

BÉRES ISTVÁN

Ny. MÁV mérnök főtanácsos

A 250 km/h sebességre alkalmas GH250-3 típusú forgóváz a hazai járműfejlesztés jelentős sikere

Összefoglaló

A mintegy nyolc évtizedes múltú hazai forgóváz fejlesztés mindvégig a vasúti szakemberek érdeklődésének középpontjában állt. A céltudatos munka – az állandó tökeszegénység ellenére – fokozatosan egymásra épülő, újabb és a kor mindenkori színvonalának megfelelő típusok megjelenésében valósult meg. Cikkünk 1. részében a fenti fejlődés fontosabb lépcsőfokait igyekszünk felvázolni. A 2. részben pedig a DB Minden Kutatási és Kísérleti Központja által elvégzett vizsgálatok eredményeit ismertetjük. A futásbiztonság, a pálya igénybevétel és a futásjóság meghatározása érdekében végzett, rendkívül magas színvonalú vizsgálatok eredményei azt bizonyítják, hogy a GH 250-3 típusú forgóváz a vonatkozó UIC döntvényekben, illetve az európai normákban lefektetett követelményeknek megfelel.

BÉRES, ISTVÁN

*Dipl.-Ing.
MÁV-Oberbaaurat, i.R.*

Drehgestell Typ GH250-3 für 250km/h Geschwindigkeit – bedeutender Erfolg der Schienenfahrzeugentwicklung in Ungarn (Teil 1)

Zusammenfassung

Die Entwicklung von Drehgestellen für Schienenfahrzeuge war während der letzten ca. 8 Jahrzehnte umfassenden Zeitspanne stand stets der Mittelpunkt der Interesse der Eisenbahnfachleute in Ungarn. Die zielstrebige Arbeit liess sich – trotz andauerndem Kapitalmangel – in Form von stufenweise nacheinander folgenden neuen, dem technischen Niveau des jeweiligen Zeitalters entsprechenden Type realisieren. Teil 1 des Beitrags behandelt die wichtigsten Stufen dieser Entwicklung, im Teil 2 erfolgt die Angabe die Ergebnisse der durch DB Forschungs- und Versuchszentrale Minden durchgeführten Untersuchungen. Die Ergebnisse der für die Ermittlung der Laufsicherheit, Streckenbeanspruchung und Laufgüte durchgeführten Untersuchungen höchster Niveaus haben bestätigt, wonach das Drehgestell Typ GH 250-3 die in den diesbezüglichen UIC-Kodexen bzw. Europäischen Normen getroffenen Anforderungen erfüllt.

ISTVÁN BÉRES

Retired MÁV senior engineer councillor

The Bogie Type GH250-3 for 250 km/h is the Remarkable Success of the Hungarian Rolling Stock Development (Part 1.)

Summary

The development of the bogies in Hungary has same some 80 years old history, which was always in the limelight of the railway experts. The ambitious work resulted in the appearance of the up to date types of the era developed from the earlier versions, despite the constant lack of capital. The more important stages of the development mentioned above are drawn up in the first part of the article, and the test results of the Research and Experimental Centre of the DB in Minden are reviewed in the second part. The results of the high-quality tests demonstrate that the type GH250-3 bogies meet the requirements of the UIC leaflets and EN norms concerning the running safety, track load and running dynamic behaviour. from the.

I. Bevezetés

A vasúti városközi személyszállítás évszázados törekvése, hogy az utas a kiinduló állomástól – a biztonság és az utazási komfort követelményeinek figyelembe vételével – minél rövidebb idő alatt jusson el a célállomásra. Ezt első fokon menetrend-szervezési módszerekkel, például a közbenső megállások nélküli menetrendek kialakításával érték el. Jelentős rövidítést azonban csak a menetsebesség növelése révén lehet megvalósítani.

