, több dobogós helyet is szereztek mind Egerben, mind különböző egyéb versenyeken. Azonban az ilyen motorok nagy hátránya, hogy a fogyasztásuk a rövid löketek miatt nem szabályozható jól, így a hosszú távú futamokon rosszak az esélyeik. Az olyan megbízhatósági versenyeken, mint a Széchenyi futamok voltak, a gyakori palackcsere miatt kerültek hátrányba. Ezen kívül a szabályok is úgy változtak, hogy az az ilyen motorok fejlesztése ellen hatott. Így egy kis intermezzo után a Miskolci Egyetem csapatai is elkezdték elhagyni ezeket a megoldásokat, bár a megbízhatóságuknak köszönhetően sokáig versenyeztek még, és folyamatos kihívást jelentett, hogy mennyit tudnak belőlük kihozni.

Itt meg kell említeni, hogy a korai versenyeken az ügyességi futam három körből állt, amelyek közül csak a legjobb kör ideje számított bele az értékelésbe. A fenti három jármű teljes gázon kb. 1200-1600 métert tudott megtenni egy palackkal, míg a pálya hossza kb. 420 méter volt. Ez sok más járműre is igaz volt akkoriban, ezért hamar kialakult az a taktika, hogy az első körben óvatos gyorsítással takarékoskodva a célvonalon teljes sebességgel áthajtva a második körben próbáltak jó eredményt elérni, és ha a harmadikra nem maradt elég üzemanyag, az már nem számított. Ez pedig többeknek is megragadta a fantáziáját, ezek közé a többek közé tartozott a Miskolci Egyetem Puffogók nevű csapata is. Ők úgy döntöttek, hogy elég lesz 300 méter óvatos gyorsításra és 600 méter teljes gázra tervezni a járművet. A mozgásátalakításhoz forgattyús hajtóművet választottak, de a klasszikus, két forgattyúkaros kialakítással. A forgattyúkarokat ebben az esetben elég 90 fokkal elékelni, mivel a pneumatikus munkahengerek húzni is tudnak. A motorhoz 100 mm dugattyúátmérőjű, 320 mm löketű hengereket választottak. A motor kialakítását az 5. ábra mutatja. A 6. ábra mutatja a motor nyomatéki görbéit, amelyekből látható, hogy ezeket a nyomatékokat már nem egyszerű feladat úgy kezelni, hogy a szerkezet ne legyen túl nehéz. Ezt a motort a töltés addig szokásos vezérlésével nem lehetett takarékosan üzemeltetni, óvatos hajtásnál is túl sokat fogyasztott. A nagy átmérőt lökethossz kihasználva megoldható volt, hogy a hengert nem töltik a löket végéig, hanem csak bizonyos ideig, majd a gáz kitégurva alacsony nyomáson is megfelelő erőt képes létrehozni a jármű mozgatásához. Ez az expandálásnak nevezett módszer ma már általános, de a miskolci csapatok közül ők használták először. A 6. ábrán látható, hogy a csúcnyomaték ilyenkor 400 Nm-rel kevesebb, ami a forgattyú élettartamát is növelte.



