



DR. DESTEK MIKLÓS

okl. gépészmérnök
c. egyetemi docens

A Vasúti pálya-jármű rendszer minősítésének megoldása

DR.-ING. DESTEK MIKLÓS
Dipl.-Ing. für Maschinenbau
Honorar Dozent der TU Budapest

DR. MIKLÓS DESTEK
Mechanical engineer
Honorary Associate Professor

Die Lösung für die Bewertung des Systems (Eisen-)Bahnstrecke-Fahrzeug

Zusammenfassung

Der im Sommer dieses Jahres im Alter von 101 Jahren verstorbene Dr.-Ing. Destek, Miklós war der Pionier der Entwicklungs- und Forschungstätigkeit am Gebiet der Lauftechnik betreffs Erkennen sowie Erhöhung der Komplexität der gemeinsamen Verhaltensweise des durch Eisenbahnfahrzeuge und Bahnstrecken gebildeten Systems in Ungarn. Seine Verdienste bei Lösung der im Titel genannten Bewertung des Systems Strecke-Fahrzeug sind unvergänglich. Wie er es in seinen Thesen der zu dieser Zeit geplanten Veröffentlichung seiner Promotion niedergelegt hatte, konnte der Beweis einerseits durch Anwendung von wissenschaftlich-theoretischen Methoden erbracht, andererseits durch durchgedachtes und zielstrebiges Experimentieren zu Erfolg geführt werden.

Je eine ähnliche schöpferische Phase war durch Erarbeiten von solchen neuen Ergebnissen abgeschlossen, die bezogen auf das Gemeingut des Fachgebiets neu waren, aber von Fall zu Fall zu solchen neuen Verfahren und Anlagen geführt haben, die die Arbeit der auf je einem Fachgebiet tätiger Fachleuten erleichtert, oder sogar die Lösung gewisser Probleme seitens den Fachexperten überhaupt ermöglicht haben.

Solution for the qualification of the Railway Track-Vehicle System

Summary

Dr. Miklós Destek was the Hungarian pioneer of the development and research work to get to know the joint behaviour of railway vehicles and railway tracks and improve their properties. He died this summer in 101st year of his life. He had undying merits in solving the track-vehicle system qualification, mentioned in the title of the article. As he wrote in his doctoral theses, planned to be published now, the proof could have been and led to scientific results on the one hand by scientific theoretical methods and on the other hand by well-thought-out and purposeful experimentation. Each of these creative phases usually ended with new results, which were new to the professional public domain, and in some cases resulted in new procedures and equipment. These made the work of the cultivators of a professional field easier, better, or made it possible to solve certain problems at all.

Összefoglalás

A vasúti járművek és a vasúti pályák együttes viselkedésének megismerésére, tulajdonságaiknak jobbára tételére irányuló fejlesztő- és kutatómunka hazai úttörője Dr. Destek Miklós volt, aki ezen a nyáron hunyt el életének 101. évében. A címben említett pálya-jármű rendszer minősítésének megoldásában elévülhetetlen érdemei voltak. Mint azt a most közzétenni tervezett doktori téziseiben írta a bizonyítás egyrészt tudományos elméleti módszerekkel, másrészt átgondolt és célratoró kísérletezéssel történhetett és vezethetett eredményre.

Egy-egy ilyen alkotói fázis általában azzal fejeződött be, hogy új eredmények születtek, amik újak voltak a szakmai közkincshez képest, továbbá esetenként olyan új eljárásokat és berendezéseket is eredményezett, amelyek egy-egy szakterület művelőinek a munkáját könnyebbé, jobbá tették, avagy bizonyos problémáiknak a megoldását egyáltalában lehetővé tették.

I. TUDOMÁNYOS ELŐZMÉNYEK, CÉLOK KITŪZÉSE

A vasúti járművek és a vasúti pályák együttes viselkedésének megismerésére, tulajdonságaiknak jobbára tételére irányuló fejlesztő- és kutatómunkám sok éven keresztül tartott, és ma sincs befejezve. A munka azonban felosztható fázisokra. Mindegyik ilyen fázisnak az a jellegzetessége, hogy valamilyen jelenséget vizsgálva szembe kerültem az éppen létező szakmai közfelfogással, ezért a fejlesztés folytatásához szakmai viták keretében bizonyítanom kellett saját álláspontom helyességét. A bizonyítás egyrészt tudományos elméleti módszerekkel, másrészt átgondolt és célratoró kísérletezéssel történhetett. Egy-egy ilyen

fázis általában azzal fejeződött be, hogy ki tudtam alakítani olyan tételeket, amik újak voltak a szakmai közkincshez képest, továbbá esetenként létre tudtam hozni olyan új eljárásokat és berendezéseket is, amelyek egy-egy szakterület művelőinek a munkáját könnyebbé, jobbá tették, avagy bizonyos problémáiknak a megoldását egyáltalában lehetővé tették.

A kutató munkám – mint utaltam rá – ma sincs befejezve, mivel a tudományos és technikai fejlődésben végállomás nincs. Jelenleg a BME Vasúti Járművek és Vasútépítési Tanszékein folyó, OTKA által finanszírozott kutatás keretében foglalkozom ugyanezzel a témakörrel. Ennek az utolsó fázisnak az eredményei abban térnek el a korábbiaktól, hogy a tételek egyelőre csak elméletileg igazoltak, gyakorlati,

kísérletekkel és mérésekkel történő bizonyításuk az ipar és a vasutak számára még nem történhetett meg.

Mindezekre gondolva, és az áttekintés könnyebbé tételére a kutatómunkám egyes jobban körülhatárolható, önmagában is értékelhető szakaszaival kapcsolatos tudományos előzményeket külön pontokba szedve ismertetem, mellettük megjelölve, azokat tudományos célokat is, amelyeknek az elérését az adott téma-részlettel kapcsolatban kitűztem.

a) Az ötvenes évek elején, mint az akkori Ganz Mozdony, Vagon és Gépgyár kutatómérnöke kerültem kapcsolatba azzal a műszaki feladattal, hogy bizonyítanom kellett a gyár által külföldre szállítandó egyik motorvonat "futásjóságának" a megfelelő voltát,

mivel azt a vevő a saját országában szerzett tapasztalatai alapján kifogásolta. A feladat számomra, aki a gépészeti szakterületen és a mérés technikában aránylag jártas voltam, a vasúti járművek hordműveiről és a vasút pályákról azonban nagyon keveset tudtam, egyszerűnek tűnt, hiszen – gondoltam – „csak meg kell mérni” valaminek valamilyen tulajdonságát, az eredményt pedig össze kell hasonlítani az aktuális szakmai normákkal. Igen hamar rá kellett azonban jönnöm, hogy ez megközelítőleg sincs így.

Abban az időben a vasutaknál már ismert volt egy fogalom: a „futásjóság”. A Német Birodalmi Vasutak szakemberei még a negyvenes években végeztek egy elég nagyszabású kísérlet-sorozatot, amelynek terméke lett azután a Sperling és Helberg urak nevéhez fűződő „futásjósági érték” („Wertezahl”), amit a vasutaknál sokan még máig is alkalmaznak, de már csak Sperling nevét használva.

A Sperling-szám megalkotásának az előzménye egy terjedelmes élettani kísérlet-sorozat volt: állandó frekvenciával és amplitúdóval szinuszosan mozgatott rázóasztalon különböző módon – elhelyezett emberek szubjektív mozgásérzetét vetették össze a szinusz frekvenciájával és amplitúdójával. A szubjektív érzetű „alig érezhető” „elviselhető” terjedő elnevezéseket, az elnevezésekhez pedig 1-től 4-ig terjedő minősítő számértékeket rendeltek. A sok kísérleti alany nagy szóródású szubjektív minősítő ítéleteit matematikai statisztikai módszerekkel dolgozták fel. annak a végén pedig definiálták a „Sperling féle jósági számot» mint a (konstans és stacioner!) frekvenciának és a (szinusz!) amplitúdójának a függvényét. A jósági szám a frekvenciának a 0.5 hatványával, az amplitúdónak pedig a 0.3 hatványával volt arányos. Mivel felismerték, hogy vasúti járműben a rázóasztallal ellentétben nem lehet a mozgás amplitúdóját mérni, az eredményüket (a szinusz stacioner voltát véve alapul!) átszámították gyorsulásra. Így a jósági szám a frekvencia 0.1 hatványával, a gyorsulás-amplitúdónak pedig a 0.3

hatványával vált arányossá. Később, praktikus okok miatt az értékskálát megnyújtották a „nagyon jó”-tól („1”) az „üzemveszélyes”-ig („5”), továbbá a „függőleges” és a „keresztirányt” is megkülönböztető, önmagában is a frekvenciától függő korrekciós függvényt rendeltek hozzá.