Az európai vasúthálózat a 20. század első évtizedéig kiépült és a vasút egyeduralmává lett a távolsági közlekedésben. (A közúti gépjármű közlekedés később a két világháború között indult gyors fejlődésnek.) A II. világháborúban a hadi szállítások legfontosabb ágazata a vasút volt, ezért az ellenséges hatalmak igyekeztek lerombolni egymás vasútjait. A háború után a vasúti infrastruktúra helyreállítása igen nagy beruházást igényelt, a szükséges tőke azonban hiányzott. Így a helyreállítás csak igen lassú ütemben történt, a tőkehiány volt az oka, hogy a kelet-közép-európai államokban az a hivatalos álláspont alakult ki, hogy 120 km/h-nál nagyobb sebességre nem kell törekedni. A hatalmas háborús rombolások helyreállítását követően a MÁV csak a múlt század nyolcvanas éveiben kezdett a sebességemelés

gondolatával foglalkozni. A legnagyobb sebességű nemzetközi vonat, a Lehar EC Hegyeshalom és Győr között 134 km/h, míg a többi vonalrészén 105 km/h menetrend szerinti sebességgel közlekedett Budapest-Bécs-Südbahnhof között. Így a menetideje 2 óra 32 percre adódott.

Az eljutási idő tekintetében a vasút a közúti közlekedés és a repülés közötti intervallumban maradt versenyképes. Ehhez legalább azt kell elérni, hogy vasúton történő utazás esetén az eljutási idő a kétharmadára, még inkább felére csökkenjen a közúti eljutási időnek. Ezek a követelmények 100 km/h közúti utazási sebességet feltételezve, a vasúton 150 km/h, illetve 200 km/h utazási sebességet igényelnek. A szükségszerűen kisebb sebességre engedélyezett vonalrészeket is feltételezve, a nagysebességre alkalmas szakaszokon a 200 km/h, illetve 250 km/h sebességgel kell haladni.

A vasúti kutatások szerint 4 órára tehető az a maximális utazási idő, amit az utas különösebb fáradtság érzet nélkül visel el a vasúti kocsiban. Az előző adatok figyelembe vételével 600-800 km-re becsülhetjük azt a távolságot, ahol a vasút a jelenlegi körülmények között – a személy közlekedésben – mind a közúti, mind a légi közlekedéssel szemben versenyképes. A fenti távolságok jó közelítéssel megegyeznek az Európán belüli nagy ipari központok közötti távolságokkal.

Egy évtizeddel a II. világháború befejezése után az SNCF



1.a. ábra: SNCF CC 7107 sebességrekorder villamos mozdonya a Mulhouse vasúti múzeumban tekinthető meg (Fotó: Kovács Károly)

Abb. 1a: ausgestellt im Eisenbahnmuseum Mulhouse

Fig 1.a The speed champion electric locomotive of SNCF No. CC 7107 can be seen in the Mulhouse Railway Museum.



1. c ábra: A rekordkísérlet következtében deformált vágánymező

Abb. 1c: „Sinus“-Gleis” nach der Versuchsfahrt

Fig 1.c The “sinusoidal” track after the running test



1.b. ábra: A Mulhouse Vasúti Múzeumban kiállított BB 9104. psz. mozdony, az általa felállított 331 km/h sebességrekordra emlékeztető táblával (Fotó: Kovács Károly)

Abb. 1b: Die im Eisenbahnmuseum Mulhouse ausgestellte Lokomotive Nr. BB 9104 Lokomotive mit Tafel über den Geschwindigkeitsrekord (Aufnahme: Kovács, Károly)

Fig 1.b The locomotive No. BB 9104. with the memorial tablet reminding for the world speed record is exhibited in the Mulhouse Railway Museum (Photo: Károly KOVÁCS)

vezető szakemberei már a nagysebességű vasúti közlekedésről gondolkodtak. Erre utal, hogy 1955. március 28-29-re nagysebességű próbameneteket vezettek be Bordeaux-Hendaye állomásközbén.