5. ábra. A Puffogók motorja

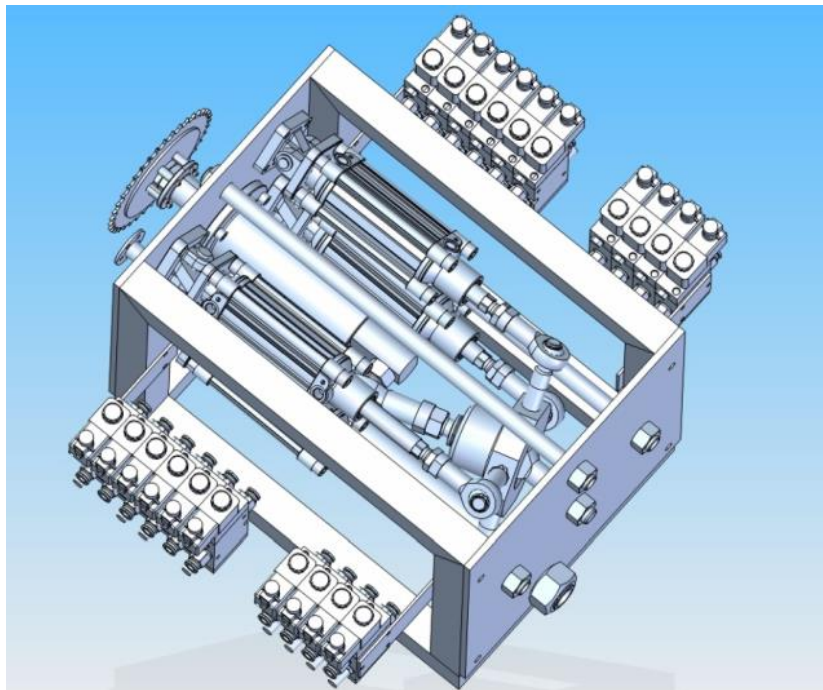


6. ábra. A Puffgók motorjának nyomatéki görbéi. bal oldalon teljes töltés, jobb oldalon expanzió (eredeti képernyőmentések)

Az expandálási fok csökkentésével és vezérlésbe két üzemmód programozásával elérték, hogy ez a jármű kiválóan szerepelt a hosszútávú versenyeken is, nagy sebességet tudott elérni és ezt utána viszonylag takarékosan tudta tartani. A nagy sebességének köszönhetően ki tudta egyenlíteni a gyakori tankolásból származó hátrányát.

4.2. Támolygótárcsás motor

Ezt a motort 2010-ben építette a Szélhámosok csapat. Ez a csapat tapasztalt versenyzőkből állt, tudták, hogy ez a motor nem lesz igazán jó semmiben, de nagyon nehéz megvalósítani, és a műszaki kihívásokat keresték. A fő céljuk jó eredmény elérése volt a konstrukció versenyszámban. Ez sikerült is, második helyezést értek el, és a legötletesebb konstrukció különdíját is megszerezték.