Mindez még csak a stacioner szinusz-mozgásra volt érvényes. már pedig a pályán haladó vasúti jármű sokféle módon mozog, de tiszta szinusz szerint biztosan nem. Ezért megalkotottak egy kiértékelő eljárást is: a jármű kocsiszekrényében felvett hullámzó gyorsulás jelet fáradtságos kézi munkával fiktív „fél-szuszokra” kellett tagolni, mindegyik ilyen félhullámra ki kellett számítani a neki megfelelő „jósági számot”, majd ezekből egy önkényesen megadott, tízedik-gyökös átlagoló képlettel kellett a végeredményt kiszámítani.

Magyarországon akkor az iparnak még semmi eszköze nem volt ilyen vizsgálatokhoz, nekünk is a MÁV-nál kellett megrendelni, az pedig a maga nemében zseniális Bereznyai-féle mechanikus gyorsulásmérővel elvégezte a mérést, és ki is értékelte az eredményt.

Később a francia vasutak javaslatára alapján az ORE egy másik eljárást dolgozott ki. Ők szintén élettani kísérletekből indultak ki, azonban azt keresték, hogy mennyi idő alatt érez a rázás következtében a vizsgált személy „ugyanakkora” fáradtságot különböző frekvencia és gyorsulás-amplitúdó értékek mellett. Ők is félhullámokra javasolták tagolni a gyorsulás regisztrátumot, mindegyiknek ki kellett számítani egy diagram alapján a „fáradási értékét”, majd ezeket összegezve a „teljes fáradtságot”, amit a haladó jármű az átlagos utasnak okozott. Anélkül, hogy részletezném, belátható, hogy ez a járművet minősítő eljárás ugyanannyira szubjektív volt, mint a Sperling-féle.

Kétérdőséimet követő alapos vizsgálódásaim során felismertem ezeknek a vasutaknak járműminősítésre használt módszereknek egy sor olyan elvi hibáját, amik az így kapott ered-

ményeket a járműfejlesztés és tervezés számára szinte teljesen használhatatlanná tették. Mivel pedig szükségünk volt hiteles és objektív ismeretekre, és mivel ilyet kívülről sehonnan nem kaphattunk, megkezdtem a disszertációm tárgyával kapcsolatos kutatás első szakaszát. Ennek magam elé tűzött célja az volt, hogy a „futásjóság” méréséből és kiértékeléséből az emberi közrehatást kiküszöböljem, más szóval az egész eljárást objektívvé és így – legalább is elvben – reprodukálhatóvá tegyem

b) Az a) pont szerint indított kutatásomban előre haladva azt a megfigyelést tettem, hogy ugyanannak a járműnek az akkor szokásos 1-kilométeres szakaszokon mért „futásjósága” jelentősen másnak és másnak mutatkozott attól függően, hogy a vasútvonalnak melyik vágányán, vagy a vágány melyik konkrét kilométerén végeztük a mérést. Ügy tűnt tehát, hogy téves az az akkor általános szakmai nézet, ami szerint a futásjóság mérés magának a járműnek a minősítésére lenne alkalmas. Így újabb kutatási célt kellett magam elé tűznom: gondosan szervezett és pontosan végrehajtott kísérletekkel ki kellett mutatni, hogy függ-e tényleg a jármű futásjósága a pályától, és ha igen, miként.

c) A b)-ben írtak szellemében végzett kutatási fázis vége az lett, hogy a Ganz-gyár mérnökei számára minden kétséget kizáróan be tudtam bizonyítani a pályafüggést, még hozzá annak igen jelentős voltát. A főkonstruktor erre való tekintettel azt határozta el, hogy a bizonytalan konzekvenciájú pályahatás kiküszöbölésére a továbbiakban a vevő vasúttársaságokkal szemben gyárunk nem vállalja átvételi feltételként egy bizonyos nagyságú „futásjóság” mérőszám tartását, hanem csak azt, hogy az általunk gyártott jármű futásjósága jobb lesz, mint a vele együtt, egy időben, ugyanazon a pályaszakaszon ugyanazzal a sebességgel mért másik járműé, amit vonatkozási alapként a megrendelő vasút bocsát rendelkezésünkre.

Mivel ez az eljárás költséges és időrabló volt, és mivel – akkor még – azt hittem, hogy a vasutak mérni tudják és mérik is a pályáik alakját, újabb kutatási célt tűztem magam elé: olyan értékelő módszer megalkotását, amelynek segítségével a vasúti pályamérések eredményeiből ki tudom hámozni azokat a műszaki adatokat, amelyeknek ismeretében a pályának a jármű futására gyakorolt hatását számszerűsíteni lehet. Hiszen ha ez megoldódik, akkor feleslegessé válik a futásjóságot mindig egy másik kocsiéhoz hasonlítani.

d) A c) szerinti kutatási célt nem értem el. Helyette arról bizonyosodtam meg, hogy elérése mindaddig, míg a vasutak valami gyökeresen új pályamérési módszerre át nem térnek, fizikailag lehetetlen. Mivel pedig szóba sem jöhetett abban az időszakban, hogy a vasutak tovább lépjenek a hagyományos és a saját igényeiket – látszólag – kielégítő pályamérési koncepciójukból, viszont a járműfejlesztőknek igen nagy szükségük volt a számukra használható adatokra, egyszerre két újabb kutatási célt kellett magam elé tűzni. Egyrészt meg akartam alkotni egy olyan eljárást, aminek segítségével magának a járműnek a futástechnikai tulajdonságait lehet meghatározni a pálya zavaró hatásától függetlenül, másrészt tudományos színvonalú kutatómunkával kívántam kialakítani egy olyan teljesen új eljárást, ami lehetővé teszi a vasúti pálya azon jellemzőinek az egzakt meghatározását, amik összességükben determinálják valamely rajta haladó jármű mozgását.

e) Az előbbi fázisokkal bizonyos mértékig párhuzamosan kellett foglalkoznom magával a járművel is. A szakmai köztudatban az volt, hogy a járműnek, mint lengő rendszernek a lengéstani tulajdonságai matematikai/mechanikai módszerekkel számíthatóak. Mivel ezt kétségbe kellett vonnom (amihez magamnak akkor már meg volt a kellő tárgyi alapom), megjelent magam előtt egy újabb kutatási cél: egyrészt olyan vizsgálatokat kell vé-

gezni, amelyek bebizonyítják, hogy valóban nem lehet kiszámítani – már-már még elviselhető hibahatár mellett – egy vasúti jármű lengéstani tulajdonságait. Másrészt ki akartam találni egy olyan vizsgáló berendezést és módszert, amely ezeket a kritikus tulajdonságokat közvetlenül mérhetővé teszi, ugyanakkor megvalósítása a Ganz-gyár számára is elérhető.

f) Mialatt az összes eddigi pontban írt kutatást végeztem, a szakmai közgondolkodás az volt, hogy létezik „a pálya” és létezik „a jármű”, amelyek azután időnként kapcsolatba kerülnek egymással. E szemléletnek megfelelően általános volt a „pálya-jármű kölcsönhatás” szóhasználat. Ennek a régmúltban gyökerező szemléletnek volt a folyománya, hogy az egyetemen más kar más tanszéke foglalkozott (és foglalkozik még ma is) a pályával és a járművel, és a vasutaknál is más osztályok illetékességi körébe tartozott (és tartozik) a két terület. Tapasztalat szerint az egyik terület szakemberei leginkább csak enciklopédikus ismereteket szereznek a másik területről, hacsak egyéni ambícióból autodidakta módszerekkel ki nem bővítik tudásukat. Végül valószínűleg ez a szemlélet szülte a mindennapi élet azon tapasztalatát is, hogy egy-egy olyan káros esemény bekövetkeztekor, amelyben mind a pályának, mind a járműnek van valamilyen szerepe, a két szakterület egymásra mutogat, hivatkozik a „kölcsönhatásra”, azon belül pedig arra, hogy a „másik” szerkezet hatása okozta a bajt.

Ezt felismerve, és miután az idők múlása során sok más szakterületen, közöttük a rendszerelméletben is sikerült ismereteimet bővítenem, kitűztem azt a célt, hogy a szakmai közfelfogással szöges ellentétben kialakítom a *pálya-jármű rendszer* szemléletet, vagyis azt, hogy a pályát és a járművet egyetlen rendszernek kell tekinteni, aminek mindegyikük csak egyik alrendszere.

g) Az eddig felsorolt kutatási fázisok során végig, de még ma is jellemző

az a körülmény, hogy a vasutaknak nincsenek normalizált módszereik, amelyekkel el lehetne dönteni, hogy valamely konkrét vasúti pálya, vagy valamely konkrét vasúti jármű megfelel-e annak az alapvető követelménynek, hogy hibájából kisiklás ne következhesse be. Természetesen a járműipar is és valamennyi vasút is foglalkozik ezzel a nagyon fontos feladattal, létezik is egy sereg elgondolás, folynak különféle kutatások, ezek eredményei azonban nem konzisztensek, és – legtöbbjük – tudományos szempontból nem teljeskörűen megalapozott. És ami szerintem a legkritikusabb: nincsen olyan általánosan elfogadott vizsgálati módszer, ami a kisiklás elleni biztonság létét vagy hiányát objektíven kimutatná. Ebben a szinte áttekinthetetlen helyzetben azt a kutatási célt tűztem magam elé, hogy az összegyűjtött adataim, tapasztalataim alapján olyan definitív módon határozzam el egymástól a jármű futására és a pálya vezetésére vonatkozó jellemző tulajdonságokat, hogy azok objektíven mérhetőekké váljanak.