A helyi pályafenntartási szolgálat a mérésre kijelölt pályaszakaszt az akkori technológiának megfelelően, gondosan kiszabályozta. A próbamenetek során a CC7107 psz.-ú mozdonnal 325 km/h, a BB 9104 psz.-ú mozdonnal 331 km/h maximális sebességet értek el. A próbák befejezése után a próbaszakaszon az 1.c ábrán látható nagymértékű irányhibák jelentkeztek. A pályaszakasz csaknem szabályos

„szinuszos” alakot vett fel.

Szerk. megjegyzése: A vasúti sebességrekordot felidéző videók az alábbi linkeken nézhető meg:

<https://www.youtube.com/watch?v=yAAVx-FSCNk>

<https://www.youtube.com/watch?v=3tGYENK-tGY>

Mai szemmel úgy látszik, hogy a próbamenetek majdnem tragikus kimeneteléhez a vizsgált mozdonyok és a pálya egyaránt hozzájárultak. A mozdony futása a vizsgált maxsebességnél valószínűleg instabil volt. Erre utal az irányhibák közel szabályos szinuszos jellege. A mozdony deformálta szinusz-alakúvá a pályát. A pálya zúzottkő-ágyazata pedig a próbamenteket megelőző aláverés miatt fellazult. A zúzottkő ágyazat szemcséi közötti súrlódás csökkenése miatt, a vágány oldalirányú ellenállása is kisebb lett, így az instabil futásból eredő, megnövekedett oldalirányú erők a vágány maradé deformációját okozták. (1.c. ábra)

A nagysebességű vasúti közlekedés érdekében főleg a nyugat-európai és a japán vasúti járműipar – a vasutakkal együttműködve, hatalmas erőfeszítéseket fejtett ki, melyben a nagysebességre alkalmas forgóváz fejlesztésre irányuló munka nagy szerepet kapott.

Az előzőek alapján felvetődik a kérdés, hogyan tudjuk egy vasúti járműről eldönteni, hogy azt futástechnikai szempontból milyen maximális sebességgel szabad közlekedtetni, feltéve természetesen, hogy a pálya alkalmas erre a sebességre.

A kérdésre röviden válaszolva: a jármű olyan maximális sebességre alkalmas, amelynél vízszintes egyenes vágányon stabilan fut, más szóval a járműre jellemző ún. kritikus sebesség, amelynél a jármű elveszti futás-stabilitását nagyobb, mint a járműre engedélyezett maximális sebesség.

A nagysebességre alkalmas járműveknek azonban „gyengébb” minőségű vágányszakaszokon előforduló lokális pályahibákban is problémamentesen kell áthaladniuk. Lokális hibának tekintve azokat a pályahelyeket, ahol a pálya geometriai-, vagy rugalmassági paramétereiben „ugrásszerű” változás tapasztalható, ezek a következő esetekben idézhetnek elő üzemveszélyes járműdinamikai reakciókat:

- a kerék/sín erők siklási veszélyhelyzetet idéznek elő. (A kritikus érték az ismert „Nadal-formulából” számítható.)
- az oldalirányú jármű/ pálya erők maradót vágány deformációt idéznek elő
- (A kritikus érték Prud’homme-formula szerint számítható.)
- a járműszerkezetben keletkező függőleges és/vagy a keresztirányú gyorsulás következtében a megfelelő lengéskényelem (futásjóság) nincs biztosítva (A megítélés alapja: a gyorsulások négyzetes középértéke, Sperling-féle futásjósági mérőszám.)
- a pályávekben ténylegesen fellépő - kvázistatikus szerkezet oldalgyorsulás meghaladja az üzemi előírásban megengedett mértéket. (Értékét a dőlési tényezőkből lehet meghatározni.)

MÁV viszonylatban az engedélyezhető maximális sebesség megállapítása céljából max. 160 km/h + 10 %, azaz 176 km/h sebességgel lehetett futástechnikai vizsgálatokat végezni.

II. A hazai forgóváz fejlesztés főbb állomásai

A hazai vasúti járműipar történetét áttekintve megállapítható, hogy a hazai vasúti szakemberek is állandó érdeklődést tanúsítottak a forgóváz fejlesztés, gyártás és üzemeltetés iránt. A munka eredménye egyenes vonalú fejlődésben, egymásra épülő újabb és újabb típusok megjelenésében valósult meg.