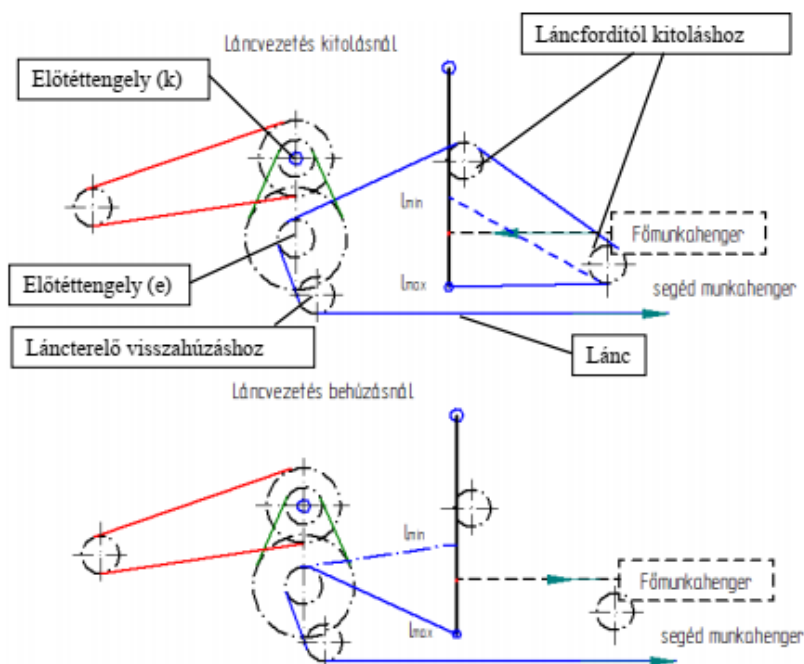


7. ábra. Támolygótárcsás motor

4.3. Lineáris motorok

Ezek a motorok készültek lánchajtással és fogasléc-fogaskerék-hajtással is. A pneumobilos zsargonban minden olyan motort lineárisnak nevezünk, amelyben a mozgás átalakítása ilyen módszerekkel történik, függetlenül a térbeli elrendezésektől és a tényleges pályáktól. A lineáris motorok erőleadása is lineáris, jól vezérelhetők, egyszerű az expanzió alkalmazása is. A korai ügyességi versenyek kiskapuját felismerve a szervezők átalakították a szabályrendszert, először két kör összideje számított, majd eljutottunk a mai rendszerhez, amelyben Q1, Q2 és Q3 futamok vannak, egyre hosszabb pályákkal, így a járműveknek egyszerre kell takarékosnak és erősnek lenniük. Ez hozta magával azt is, hogy nem érdemes külön csak egy versenyszámra tervezni, így a másik két fizikai versenyszám is jelentősen izgalmasabb lett. A mezőny első fele ma már kizárólag csak lineáris motorokat használ.

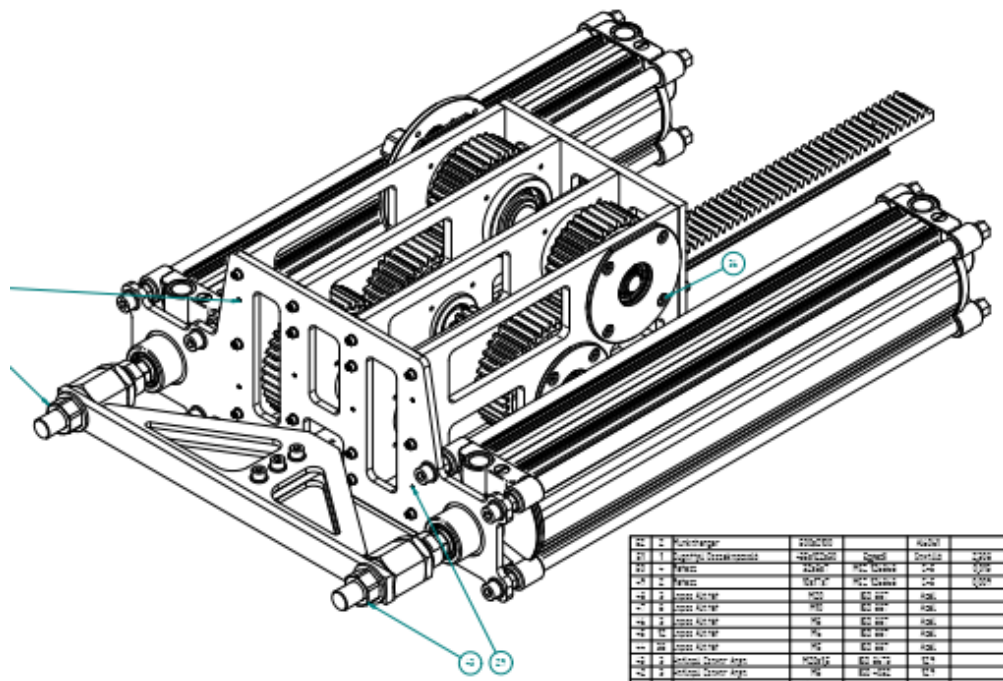
Az első lineáris miskolci motor egy láncos szerkezet volt, amely egyben egy sebességváltót is tartalmazott. Ezt a MekkMestAir nevű csapat építette és fejlesztette három éven át, közben szép sikereket elérve, köztük három dobogós helyezést és számos különdíjat is. Ebben a rendszerben a lineáris mozgást egy lánckeréken futó lánc alakítja át forgómozgássá. A lánc egy elmozdítható kocsin van bekötve egy karon, amelyet a munkahenger mozgat. A kocsi mozgatásával változtatható, hogy a munkahenger egy löketéhez mekkora lánccelmozdulás tartozzon, azaz hogy hány fordulatot tegyen meg a hajtott lánckerék. A láncot segéd-munkahenger tartja feszesen állítás után. A munkahenger mindkét irányú mozgását kihasználták, ehhez két láncot építettek be és a két irányt szabadonfutókkal függetlenítették egymástól. Az egyik irányban beépítettek egy láncfordítót is, ami azt biztosítja, hogy a munkahenger mindkét irányú mozgásánál azonos irányba forogjon a kihajtó tengely. A rendszer elvi vázlatát a 8. ábra mutatja be.