II. A VIZSGÁLATOK MÓDSZERE

Az előző fejezetben kutató munkámnak hét fázisát különböztettem meg, mindegyiknél körvonalazva azt a közelebbi tudományos célt, amit vele kapcsolatban el kívántam érni. Az alábbiakban ugyanazt a csoportosítást és jelölést használva összefoglalom, hogy milyen módszerekkel jutottam el kezdeti hipotéziseim bizonyításához.

a) A szubjektív károsodás mérése a futásjóság méréséből

Annak bizonyítására, hogy valóban elviselhetetlenül nagy a hibahatára a futásjóság kézi kiértékelésének, azt a kísérletet szerveztem, hogy ugyanazoknak a gyorsulás regisztrátumoknak a kiértékelésére több szakembert kénem fel, majd munkájuk eredményeit egymással összevettem és matematikai statisztikai módszerekkel értékeltem. A kísérlet bizonyította az alábbiakat:

- Ugyanaz a szakember két alkalommal kiértékelve ugyanazt a regisztrátumot anélkül, hogy tudta volna, hogy a regisztrátum ugyanaz, csupán léptékük tér el kissé egymástól – más és más jósági számot kapott.
- Ugyanabból a regisztrátumból különböző kiértékelő szakemberek szignifikánsan eltérő eredményeket kaptak. Szignifikancián itt azt érve, hogy két-két személynek ugyanarra a járműre vonatkozó eredménye közti eltérés gyakran nagyobb volt, mint egyetlen személynek két különböző konstrukciójú járműre vonatkozó eredményei közti különbség.

Ezeknek a kísérleteknek során keletkezett anyagokat feldolgoztam olyan szempontból is, hogy megkeressem: voltaképpen minek tulajdonítható ez a jelentős eltérés. A rövid magyarázat: az egyes személyek jelentősen eltérő módon „szinuszosították” a járműszerény igen csak változatos gyorsulás-idő függvényét, így egymáshoz képest az egyes „félhullámokra” lényegesen különböző amplitúdókat és „frekvenciákat” állapítottak meg.

Felismertem azt, hogy fizikai, logikai és gyakorlati mérés technikai szempontból egyaránt lehetetlen olyan verbális utasítást alkotni, ami biztosítani lenne képes, hogy különböző személyek még elviselhető hibahatáron belül számszerűen azonos futásjósági számot hozzanak ki ugyanabból a gyorsulás-idő függvényből, de még ugyanabból a gyorsulás-idő regisztrátumból is. (Az utóbbi ugyanis könnyebb lenne, mivel a szűrés léptékezés, ábrázolás okozta zavaró hatásokat bizonyos mértékig eleve kizárja.) Felismertem tehát azt is, hogy valami gyökeresen új, más szemléletű megoldást kell keresni a futásjóság mérés objektivizálására. Ennek lehetőségét az élettani kísérletek eredményei értelmezésének pontosabbá tételében találtam meg.

b) A futásjóság pályától függésének tisztázása

Ennek a célnak az elérése két kutatási szakaszban történt. A hipotézis vizs-

gálatához az a) pontban ismertetett hasonló kísérleti módszert választottam: két, egymástól eltérő konstrukciójú négytengelyes személykocsi futásjóságát mértük meg három pályaszakaszon, mégpedig amennyire csak lehetséges volt, mindenben azonos külső körülmények között. Az első kutatási szakaszban még a hagyományos kézi kiértékelést végeztük, a későbbi másodikban azonban az akkorra már rendelkezésünkre álló új elektronikus futásjóságmérő műszereinket használtuk.

Ezek a kísérletek bebizonyították, hogy a vasutak által használt futásjósági mérőszám – legyen az akár a „Sperling-féle”, akár az „ORE szerinti” – szignifikánsan függ a pályától. Itt szignifikancián azt értem, hogy ugyanannak a járműnek két-két pályán mért futásjósági értékei között gyakran nagyobb a különbség, mint amekkora két-két, nem is azonos konstrukciójú jármű ugyanazon a pályaszakaszon végzett mérésének eredményei között.

c) A vasutak pályamérési módszereinek kritikai vizsgálata

Előre bocsáthatom: a futástechnikai témakörben végzett sok éves munkámnak ez volt a legterheesebb szakasza, mivel valódi tudományos viták helyett emocionális alapokon nyugvó akadályok sorozatába ütköztem,

Vizsgálódásom elméleti alapon indult, és voltaképpen nem is lett volna másra szükség. A vasutak pályamérő berendezéseit megismerve ugyanis tisztán elméleti alapon, átviteli függvényeik vizsgálatával meg tudtam határozni azokat az elvi hibáikat és hiányosságait, amelyek lehetetlenné tették – és teszik ma is – a vasúti pálya azon fizikai tulajdonságainak a szükséges és elégséges mértékű megismerését, amelyek viszont kellenének ahhoz, hogy a járműkonstruktor a maga szerkezeteit intuíció helyett mérnöki tudományokon nyugvó mesterségbeli szabályok alapján méretezhesse.

Mivel azonban gyárunk partnerei e következtetéseket kétségbe vonták, egyrészt modellkísérletekkel, másrészt valódi járműveken végzett mé-

résekkel, harmadrészt újabb és újabb számításokon nyugvó érvekkel kellett bizonyítanom az állításom igaz voltát. Ez a folyamat egyébként máig sem fejeződött be teljesen, mert bár e témakörben kellőképpen jártas szakemberek számára – úgy látom – ma már tisztázott a pályaalak mérés minden problémája, még mindig vannak szervek, amelyek olyan következtetések levonására használják ezeket a vasúti pályamérési módszereket, amilyenekre azok fizikai törvények miatt eleve alkalmatlanok.

d.) Rugózásjóság mérésének megvalósítása

Meggyőződve arról, hogy a vasúti pályák gerjesztő tulajdonságainak a meghatározására a vasutaktól megfelelő adatokat nem tudunk kapni, elméleti vizsgálatokat kezdtem a járműveknek, mint lengő rendszereknek a megismerésére, azon belül azoknak az összefüggéseknek és törvényszerűségeknek a feltárására, amelyek adott gerjesztés mellett a különböző jellegű mozgás- és erő-reakcióit számíthatóvá teszik. Ennek első szakaszában a keresett mozgások leírására az általában ismert differenciálegyenlet-rendszeres módszerekkel próbálkoztam, hogy legalább bizonyos alapvető trendeket felismerhessek. Kítűnt azonban, hogy az akkor – a számítógép-korszak előtt – ismeretes analitikus matematikai módszerek céltom elérésére nem megfelelőek, ugyanis iparban dolgozó mérnök számára nagyon időigényesek, ugyanakkor nehezen érzékelhetővé teszik azt, hogy a rendszer egy-egy fizikai paraméterének a megváltoztatása melyik eredményt miként módosítja. Ezért kidolgoztam egy újszerű vizsgálati módszert – a villamos mérnökök által ismert és használt hálózatelemzési módszerek átalakításával és céljaimhoz adaptálásával –, amely lehetővé tette a jármű lengéstanai viselkedésének a nagyon könnyen áttekinthető leírását, minden fizikai paramétere minden eredményre vonatkozó hatásának közvetlen felismerését. E módszer lényege a mechanikai impedancia – nem tőlem

származó – fogalmának bevezetése és széleskörű felhasználása.

Ez a „lengéstan hálózat” szemlélet nagyon elősegítette annak a tisztán látását, hogy a vasúti jármű nem más, mint egy nem éppen „fekete”, de „szürke doboz”, aminek bemenő jele a pályán futó kerekeinek a mozgása, kimenő jele pedig bármelyik kiválasztott pontjának a mozgása vagy bármelyik pontján ható erőnek a nagysága. Ha pedig így tekintjük a járművet, akkor látnunk lehet, hogy amit minősíteni akarunk, az lényegében nem más, mint a „doboz” komplex átviteli karakterisztikája. Ha tehát – bárki meghatározza azt a kritériumot, aminek alapján a jármű futási tulajdonságait minősíteni szándékozik, csak az imént definiált átviteli karakterisztikát kell megvizsgálni abból a szempontból, hogy teljesíti-e. Itt mindenesetre hangsúlyozni kívánom, hogy más a minőségi kritériumok meghatározása, és megint más a teljesülésük ellenőrzésére alkalmas vizsgálati módszer megteremtése. Esetemben az első nem volt a feladatom, nem is lettem volna rá illetékes, mivel az sok szervezet szakmai megállapodásának lehet csak a terméke. Ez persze nem jelenti azt, hogy kutatómunkám során, a gyári konstruktőrökkel teljes egyetértésben ne állítottunk volna fel normákat kizárólag belső használatunkra.