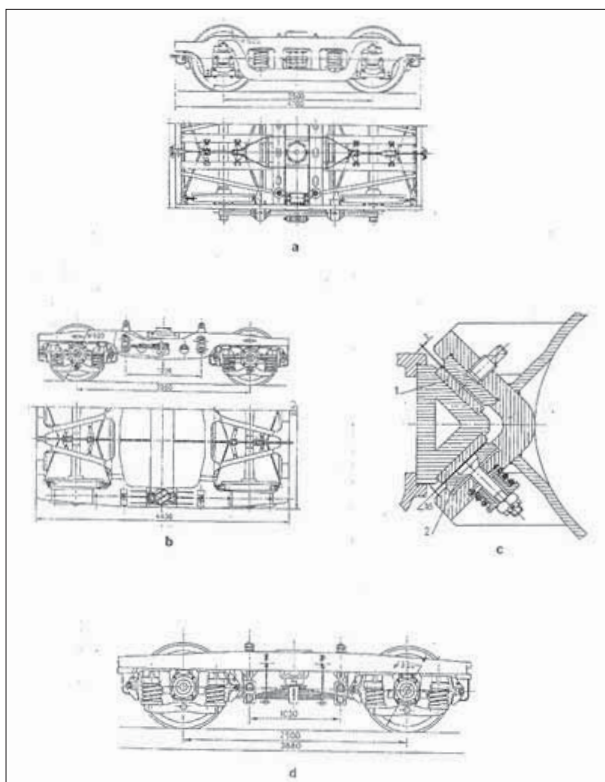
A múlt század 30-as éveiben, hazánkban, a Ganzban gyártott, 2. ábrán látható forgóváz még az amerikai Pennsylvania-típusokra emlékeztet. A szaknyelvben „hattyúnyakúnak” nevezett tartó rugózatlanul támaszkodik a kerékpárokra. A forgóváz jó futási tulajdonságokkal rendelkezett, de nagyobb sebességre, főleg a nagy rugózatlan tömeg miatt nem volt alkalmas.

A nagyobb, max. 120 km/h sebességre alkalmas hazai fejlesztésű, ún. Ganz-Rónai forgóváz az 1940-es évek elején jelent meg. A MÁV és a Ganz-gyár közti jó együttműködésre jellemző, hogy a forgóváz a Ganz cég és Ronai Gyula MÁV mérnök közös szabadalma. Az elegáns kialakítású forgóváz, melyet a Cak sorozatú személykocsiba építették be. Így a szaknyelvben Cak-forgóváznak is nevezett konstrukció a 2.b. ábrán látható.

A forgóváz két fő jellegzetessége:

- a „prizmás” kerékpárvezetés: 2.c ábra
- a szerkezet-forgóváz kapcsolat: 2.b ábra.

A kerékpárvezetés súrlódó jellegű, melynek hátránya, hogy a kopások következtében az ágytok és a vezetővillák között



2. ábra: Az első hazai gyártású személykocsi forgóvázak
 a. Pennsylvani (hattyúnyak-tartás) forgóváz
 b. Ganz-Rónai, vagy Cak forgóváz
 c. Ganz-Rónai prizmás kerékpárvezetés
 d. Kaláka I. forgóváz

Abb. 2: Die ersten in Ungarn hergestellten Drehgestelle
 a. Schwanenhals/Pennsylvanien-Drehgestelle
 b. Drehgestell Typ Ganz-Rónai, oder Typ „Cak”
 c. Prismen-Radsatzführung – System Ganz-Rónai
 d. Drehgestell Typ Kaláka I.

Fig 2 The first passenger coach bogies manufactured in Hungary
 a. The Pennsylvania bogie with swan neck bin
 b. Bogie type Ganz-Rónai or Cak
 c. The prismatic axle guidance type Ganz-Rónai
 d. Bogie type KALÁKA I

ti hézag az üzem során egyre nagyobb lesz, így a kerékpárvezetés fellazul, „kotyogóssá” válik, így már viszonylag kis sebességnél instabil futás alakulhat ki. Az állandó szoros vezetést Rónai az üzemből utánállítható, kéregedett acélbetétekkel igyekezett megoldani. (A kerékpár merev vezetését biztosítja az 2. ábrán látható forgóváz hattyúnyakos kerékpárvezetése is.)