8. ábra. A MekkMestAir láncos hajtása

Ez a rendszer többféle kivitelben is elkészült, 100/320 mm-es és 80/320 mm-es hengerrel is működött. A segéd-munkahengerek mindig 300 mm hosszú, 50 mm dugattyú-átmérőjű hengerek voltak.

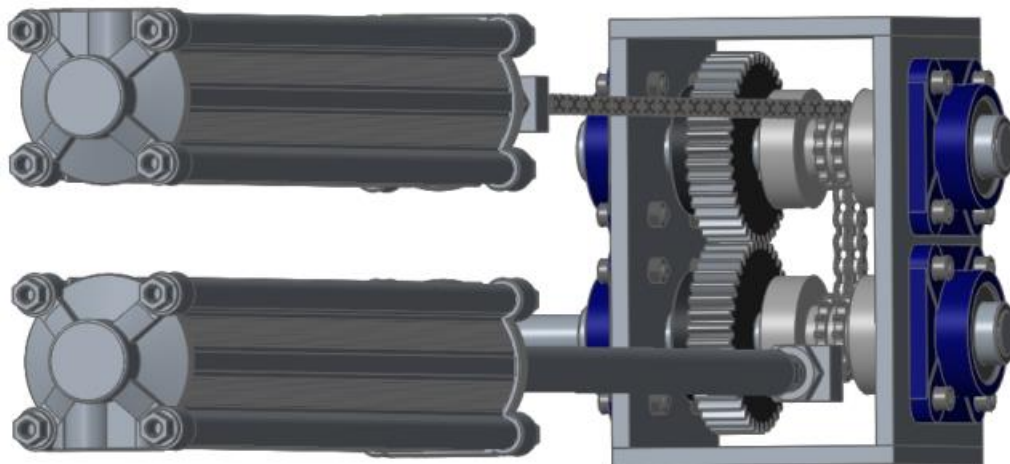
A lineáris motorok másik szokásos megoldása a fogasléces-fogaskerekes mozgásátalakítás. Ennél a munkahenger két irányának kihasználása nem jelent gondot, de maga a szerkezet jelentősen költségszebb elemekből áll, és pontosabb megmunkálásra és összeszerelésre van szükség ahhoz, hogy megfelelően működjön. Mind a láncos, mind a fogasléces megoldásban nagyon lényeges elemek a szabadonfutók. A záróelemek működése alapvetően befolyásolja a motor működését és minden, a motorban található és a motorhoz kapcsolódó alkatrész élettartamát. Ez azért van így, mert ezekben a rendszerekben semmiféle fojtást nem célszerű alkalmazni, ezért a munkahenger a szelep nyitásakor hirtelen nagy dinamikus terhelést ad a vele kapcsolatban lévő összes alkatrészre. Ha ilyenkor a szabadonfutó „kottyan”, az ilyen dinamikus terhelések károsító hatása is megnő. Ezért jellemzően minden csapat ipari szabadonfutókat használ, amelyeknek az ára és a mérete nagy mértékben függ a terhelhetőségüktől. A csapatok költségvetéseit tekintve az ár sem elhanyagolható tényező, de a nagy méretű szabadonfutók beépítése különösen nehéz lehet. Ezért mindenki igyekszik úgy tervezni, hogy a szabadonfutókat a lehető legkisebb nyomatók terhelje, ez pedig mindkét rendszernél azt jelenti, hogy a fordulatszámot minél nagyobb értékig kell növelni a mozgásátalakító rendszer forgó tengelyén. Ezt fogasléc-fogaskerék kapcsolattal jellemzően egyszerűbb megoldani, így a szerkezet jelentősen kompaktabb lehet. Miskolcon az első ilyen rendszerű motort a BSTM nevű csapat építette, a felépítését a 9. ábra mutatja. Ez a motor két darab 100/500 mm-es munkahengert tartalmaz, de a lineáris kialakítása miatt a nyomatókleadása egyenletes. Így alacsony nyomásról is tud expandálni, ami a kb. 11 literes összkamratérfogat ellenére is takarékos üzemet tesz lehetővé, ugyanakkor nagy nyomásnál nagy teljesítménnyel is működhet a motor. Az egyirányúsítás itt egy fogaskerékpárral van megoldva, ami a szerkezet belsejében kapott helyet, így a járműben jelentősen kevesebb helyet igényel, mint egy láncfordító.