A most vázolt munka végeredményként definiáltam a „rugózásjóság” fogalmát, és megalkottam számszerű meghatározásához – többféle – mérési és minősítési eljárást. Ezeknek lényegét a következő fejezetben ismertetem.

d.) Új pályamérési módszer megvalósítása

Miután az előző pontban írtak szerint eljutottam odáig, hogy felismerhettem: mik azok a pálya felől a kerekre ható fizikai mennyiségek, amelyek az átviteli karakterisztikán keresztül a „szürke doboz” kimenő jelét számszerűen befolyásolni tudják. Magam számára szinte teljesen világossá vált, hogy a pályának milyen fizikai tulajdonságait kell, és mely tulajdonságait

nem kell megismernünk ahhoz, hogy a pálya-jármű rendszert futástechnikai szempontból méretezni, ellenőrizni, tökéletesíteni tudjuk. Most már „csak” azt kellett megoldani, hogy ezeket a tulajdonságokat mérhetővé tegyem.

Kísérletek sorozatára támaszkodó elméleti vizsgálódásaim ekkorra már saját magam számára egyértelművé tették, hogy amikor futástechnikáról van szó, a szakmai közhiedelemmel szöges ellentétben nem létezik „a” pálya alak, mint valami önmagában ismert, időben állandó, környezetre érzéketlen valami. Ehelyett létezik egy olyan deformálható szerkezet, amelynek a belső dinamikai struktúrájáról a szakma máig is csak igen keveset tud, én viszont annyiról már meggyőződhettem, hogy alakja időben is változik, de ami futástechnikai szempontból sokkal fontosabb, a környezettől, első sorban a rajta haladó jármű szerkezeti kivitelétől és sebességétől nagyon lényegesen függ.

Hátra volt még azonban annak a felmérése, hogy mik azok a jellegzetességek a pálya alakjában, amelyek nagyjából állandóak, és mik azok, amik esetenként változhatnak, tehát „véletlenszerűnek” tekinthetőek.

Felismertem, hogy ezt elméletileg nem, csak céltudatosan szervezett kísérletekkel lehet feltárni. Ennek megfelelően minden lehetőséget megragadtam, hogy e körben mérési adatokhoz jussak, és végül eljutottam odáig, hogy minden egyébtől elhatároljam azokat a jármű jellemzőket, amelyek a pálya alakját befolyásolják. Közülük a három legjelentősebb: a vasúti kerékpár mindenkor kerékterhelése, azon belül hozzá képest a rugózatlan tömeg súlyának a hányada, valamint a kerékpár haladási sebessége. Ezzel szinte automatikusan együttl járt az a felismerés is, hogy a pálya minőségét, legyen az bárhogy definiált, bizonyosan nem lehet egyetlen mérőszámmal jellemezni, ehelyett valami olyan jellemzés válik szükségessé, amit a fizikai folyamatok elméletében szoktak használni.

Miután már nyilvánvalóvá vált előttem, hogy a „pálya alak” függ a rajta

haladó járműtől, adódott az az újabb felismerés, hogy amikor a pályát magát akarjuk futástechnikai szempontból minősíteni, olyan kerékpár alatti alakját kell vizsgálni, aminek az előző bekezdésben írt három fizikai jellemzője ismert és állandó, mozgása pedig a felette elhelyezkedő járműszerkezet lététől és mozgásától független. Erre csak egyetlen megoldást lehetett elképzelni: egy meghatározott követelményrendszernek eleget tevő *mérőkerékpár* megalkotását. Ennek gépészeti tervezése meg is történt, legyártása azonban – nem objektív akadályok miatt – ez ideig elmaradt. Ennek következtében további kutatásomat mérőkerékpár helyett valódi járművek kerékpárjain végzett mérések sorozatával folytattam.

e) Vasúti jármű lengéstan tulajdonságainak mérése

Ezt a kutatási fázist annak a részletes felméréssel kezdtem, hogy melyek is azok a jármű-jellemzők, amelyek összességükben egyértelműen meghatározzák a jármű lengéstan viselkedését. Ehhez a jármű, mint sok-sok szabadságfokú lengő rendszer matematikai modelljéből indultam ki.

Első lépésben egy annyira egyszerűsített modellt vettem, amelynek differenciálegyenlet-rendszerét már akkor (vagyis a számítógép korszak előtt) meg lehetett oldani, noha ezt nem konkrét feladat megoldására szántam. E modell segítségével saját hipotézisem helyességéről a gyár konstruktőrei meggyőződhettek, nevezetesen arról, hogy az eredmény hibahatára sokkal nagyobb annál, mint amekkora a feladataik megoldása szempontjából még elviselhető lenne. Még pedig első sorban azért, mert a matematikai modell paramétereinek a számértékeit általában csak becsülni lehet. Ez pedig eldöntötte azt a kérdést, hogy a lengéstan jellemzőket nem számítani, hanem feltétlenül mérni kell.

Egyetlen berendezés volt akkor ismeretes ilyenféle feladat elvégzésére: egy Nyugat-Németországban létező próbaállomás, amelyben görgőkkel

mozgatták a jármű kerekeit, és mérték a kocsiszekrény különféle válaszait. Tanulmányozva ennek technikai adatait meggyőződtem arról, hogy ez a berendezés jóval „kevesebbet tud”, mint amire nekünk szükségünk volt, ugyanakkor olyan roppant drága, hogy magyarországi megvalósítása szóba sem jöhet. Ezért más megoldást kellett keresnem.

Egy, a mechanika törvényeire támaszkodó felismeréssel, amit csak a disszertációmban írok le részletesebben, meg tudtam alkotni egy olyan hordozható vizsgáló berendezést, amellyel a vasúti jármű lengéstan tulajdonságai közül sokkal többet lehetett meghatározni, mint a Német Birodalmi Vasutak berendezésével, ugyanakkor mindent annál pontosabban, sokszorosan gyorsabban, és legalább két nagyságrenddel olcsóbban. E berendezés segítségével kapcsolatot tudtam teremteni a valódi pályákon folyó futásvizsgálati kutatómunkánk és a lengéstan járműjellemzők mérése között, ami a kutatóknak élményt jelentett, a járműkonstruktőröknek pedig olyan eszközt adott a kezükbe, amivel fejlesztési munkájukat jóval cél tudatosabbá teheték. Lehetőség nyílt például arra, hogy több jármű futásjóságát meghatározzuk az akkor már rutinszerűen használható új módszerekkel, majd ugyanezeknek a járműveknek minden lengéstan tulajdonságát nagy pontossággal megmérjük a lengető berendezésünkkel, a tapasztalt egyezésekből és különbségekből pedig messzemenő konstrukciós következtetéseket vonjunk le.

f) A pálya-jármű rendszer szemlélet bevezetése

Ebben a témakörben szinte csak saját magam és közvetlen munkatársaim számára kellett kutató munkát végezni. Arról volt ugyanis szó, hogy meg kellett vizsgálni, fel kellett mérni, mi használható a vasúti pálya és a vasúti jármű együttes viselkedésének leírására abból, amit az automatika, a folyamatszabályzás, a híradástechnika és néhány más speciális szakterület már ismert és használt. Ekkorra már

elég fejlett lett a számítástechnikának a számomra hozzáférhető apparátusa is, így tág tere nyílt a számítógépes modellezésnek. Az e körben végzett kutatómunka meggyőző lett abban a tekintetben, hogy valóban így, *azaz együttesen kell szemlélni a pályát és a járművet* ahhoz, hogy mind a kettőnek a saját futástechnikai minőségét, mind a kettőjük együttműködését viszonylag olcsón és gyorsan optimalizálni lehessen.

g) A kisiklás elleni biztonság problémaköre

A vázolt sokoldalú, rengeteg részletet feltáró kutatómunkám utolsó szakaszában fokozatosan kikristályosodott számomra, hogy ha nem akarunk belekeveredni a bizonytalanságok és többértelműségek hálójába, akkor a futástechnikai feladatkör alapvető fogalmait újra kell definiálnom, majd minden vizsgálatunkat annak a tükrében kell végeznünk, és eredményeit értékelnünk. Disszertációmban részletesen foglalkozom az e körben elért eredményekkel, itt csak azt a felismerésemet emelem ki, mert ma is új és nem általánosan elterjedt, hogy világosan meg kell különböztetni egymástól annak a potenciális kisiklási veszélyt jelentő pályatulajdonságnak a meghatározását és vizsgálatát, ami önmagában, azaz egy-egy konkrét járműtípustól függetlenül létezik, annak az ugyancsak potenciális kisiklási veszélyt jelentő járműtulajdonságnak a meghatározásától és vizsgálatától, ami viszont magának a járműnek az adottsága, tehát attól függetlenül létezik, hogy milyen pályán fut a jármű.