Akkor még nem volt világos, hogy a merev kerékpárvezetés sem feltétlenül ideális, mivel ez esetben a kerékpár-instabilitás helyett, a forgóváz instabilitás léphet fel, tehát az instabilitási határ-sebesség elérésekor nem a kerékpár, hanem a teljes forgóváz kigyózik.

A forgóváz-szerkezet kapcsolat szintén súrlódó jellegű. Elsőként a Hargita motorvonatokon alkalmazott konstrukció. Lényege, hogy az általánosan alkalmazott forgótányér helyett, megfelelő átmérőjű köríven elhelyezett egymáson

elcsúszó vezetékpár, az un. „csúszópofák” révén biztosítják a forgóváz elfordulását a szekrényhez képest. Az elméleti forgáspontot a kocsi végek irányába eltolva, a szekrény szűkítés mértéke jelentősen csökkenthető.

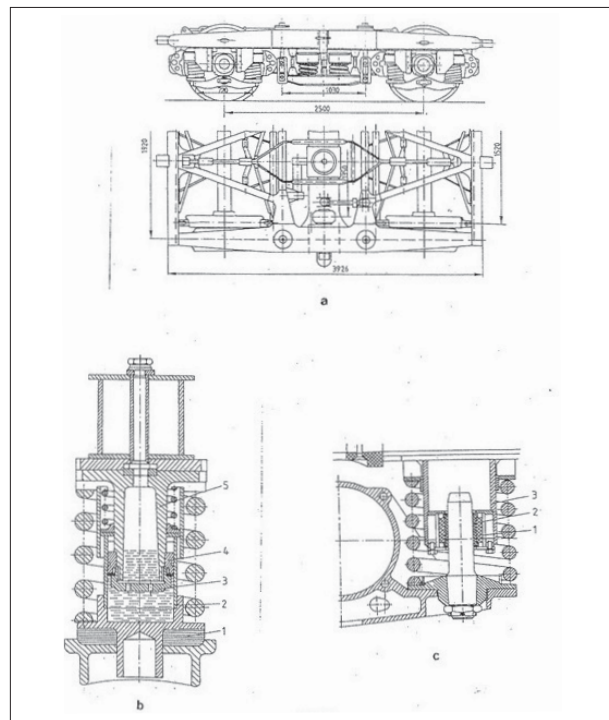
Mindkét konstrukció meghaladta korának szakmai színvonalát, amit az is bizonyít, hogy mind a Ganz-Rónai oldaltámot, mind a prizmás kerékpárvezetést több mint fél évszázadon keresztül sikerrel alkalmazta a magyar vasúti járműipar.

A II. világháborúban tönkretett kocsik pótlására az 1950-es években a MÁV-nál jelentős kocsi beszerzés történt. A Dunakeszi járműjavító – tervező-mérnökei: Kardos-Lánczos-Kalmár a Ganz-Rónai forgóvázat továbbfejlesztve alakították ki a „Kaláka”- típusú forgóvázat. A típus neve a tervezők nevének kezdő-betűiből tevődik össze. A Kaláka forgóváz-típusnak számos változata létezik: Kaláka I-IV., a Győri Kaláka IV, Schlieren vezetéssel. A kiforrott változatú a Kaláka III. forgóváz a 3.a ábrán látható. A kerékpárvezetésnél a Ganz-Rónai konstrukciót megtartották, a forgóvázszerkezet kapcsolatát azonban központi forgótányérral és rugalmas oldaltámokkal valósították meg. A központi forgócsap esetén a forgóváz-elfordulás lényegesen kisebb nyomatékmal valósítható meg, mint a Ganz-Rónai-tám vagy más kialakítású oldaltám esetén. Ez azonban nem feltétlenül előnyös, a túlságosan kis forgónyomaték ugyanis okozhatja a már említett forgóváz instabilitását. A forgató nyomaték szabályozása érdekében alkalmazott rugós-oldaltám előnye, hogy ily módon megosztható a szekrény súlya a központi forgótányér és a rugalmas oldaltámok között. Az elfordulási nyomatékot így bizonyos határok között lehet szabályozni. Fenntartási, takarékosági okokból azonban a rugós oldaltámokat később elhagyták. A Kaláka III. forgóváz gyártását a győri Vagonygyár is átvette és a Ganz-Rónai vezetéssel Schlieren-rendszerű kerékpárvezetésre váltották. Ez esetben vezetést az olajkenésű dugattyú végzi, így lényegében a vezetés a lengéscsillapítás feladatát is biztosítja (3.b.ábra).