9. ábra. A BSTM fogasléces motorjának felépítése

A jelenleg aktív csapatok alapvetően csak lineáris hajtásokat használnak. A versenyszabályzat egyik módosításával 2016-ban betiltották az új ráülős (a pneumobilos terminológia szerint quad kialakítás, bár a többségük háromkerekű volt) járművek építését. Ezzel újra előtérbe került a motorok helyigénye a vázon belül. Azóta két új iskola alakult ki a miskolci csapatoknál, a nagyon egyszerű láncos, és a bonyolultabb, de soros elrendezésű fogaslécés motoroké.

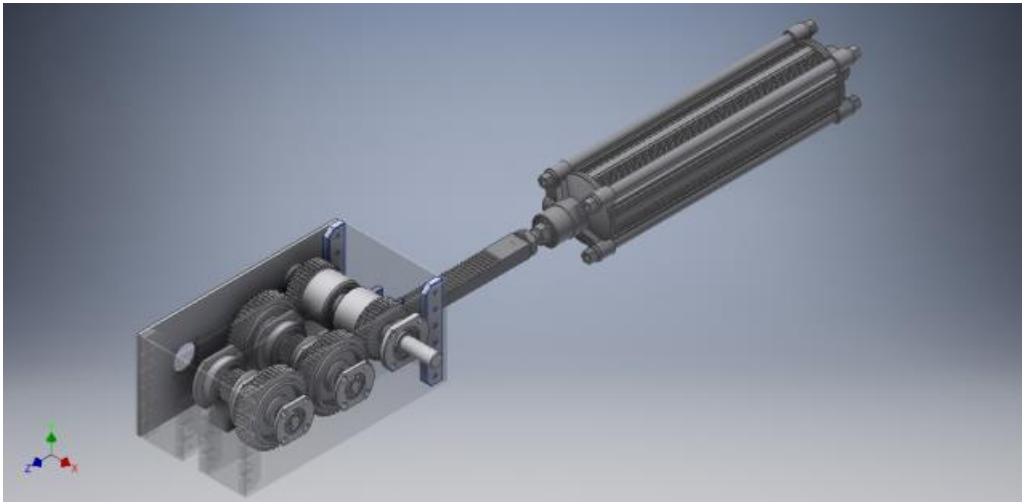
2016-ban a Miskolci Egyetem csapatai a szokásosnál rosszabbul szerepeltek a versenyen, aminek elsősorban az volt az oka, hogy egyre nehezebb lett megfelelő támogatókat találni, az aktív járművek elhasználódtak, a javításuk eszközigenyes volt. Ezért az egyik újként szerveződő, de tapasztalt és új tagokból álló csapat, az AkiMEAir, egy olyan motort tervezett, amit egyszerű elemekből és kereskedelmi forgalomban kapható olcsó alkatrészekből egyszerű eszközökkel is le lehet gyártani (10. ábra). Ebben a motorban is két 100/500 mm-es munkahenger van, amik önmagukban jelentős értéket képviselnek, de ezeket a szervezők biztosítják a versenyhez. A motorban nem használják ki a hengerek mindkét irányát, hanem a dugattyúoldali kamrákat vákuumozzák, majd összekötik, és csak a rúdoldali kamrák működnek, azaz a két henger felváltva húz, míg a lánc feszítését a vákuum biztosítja. Az egyirányúsítást fogaskerékpárral oldották meg, így a motornak csak két tengelye van. Ez a szerkezet nagyon megbízhatónak bizonyult, jelenleg a negyedik fejlesztett változata készül a 2020-as versenyre.