A járműre vonatkozó résszel disszertációmban részletesebben nem foglalkoztam, okát ott megadtam. A pályára vonatkozó részt viszont kutató munkámban annál alaposabban vizsgáltam. Felismertem azt, hogy a rugózásjóság vizsgálata szempontjából amúgy is szükséges mérőkerékpár a legalkalmasabb eszköz a pálya olyan tulajdonságainak a feltárására, amelyek potenciális vagy éppen akut kisiklásveszélyt jelentenek. Az a fizikai tulajdonság, ami a kisiklási veszély

indikátoraként használható, a mérőkerékpár gyorsulása az út mentén, Miután ugyanis tudjuk, hogy a mérőkerékpárra „kívülről” a mindenkor pozíciójától független és állandó lefelé ható erőn (és a vontatásához szükséges erőn) kívül kizárólag a pálya felől juthat erőhatás a kerékpár tömege pedig ismert, a kerékpár gyorsulása – ami könnyen mérhető – jellemző lesz a kerékek és a pálya közti erőhatásra.

A számszerű értékelés sokféle lehet, mikéntjének végleges eldöntése nem az én feladatomban, az szakmai kompromisszum kérdése lesz. Álláspontomban azonban bizonyos, hogy *ahol a kerékpár keresztirányú gyorsulása egy bizonyos küszöb-időtartamnál tovább túllép egy meghatározott határértéket, ott potenciális kisiklási ok áll fenn.*

Rendszerszemléletű vizsgálataim azt is feltárták, hogy adott esetben nagy lehet az általam *“rezonanciális kisiklásnak”* nevezett esemény veszélye, mégpedig olyan pályahelyen is, amit a máig is használt hagyományos vasúti pályamérési módszerek nem tudnak észlelni. Felismerésem ugyanis az volt, hogy már néhány periodikusan ismétlődő erőhatás is okozhat kisiklást, ha szerencsétlen módon valamelyik jármű aktuális sebessége mellett annak valamelyik kritikus alaplengésmódját éppen rezonanciára gerjeszti. Ezért kidolgoztam két olyan eljárást is, amelynek segítségével az ilyen pályahelyeket fel lehet fedezni. Az egyik az ú.n. „gyors Fourier transzformáción” alapul, a másik viszont teljesen újszerű, célmérőműszert vagy számítógépet igényel, és kifejezetten erre a feladatra szabott.

III. AZ ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Ebben a fejezetben, a disszertációmban részletesen tárgyalt azon eredményeket foglalom össze, amelyek saját szellemi alkotásaim, és amelyek ugyanakkor – legjobb tudomásom szerint – a létrejöttük időpontjában létező szakmai felfogáshoz képest

meglepően újak voltak, vagy éppen ellentétesek voltak a közkinccsel képező ismeretekkel. Egy részük még ma is új a szakma általános színvonalához képest. Ezzel nem kívánom jelentéktelenné tenni több kiváló munkatársam szellemi, sőt fizikai segítségét, ami ha talán láthatatlanul is, de feltétlenül szintén benne van ezekben az eredményekben.

A téziseket összetartozásuk jellege szerint csoportosítom:

Pálya-jármű rendszer (PIR) témaköre

1. Bevezettem a „pálya-jármű rendszer” fogalmat és szemléletet a korábban használt „pálya és jármű kölcsönhatása” fogalomkörrel és szemlélettel szemben. Kimutattam, hogy a kétféle szerkezeti komplexumban keletkező erőket és mozgásokat csak a rendszerelmélet egybefoglaló módszereivel lehet hatékonyan vizsgálni. E vizsgálati körben a „pálya” és a „jármű” a „pálya-jármű rendszernek” egy-egy alrendszere. Ezen belül:

- 1.1 Kidolgoztam egy olyan eljárást, ami a pálya-jármű rendszert mechanikai lengéstani elemek hálózataként írja le. Bevezettem a – nem tőlem származó – mechanikai impedancia fogalmát, arra támaszkodva pedig a mechanikai rendszer tulajdonságainak az átviteli függvények és átviteli karakterisztikák vizsgálatával történő értékelését
- 1.2 Számítógépes programot dolgoztam ki, amely lehetővé teszi a pálya-jármű rendszer, mint lengéstani hálózat viselkedésének a könnyű és gyors tanulmányozását, azon belül az egyes lengéstani elemek paramétereinek a megváltozására vonatkozó érzékenységet.
- 1.3 Meghatároztam illetve újra definiáltam a rendszerszemlélet alapján az öt legfontosabb fogalmat, aminek jelentős szerepe

van a vasúti pályán haladó járművek mozgásainak és erőhatásainak megítélésében. Erre azért volt szükség, mert a szakmában használatos elnevezések meghatározásai nem egyértelműek és hiányosak. Az öt fogalom, amit saját kutató munkámban következetesen használok, csak a lényegét tekintve a következő:

Futásjóság. A pályán haladó jármű kocsiszekrényében mért gyorsulás-jelből matematikai értékelési utasítással nyert minősítő szám vagy függvény. Egyaránt érzékeny a „pálya” és a „jármű” tulajdonságaira. Célszerű felhasználási területe: valamely vasútvonal minősítése abból a szempontból, hogy azon a szállított utasok és/vagy áruk milyen mozgás okozta igénybevételnek vannak kitéve. Sztochasztikus értékelési módszert igényel.

Rugózásjóság. (Alapesetben) A pályán haladó jármű kocsiszekrényében és csapágytokjain mért gyorsulás-jelekből matematikai értékelési utasítással nyert minősítő szám vagy függvény. Csak magának a járműnek a tulajdonságaira érzékeny. Célszerű felhasználási területe: minden eset, amikor magának a járműnek a minősítése a feladat abból a szempontból, hogy rugózása milyen mértékben csökkenti a pálya okozta hatásokat. Sztochasztikus értékelési módszert igényel.

Vezetésjóság. A pályán haladó, definiált tulajdonságú mérőkerékpár csapágytokjain mért gyorsulás-jelből matematikai értékelési utasítással nyert minősítő szám vagy függvény. Csak magának a pályának a tulajdonságaira érzékeny. Célszerű felhasználási területe: minden eset, amikor magának a pályának a minősítése a feladat abból a szempontból, hogy mekkora gyorsulásokra kényszeríti a rajta haladó jármű-

vek kerékpárjait. Sztochasztikus értékelési módszert igényel.

Futásbiztonság. A pályán haladó jármű azon tulajdonságainak az összessége, amelyek a jármű kisiklását okozhatják olyan pályán is, amely mindenben megfelel a rá vonatkozó műszaki követelményeknek. (E problémakörrel nem foglalkoztam kutató munkámban. Okát a disszertációban leírtam.)

Vezetésbiztonság. A pályán haladó, definiált tulajdonságú mérőkerékpár csapágytokjain mért gyorsulás-jelből digitális jelszintfigyeléssel és digitális matematikai eljárásokkal nyert információ, amely azt fejezi ki, hogy a pálya valamely adott helyén kisiklási veszély áll fenn olyan járműre vonatkozóan is, ami mindenben megfelel a rá vonatkozó műszaki követelményeknek. Csak magának a pályának a tulajdonságaira érzékeny. Célszerű felhasználási területe: minden eset, amikor magának a pályának a minősítése a feladat a kisiklás elleni biztonság szempontjából. Determinisztikus értékelési módszert igényel.

Futásjóság témaköre

2. Megállapítottam és bizonyítottam, hogy a vasutak által használt ún. „futásjóság mérési” módszerek a szakmai közhittel ellentétben sem elvben, sem gyakorlatban nem alkalmasak a járművek műszaki tulajdonságainak kellő pontosságú minősítésére, ezért helyettük új módszert dolgoztam ki. Ezen belül:

- 2.1 Kimutattam, hogy a hagyományos „kézi” kiértékelési módszer hibája kiküszöbölhetetlenül nagyobb a még elfogadhatónál.
- 2.2 Kimutattam, hogy a vasutak által használt futásjóság mérőszámok legalább annyira érzékenyek a pálya tulajdonságaira, mint

a járműére. (Mai szemlélettel ezért azt lehetne mondani, hogy ez az érték a jármű helyett magát a „pálya-jármű rendszert” minősíti.)