III. A rugalmas kerékpár-vezetés és forgóváz-szerkezet kapcsolat megvalósítása

A kerékpárvezetés továbbfejlesztésében átütő változást jelent szintén a Kaláka forgóváz-családból továbbfejlesztett 90-jellegű forgóváz. Ennél a forgóváznál kialakított gumigyűrűs kerékpár vezetéssel a 4.c ábra szemlélteti. A „vezetőcsap” műanyag perselyben mozog, melyet gumigyűrű szorít a vezetőcsapra. Ily módon surlódó-rugalmas kerékpárvezetés jön létre. A rugalmas kerékpárvezetéssel érhető el, hogy a vezetés nem csak szoros (új, beállított állapotú), vagy laza (kopott állapotú) lehet, hanem az szinte tetszőlegesen beállítható és – ha kopó elemet nem tartalmaz –, a beállított érték üzem közben gyakorlatilag nem változik. (4. ábra)

Ezt az elvet igyekeztek a Ganz-Mávag konstruktőrei a MÁV MD motorvonat hajtott forgóvázánál megvalósítani. Az 1960-as évek második felében létrejött konstrukciónál – a 4. ábrán látható módon, a kerékpárvezetés rugalmas-



3. ábra: A Kaláka forgóváz továbbfejlesztett változatai

a. Kaláka II. forgóváz

b. Kaláka-Schlieren forgóváz

c. Rugalmas kerékpárvezetésű 90 jellegű forgóváz

Abb. 3. „Kaláka”-Drehgestelle – nachfolgende Entwicklungsvarianten

d. Drehgestell Kaláka II.

e. Drehgestell - Kaláka-Schlieren

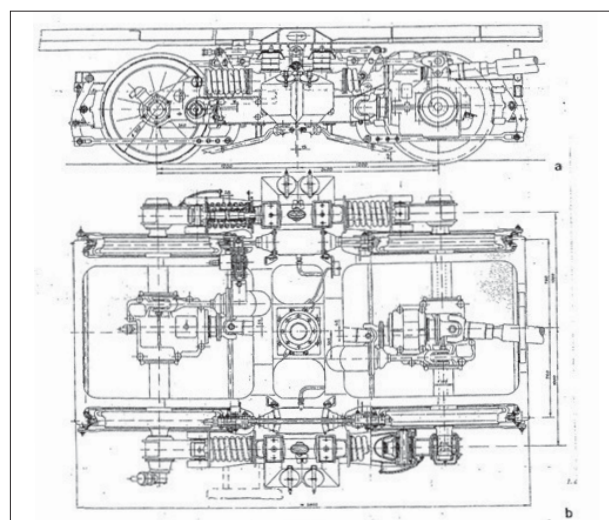
f. Drehgestell - Ausführung 90 mit elastischer Radsatzführung

Fig 3 The developed versions of the bogie type KALÁKA

a. Bogie type KALÁKA II

b. Bogie type KALÁKA-Schlieren

c. The type 90 bogie with flexible axle guidance



4. ábra: MÁV MD forgóváz: rugalmas kerékpárvezetés, rugalmas forgóváz-szerkezet kapcsolat