10. ábra. Az AkiMEAir motorja

Ez a motor viszonylag magas, ezért a járműben jól kell elhelyezni. Mivel az ügyességi pálya legerősebb kanyarjaiban balra kell fordulni, fontos, hogy a jármű bal oldalára kerüljön. Az egyszerűségének köszönhetően a korábbi példányok mobil tesztlaborként is szolgálnak, az eddigieknél jobban tanulmányozhatók rajtuk a kamrákban kialakuló nyomásviszonyok, mert kevesebb mechanikai tényező befolyásolhatja az eredményeket, mint a bonyolultabb szerkezeteknél.

A másik mostanában alkalmazott motortípus a soros elrendezésű fogaslécés motor. Az első ilyen az Airmeks csapat tervezte és építette. Az alapelve megegyezik a 9. ábrán látható motorral, de a munkahenger a fogasléccel egy vonalban helyezkedik el, így a munkahenger elfér a vezető mellett. Ez a motor a 11. ábrán látható. Ilyen motort csak egy munkahengerrel érdemes építeni, de időközben a vezérlések olyan szintre fejlődtek, hogy egy hengerrel is megfelelő teljesítményt lehet elérni.



11. ábra. Az Airmeks motorja

5. Összefoglalás

Ahogy a bevezetőben is említettük, ezt a cikket egy sorozat első részének szánjuk. Egy pneumobil gyakran esetlen, tapasztalatlan kezek által készített testében meglepően sok modern technológia rejtőzhet és működhet jól, pl. a XX. század elejének megoldásai keveredhetnek a XXI. század modern vezérléseivel. Többek között ez adja ennek a versenysorozatnak a speciális báját. Ezért úgy gondoljuk, hogy érdemes bemutatni, hogy fejlődött és változott a pneumobilok többi része, így a karosszéria és futómű, vagy akár a motorok vezérlése. Reméljük, ebben a cikkben sikerült bemutatnunk, hogy a Miskolci Egyetem hallgatói mennyire kreatívak tudnak lenni, ha hagyjuk őket szárnyalni.

A cikkben megjelenő ábrák közül a motorokat ábrázoló valamennyi ábra a hallgatók munkája.

6. Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a versenyek megalkotóinak és szervezőinek, a csapatok tagjainak, az ellenfeleknek, akik miatt folyamatosan fejleszteni kell a saját képességeinket is, valamint a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Karának és Hallgatói Önkormányzatának és az összes támogatónak a kapott támogatásokért.

Irodalom

- [1] https://pneumobil.hu/pneumobil_2020/versenykiiras_es_szabalyzat/versenykiiras_dijazas_2020 (hozzáférés dátuma: 2020. január 3.)
- [2] Kelemen, L.: *Studying through the Pneumobile competition* In: Pokorádi, L. (szerk.) *Proceedings of the 1st Agria Conference on Innovative Pneumatic Vehicles – ACIPV 2017*, Budapest, Magyarország, Eger, Magyarország, Óbudai Egyetem, (2017) pp. 23-26.