2.3 Tfirst Gyula feltaláló társammal közösen létrehoztunk egy elektronikus célműszert, ami a világon először lehetővé tette a „Sperling-féle jósági szám», az «ORE szerint fáradási érték» és a gyorsulásfüggvény más jellemzőinek az egzakt, egyértelmű közvetlen mérését és regisztrálását. Ez a berendezés sok országban szabadalmat kapott.

2.4 Új, a vasúti konvencióktól eltérő eljárást alakítottam ki, ami az elektronikus futásjóságmérő műszer által biztosított igen nagyfokú pontosság és felbontó képesség mellett szükségtelené tette ugyanazon pályaszakasz többszöri bejárását lépcsősen növelt sebesség mellett, helyette elegendővé tette egyetlen pályaszakasz egyszeri bejárását állandó gyorsulás mellett. Ez pénzben és időben nagyságrendi megtakarítást jelent a hagyományos módszerhez képest információvesztés nélkül.

Rugózásjóság témaköre

3. *Eljárást és mérőberendezést fejlesztettem ki az általam definiált rugózásjóság közvetlen műszeres mérésére, mégpedig két változatban.* Ezen belül:

3.1 Az alapesetet képező változat lényege: egyidejűleg mérni kell a vizsgált jármű egy vagy több csapágytokjának a gyorsulását, és a jármű szekrény egy vagy több pontjának a gyorsulását. A két gyorsulásjel (csoport) összevetésével meg kell határozni a jármű-rugózás, mint „szürke doboz” átviteli karakterisztikáját. E karakterisztika a rugózás tulajdonságaira vonatkozó valamennyi lényeges információt tartalmazza. A minősítő érték a ko-

csiszekrényben felvett gyorsulás jel(ek) egy vagy több – megállapodászerűen kiválasztott – tulajdonságának az aránya, célszerűen logaritmikus skálán, pl. decibelben.

3.2 A másik változat alkalmazásához egy speciális új mérőberendezést és mérési módszert dolgoztam ki, amit *etalonkocsi* módszernek neveztem el. Ennek lényege; a vizsgált jármű egy vagy több csapágytokján egy olyan lengő rendszert kell elhelyezni, amelynek lengéstan jellemzői megfelelnek valamely kiválasztott valódi járműének. Ez az „etalonkocsi” tehát a pályáról jó közelítéssel ugyanazt a gerjesztést kapja, mint a vizsgált jármű saját rugózása ugyanettől a csapágytoktól. Az etalonkocsi tömegében és (célszerűen felette) a valódi kocsi tömegében gyorsulást kell mérni. A két gyorsulás-jel összevetése annak felel meg, mint ha a «szürke doboz» képező vizsgált jármű ismeretlen átviteli karakterisztikáját egy ismert rendszer átviteli karakterisztikájához hasonlítanánk. A viszonyszám vagy függvény, hasonló relatív rugózásmínősítést tesz lehetővé, mint két, együtt mért valódi kocsi rugózásának az összevetése. Csak annál egzaktabbat. Ez az eljárás és berendezés találmányomat képezi, és rá sok országban Ganz-MÁVAG szabadalmat kapott.

3.3 Megvalósítottam az etalonkocsi elektronikus célműszerré fejlesztett változatát. Ez a mechanikai lengő rendszer villamos modellje, ami bemenő jelként a kiválasztott csapágytokokon mért gyorsulás-jelet kapja a mechanikai gyorsulás helyett. Így mérés közben is tetszőlegesen állíthatóvá teszi a lengéstan paramétereit, továbbá lehetővé teszi a gyorsulás jelek helyett a különféle futásjósági értékek összevetését is.

3.4 Rendszeridentifikációs módszert dolgoztam ki az etalonkocsi elektronikus változatának felhasználásával annak elérésére, hogy közvetlenül és gyorsan meg lehessen találni egy tetszőleges struktúrájú lineáris lengő rendszemek azt a paraméter-kombinációját, amely mellett ennek a rendszernek, mint modellnek a viselkedése sztochasztikusan a lehető legjobban megközelíti a vizsgált járműét.

Vezetésjóság témaköre

4. *Eljárást és mérőberendezést fejlesztettem ki az általam definiált vezetésjóság közvetlen műszeres mérésére és értékelésére.* Ezen belül:

4.1 Megállapítottam, elméleti számításokkal és gyakorlati kísérletekkel bizonyítottam, hogy az akkori szakmai közhittel teljes ellentétben – hibamentes alakmérés feltételezése esetén is – akár a pálya, akár a jármű futástechnikai minőségében nem a pálya „geometriai alakjának”, hanem abból levezethető, a geometriai méretekkel nem arányos tulajdonságának, közelebbről a geometriai függvény második deriváltjának van jelentősége.

4.2 Kimutattam, hogy a szakmai közhittel ellentétben a vasutak hagyományos, ún. felépítmény vizsgáló mérőkocsival végzett mérései elvi okok miatt sem képesek azt a «pályaalakot» hibamentesen regisztrálni, amelyen végighaladnak. (Ez alól csak a legutóbbi időszakban van – valószínűleg – kivétel két nyugateurópai vasút újszerű mérési módszerei mellett.)

4.3 Megállapítottam és mérésekkel igazoltam, hogy a pálya alakja nem valami állandónak tekinthető tulajdonság, hanem a rajta éppen haladó járművek szerkezetétől, fizikai paramétereitől és sebességétől el nem hanyagolha-

tó mértékben függ. Ez a függőség fokozottan fennáll a gyorsulások tekintetében.

4.4 Kimutattam, hogy a vezetésjóságot minősítő érték mindig csak egy elejével-végével meghatározott pályaszakaszra értelmezhető, másik pályaszakaszra automatikusan nem vihető át.

4.5 Megállapítottam, hogy a nyomcsatorna létezése és a kerék/sín érintkezés mechanikája miatt nem egyedül a sínszalak térbeli helyzete a mértékadó, hanem az, hogy a vágányon egy definiált fizikai tulajdonságokkal bíró hibátlan vasúti kerékpár hogyan fut végig. Ennek alapján kimutattam, hogy a sínszalak oldalát – akár mechanikusan akár másképp – „tapogató” vasúti pályamérési módszerek nem alkalmasak annak a gerjesztő függvénynek a meghatározására, ami viszont a jármű mozgását megszabja.

4.6 Megterveztem a mérőkerékpárt, mint azt a mérőátalakítót, amely lehetővé teszi a pálya-jármű rendszer futástechnikai vizsgálatának és minősítésének teljesen új alapokra helyezését. Ennek lényege: normalizált tulajdonságú vasúti kerékpár, amelyet alkalmas szerkezet vontat a pályán, mégpedig oly módon, hogy ismert konstans „függőleges” terhelő erőn és a (mérhető) vontató erőn kívül csak a pályától származó erők hatnak rá. Ennek a mérőátalakítónak a kimenő mennyisége a pályahatást leképező villamos jel.

4.7 Megterveztem – két változatban is – azt az új eljárást, ami a mérőkerékpár felhasználásával a pálya determinisztikus hatásának a feltárására alkalmas. Az egyiknek a lényege: ugyanannak a pályaszakasznak legalább kétszeri bejárása, majd a mérőkerékpártól

származó gyorsulásjelek korrelációs értékelése. A másik módszer lényege: egyidejűleg két mérőkerékpár alkalmazása és a tőlük származó gyorsulás jeleknek a kerékpárok relatív távolságát figyelembe vevő keresztkorrelációs értékelése. A pálya gerjesztő hatásának determinisztikus komponense mindkét esetben az a hatás, ami az egyes regisztrátumok közt szignifikáns korrelációt mutat, a többi pedig a sztochasztikus komponens, vagyis a nem a pályától függő véletlenszerű hatások összessége.

4.8 Javasolható módszert dolgoztam ki a pálya vezetésjóságának a minősítésére. Ennek lényege: a mérőkerékpár kimenő gyorsulásjelének, mint folyamatnak a matematikai statisztikai jellemzőivel történő leírása, célszerűen ezeknek adott idő-ablak melletti gördülő kiértékelése és az eredménynek a pálya hosszkoordinátájához rendelése.

4.9 Módszert dolgoztam ki a pálya energia disszipáló képességének, ennek a fontos, ez ideig azonban a vasutak számára hozzáférhetetlen pályajellemzőnek a közvetlen mérésére. Ennek lényege: a mérőkerékpár vontatásához szükséges erőnek a megtett út függvényében történő folyamatos mérése. A vontató erőnek és az útnak a szorzata a mérőkerékpár aktuális adatai mellett keletkező disszipáció.

Vezetésbiztonság témaköre

5. *Elméleti vizsgálataim és kísérleti tapasztalataim alapján a „mérőkerékpárra” alapozott, a hagyományostól eltérő koncepciójú új vizsgálati módszert dolgoztam ki azoknak a pályahelyeknek az észlelésére, ahol az általam „dinamikus típusúnak” és „rezonanciális típusúnak» nevezett kisiklás potenciális veszélye fennáll. Ezen belül:*

5.1 Módszert dolgoztam ki a pálya

dinamikus típusú kisiklás elleni vezetésbiztonságának az értékelésére. Ennek a lényege: a mérőkerékpár kimenő gyorsulásjelét az út függvényében folyamatosan kell figyelni, komparátorral előre adott egy vagy több referencia szinthez kell viszonyítani, és e szint(ek) előre megszabott időtartamnál hosszabb ideig tartó átlépésének helyét rögzíteni kell.

5.2 Módszert fejlesztettem ki – két változatban – a pálya rezonanciális típusú kisiklás elleni vezetésbiztonságának az értékelésére is. Az egyik módszer lényege a digitális «gyors Fourier transzformáció» (FFT) alkalmazása, a másiké egy speciális, célszámítógépben (fis) megvalósítható szoftver, ami egy időablakon belüli környezet átlagából kiemelkedő impulzusok periodikus voltát képes felismerni és frekvenciájukat is meghatározni.

Jármű lengéstani vizsgálatának témaköre

6. Terveztem és egykori osztályomon létrehoztam egy olyan világviszonylatban új, hordozható vizsgáló berendezést, ami alkalmas arra, hogy bármely vasúti járműnek valamennyi kritikus lengéstani tulajdonságát igen rövid idő alatt nagy pontossággal meg lehessen határozni illetve regisztrálni. Ennek megalkotásakor hasonló célú berendezés Európában csak egy volt ismeretes, az azonban egy nagyságrenddel drágább volt, egy épületet töltött be, szolgáltatása illetve használhatósága pedig jóval kevesebb volt, mint a mi berendezésünknek. Ez a vizsgáló berendezés is sok országban kapott szabadalmat. A berendezéssel több új tudományos eredményt kaptam. Ezen belül

6.1 Kimutattam a vasúti járműveknek egy olyan speciális önlengésmódját, ami csak egyes fizikai jellemzők bizonyos érték-kombinációja mellett alakul ki, akkor azonban váratlan

következményekkel járhat. Ezt „legyező mozgásnak” neveztem el, és létezése nem csak számomra, de a konstruktőrök számára is meglepő volt.

- 6.2 Módszert dolgoztam ki a vasúti jármű bármelyik önlengésmódjához és azon belül bármekkora lengés-amplitúdójához tartozó lengéscsillapítási munka közvetlen mérésére. Ugyanennek a fizikai mennyiségnek a mérésére mai napig sem létezik más módszer.

A kutatás perspektívájának témaköre

7. Az eddigiekben sorolt kutatási eredmények összessége számomra körvonalazta azt az utat, amin a legközelebbi jövőben tovább célszerű haladni, és amin a szakma általános színvonalához képest ismét előjáró eredményeket lehet várni. Felismerésem lényege: a vasúti pályát, mint lengő rendszert is „fekete doboznak” kell tekinteni aminek bemenő jele a mérőkerékpár – mérhető – mozgása és kifejtett erőhatása. E kétféle fizikai mennyiség meghatározza a „fekete doboz” bemeneti mechanikai impedanciáját, ami azonban helyről-helyre más és más lehet. Ez valószínűségi változóként kezelhető, aminek létezik a „várható értéke”, „szórása” és minden olyan jellemzője, ami a sztochasztikus folyamatok elméletéből közismert. Az így nyert értékek azután a pálya minőségének számszerű (függvényyszerű) megadását teszik lehetővé, továbbá arra is alkalmasak, hogy a mért pályának megalkossuk a tulajdonságait optimálisan megközelítő lineáris modelljét.

A TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSA

Az előző részben hét csoportra tagolva ismertettem a tudományos kutató munkával elért eredményeket. A kö-

vetkezőkben, ugyanebben a csoportosításban vázolom a hasznosításuk módját.

A „pálya-jármű rendszer” fogalma ma már általánosan elterjedt, azzal összhangban sokan kezdik már vizsgálataikat rendszerszemlélettel végezni. A futástechnikával kapcsolatban általam definiált öt fogalom még nem közkinccs, a Műszaki Egyetemen folyó, OTKA által finanszírozott kutató munka keretében használjuk

A „futásjóság mérés” témakörében az iparban dolgozó mérnökök és a BME illetékes tanszékei számára ma már kézenfekvő, hogy a konvencionális futásjósági mérőszámok a járművek rugózásának minősítésére alkalmatlanok Egyes vasutak ezzel szemben még ma is használják Az elektronikus műszer – szabadalmazás és publikálás következtében – Európában és Amerikában is ismertté vált, az ORE szakembereinek a Ganz-MÁVAG és a MÁV együttesen mutatta be. A Ganz-MÁVAG több évtizede használja igen eredményesen napi feladatai megoldásához.

A „rugózásjóság” mint fogalom ismertetése megtörtént. Szabadalomból, valamint az ORE és az OSZSZD részére készített publikációból minden vasút is megismerhette, Ezt is bemutatta az ORE delegációjának a Ganz-MÁVAG és a MÁV közösen. A MÁV mint fontos kutatási eredményt ismertette külföldi konferencián, a Ganz-MÁVAG pedig Londonban és Teheránban. A Ganz-MÁVAG sok mérést végzett ezzel a módszerrel is.

A „vezetésjóság” fogalma – ezzel az elnevezéssel – a már említett OTKA munka keretében jött létre, azonban a mérésére kidolgozott módszert a Ganz-MÁVAG a hatvanas évek óta ismeri és alkalmazza. De nem „mérőkerékpárral”, mert az nem készült, hanem csak valóságos járművek csapágytokjain végzett mérésekkel. Ismeri a MÁV is a módszert, gyakorlatban is meggyőződött használhatóságáról, azonban nem alkalmazza, mert egyelőre más módszerekkel próbálkozik Az ismételt hivatkozott OTKA kutatás keretében

a jövő évben varható egy „mérőkerékpáros” kísérleti vasúti jármű létrehozása.

A „vezetésbiztonság” fogalma – ezzel az elnevezéssel – ugyan csak a legutóbbi időben, az OTKA munka keretében jön létre, és nem került még nyilvánosságra. Magát a módszert azonban már a hatvanas évek elején a Ganz-MÁVAG és a MÁV együttesen – igen eredményesen – kikísérletezte. A MÁV megrendelésére készült is egy olyan elektronikus célműszer, ami ezt az eljárást megvalósítja. Üzemszerűen a MÁV azonban soha sem használta, helyette azóta is más módszerekkel próbálkozik, meg sem közelítve azonban a Ganz-MÁVAG-ban elért eredményeinket. A rezonanciális kisiklások veszélyét kimutató módszer csak számítógépi modellekben létezik egyelőre, teljes megvalósítása az OTKA kutatás keretében történik majd meg.

A járművek lengéstani vizsgálatára szolgáló berendezést a Ganz-MÁVAG megszámlálhatatlanul sok, napi konstrukciós problémájának a megoldására használta, de megvalósult a győri vagongyárban és Rigában is. Szabadalmából, publikációkból, bel- és külföldi ipari vásáron bemutatásból itthon és külföldön az érdekeltek megismerhették.

Végül meg kell említeni, hogy a BME két Tanszékén folyó, OTKA finanszírozású kutatómunka keretében szinte valamennyi eredmény, amiről a fentiekben szó volt, új szerepet kap, beolvad annak az egységes módszernek a létrehozásába. amit ki kívánunk dolgozni a pálya-jármű rendszer problémáinak teljesen új alapokon történő, a tudomány és technika legújabb elméleti és gyakorlati módszereit ki- és felhasználó megoldására.

A TÉZISEK TÉMAKÖRÉT ÉRINTŐ SAJÁT PUBLIKÁCIÓK

Destek, M.: Eljárás és berendezés járművek futási tulajdonságainak vizsgálatára 146561 1.sz. szabadalom. 1957. (Plusz külföldi szabadalmak)

Destek, M.: Vasúti járművek rugózási tulajdonságainak mérése 1958. évi kutatási jelentés, Ganz-MÁVAG

Destek, M.: Eljárás és berendezés járművek objektív futásjellemző függvényének megállapítására. 147088 1s. szabadalom, 1958. (Plusz külföldi szabadalmak)

Destek, M. – Tfirst, Gy.: Eljárás és berendezés adatfeldolgozáshoz különösen vasúti járművek futásának minősítésénél 151808 1. sz. szabadalom, 1962. (Plusz külföldi szabadalmak)

Destek, M.: új eljárások és mérőberendezések a vasúti járművek futási tulajdonságainak és mozgásának mérésére Akadémiai pályázat, 1963. szeptember

Destek, M.: Neues Verfahren zum Messen der Federungsgüte der Eisenbahnfahrzeuge OSZS-ZSD Zeitschrift, 1964, 2. sz.

Destek, M.: Új eljárások vasúti járművek rugózásmínőségének mérésére Ganz-MÁVAG Közlemények, 1964, 34. sz.

Destek, M.: Újabb kutatási eredményeink a futásjóság mérések területén Ganz-MÁVAG Közlemények, 1966, 37. sz.

Destek, M.: A jármű, mint lengő rendszer. Futástechnikai konferencia, Veszprém, 1966.

Destek, M.: The vehicle swinging equipment of Ganz-MAVAG Hungarian Heavy Industries, 1966, IV. n.

Destek, M. – Tfirst, Gy.: Instrument for ride-testing Ganz-MÁVAG/Közdok. 1969

Destek, M.: Futásjósági szám mérése vasúti járműveknél Járművek és mezőgazdasági gépek, 9. évf.

Destek, M.: A pálya gerjesztő hatásának vizsgálata II. Futástechnikai konferencia, Budapest, 1971.

Destek, M.: Előadássorozat 1974-75-ben a Közlekedéstudományi Egyesület speciális munkabizottságában pályajármű kölcsönhatás témakörben

Destek, M.: A vasúti pálya és jármű kölcsönhatásának rendszerszemléletű vizsgálata Közlekedéstudományi Szemle, 1974, 6. sz.

Destek, M.: Futásbiztonság és pályamérés IMSZI Tudományos kiadvány, 1975/10.

Destek, M.: A járművek futásbiztonságát csökkentő okok feltárása és kiküszöbölése III. Futástechnikai szeminárium, Siklós, 1975.

Destek, M.: Pálya-jármű rendszer Budapest. KÖZDOK. 1976.

Destek, M.: Differenciálgeometriai pályaszemlélet és konstrukció Előadás a KTE-ben, 1979, november.

Destek, M.: Pálya-jármű rendszertantárgy előadása, BME Járműgépészeti Intézet, Spec. kollégium a járműgépész szakmérnöki szakon, 1988.

Destek, M.: Pálya-jármű rendszer komplex vizsgálata és mérés technikája KTE tudományos konferencia IV., Velem, 1991.

Destek, M.: A pálya-jármű rendszer komplex vizsgálata és mérés technikai elvei 391. sz. OTKA kutatási részjelentés, 1993. p.49-57.

Destek, M.: A pálya-jármű rendszer kísérleti és mérés technikai célfeladatai 391. sz. OTKA kutatási részjelentés, 1993. p.191-216.

A TÉZISEK TÉMAKÖRÉVEL KAPCSOLATOS EGYES PUBLIKÁCIÓK

Helberg, W.-Sperling, E.: Verfahren zur Beurteilung der Laufeigenschaften von Eisenbahnwagen Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens; 1941, Nr. 12.

Méthodes d'appréciation de la qualité de marche d'un véhicule, UTC/ORE C116 RP No.8.

Szemkeő, G.: Pályasík torzulása és mérése a vasútnál, Közlekedéstudományi Szemle, 1965, 7.sz

Futástechnikai konferencia gyűjteményes anyaga, KTE-Veszprém, 1966.

Krettek, O.: Verfahren zur Ermittlung der Wagenlaufgüte aus dem Frequenzgang des Fahrzeuges, Eisenbahntechnische Rundschau, 1970, April.

2. Vasúti Futástechnikai Konferencia gyűjteményes anyaga, KTE-Budapest, 1973. okt.

Weigend, M.: Beschleunigungsmessungen zur Qualitätskontrolle im schnellbefahrenen Netz, ETR 1974, No.6.

Tfirst, Gy.: A vasúti pálya deformációja különböző sebességek esetén, Járművek és Mezőgazdasági Gépek, 1974, 12.sz.

Megyeri, J.: Kinematikai mozgásjellemzők differenciálgeometriai meghatározása nagysebességű íves vasúti pályákon, Közlekedéstudományi Szemle, 1976, 2.sz

Megyeri, J.: A magasabb rendű kinematikai jellemzők szerepe a kitérők geometriai kialakításánál, Közlekedéstudományi Szemle, 1977, 6. sz.

III. Futástechnikai Szeminárium gyűjteményes anyaga KTE-Siklós, 1978.okt.

Ferenczi, M.: Vasúti kocsi kereszttirányú szabad rezgéseinek stabilitása, Járművek és Mezőgazdasági Gépek, 1981, 2.sz.

Gärmer, H.: Auslegung von Schienenfahrzeugen unter Beachtung der Fahrbaheigenschaften, AET, 1981, No.36.

Weigend, M.: Die – on line – Bewertung der Gleisgeometrie mit Hilfe von elektronischen Rechengertäten in den Gleismotortriebzügen der Deutschen Bundesbahn, ETR 1982, No.11.

IV. Országos Vasúti Futástechnikai Szeminárium gyűjteményes anyaga, KTE-Pécs, 1983. jan.

Megyeri, J.: A vasúti felépítmény mérettűréseinek mozgásgeometriai vizsgálata, Közlekedéstudományi Szemle, 1983, 5. sz.

Tfirst, Gy.: A vasúti járművek futásminősítésének időszerű kérdései, Járművek és Mezőgazdasági Gépek, 1983, 10. sz.

Deepak, D.: Die Transferfunktionen von Eisenbahnfahrzeugen durch Impulsversuche Schienen der Welt. 1983, Aug./Sept.

Rajaram, B.: Eine einfache Näherungslösung zur Untersuchung des Verhaltens von Schiene und Fahrzeug. Schienen der Welt. 1983, Mai.

Esveld, K.: Senkrechte Gleisgeometrie Fehlerarten. Fehlermessung und Berichtigung. Schienen der Welt. 1983, Febr.

Fortin, J.: Dynamic track deformation, French Railway Review, 1983, No.1.

Janin, G.: Maintaning track geometry, French Railway Review. 1983, No.1.

Lewis, R.B. – Conway, K.D.W.: On-Board Datenverarbeitung für Gleismesswagen. Schienen der Welt. 1984, Jan.

Esveld, C.: Q-Norm: Qualitätsnormung der Gleisgeometrie, Schienen der Welt. 1984, Jun.

Joly, R.: Querstabilität von Schienenfahrzeugen. Möglichkeiten des „Rad-Schiene“ Führungssystems. Schienen der Welt, 1984, Jul.

Rajaram, B.: Eine neue Theorie für das Zusammenwirken von Rad und Schiene. Schienen der Welt. 1984, Apr

Nefzger, A. – Bergander, B.: Das Zusammenwirken von Rad und Schiene. ETR 1985, Jan/Febr.

Nöthen, J.: Sinuslauf Wellenlauf. Zickzacklauf. ZEV-Glasers Annalen. 1985, Feb./ Marz.

Baluch, H. – Semrau, A.: Konzept für eine Feststellungsverfahren der Oberbaubeschaffenheit in den 90er Jahren. Schienen der Welt. 1985, Mai.

Esveld, C.: BMS: Das neue NS-Gleismesssystem, Schienen der Welt, 1985, Jun.

Görlitz, W.: Rad/Schiene Vorschung in der Bundesrepublik Deutschland ZEV-Glasers Annalen. 1985, Jun./Jul.

Eisenmann, J.: Oberbauforschung-Oberbautechnik ETR 1985, No.10.

Frederich, F.: Unbekannte und ungenutzte Möglichkeiten des „Rad-Schiene“ – Führungssystems. Schienen der Welt. 1985, Nov.

Wallrapp, O. – Jaschinski, A.: Dynamische Simulation mechanischer Systeme mit ME-DYNA – ein Rechenprogram zur Analyse und Auslegung, ZEV-Glasers Ann. 1985, N0.12. .

Zobory, I. – Györik, A. – Szabó, A.: Dynamic loads in the drive system of railway traction vehicles due to track unevenness, Periodica Polytechnica, 1987.

Simonyi, A.: A vasúti pályaminőség meghatározásának módszerei, Minőség és Megbízhatóság. 1988, 1. sz.

Weber, W.: Die Gleisbogenachse als räumliches Kurvenstück. ETR 1990. Jan./Feb.

Sunaga, M. – Sekine, E. – Ito, T.: Vibration Behaviours of Roadbed on Soft Grounds under Train Load. QR of RTR1 1990, No. 1.

Pálya-jármű rendszer, Tudományos konferencia gyűjteményes anyaga KTE-Velem 1991. okt.

Esveld, C.: Grundsätze der Überwachung und Bewertung des Gleiszustandes, Schienen der Welt, 1992, Jan.

Zobory I.: Vasúti vontatójárművek hajtásdinamikája, MTA doktori disszertáció.1992.

(Szerk. megjegyzése: A szerző szakmai pályafutását a Vasútgépészet 2020. 1. számában olvashattuk.)