Abb. 4: Drehgestell MÁV MD: elastische Radsatzführung, elastische Drehgestell-Wagenkastenverbindung

Fig 4 Bogie type MÁV MD with flexible axle guidance and flexible bogie-coach body connections

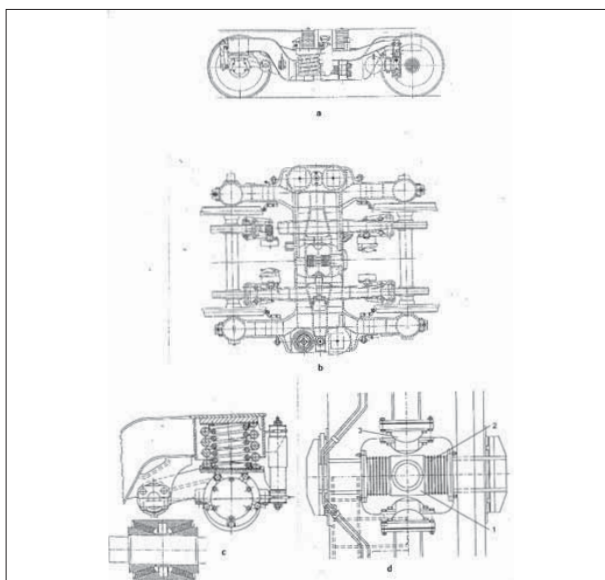
ságát a forgóvázkeretben gumiblokkban ágyazott karos-vezetéssel oldották meg. A primer rugó vízszintesen helyezkedik el, amely a szögemelőnek kialakított terelőkarra támaszkodik. Ez azonban azt jelenti, hogy a statikus rugóterhelés is kerékpár-vezetésbe beépített gumiblokkot is terheli, azt „előfeszíti”, így nem lehet a kerékpár rugalmassági paramétereit tág határok között beállítani, például lágyítani. A forgóváz-szekrény kapcsolatot rétegelt gumirugókkal valósították meg, amelyek súrlódás- és kopásmentes kapcsolatot biztosítanak a szekrény és a forgóváz között (4.a ábra).

A következő fejlesztési fokozat a BDV motorvonat 5. ábrán látható forgóváza volt. A hajtott-és a futó-forgóvázak lényegében azonos kialakításúak. A nagyobb súly miatt a hajtott forgóváz rugózása merevebb.

Mind a kerékpárvezetés, mind a forgóváz-szekrény kapcsolat rugalmas. A kerékpárvezetés terelőkarokkal (lenkerekekkel) történik. A forgóvázkeret és a terelőkar csatlakozásánál gumiblokkok (silentblokk) vannak beépítve. A primer mozgást az 5.c ábrán látható módon beépített csavarrugók biztosítják. A terelőkar felső részére a függőleges kerékerő hatásvonalában rugótányér közbeiktatásával támaszkodik fel a duplex acél csavarrugó, melyre felülről a forgóvázkeret hossztartója közvetíti a terhelést. A fenti hordmú-konstrukció tehát rugalmas kerékpárvezetést biztosít. Súrlódó, kopó alkatrészt nem tartalmaz. A forgóvázkeret lengést hidraulikus lengéscsillapítók csillapítják, melyek alsó végei a terelőkarhoz, felső végei pedig a forgóvázkerethez csatlakoznak.

A szekunder rugórendszer felépítése: a forgóváz külső oldalán, a szekrényes hossztartók alsó éleikhez csatlakozó konzolokra támaszkodik a szekrény alátámasztás két-két duplex csavarrugója. A csavarrugókat az ún. himbagerenda köti össze, amely pályáívekben párhuzamosan vezet a kocsik két oldalán elhelyezett szekunder csavarrugók és a fölöttük levő rétegelt gumirugók csatlakozási pontjait. A kettő együtt ún. flexi-coil rugórendszert alkot. A forgóváz és a szekrény közé, mindkét oldalon egy-egy függőleges és keresztirányú lengéscsillapító van beépítve. (5. ábra)

A szekrény és a forgóváz közötti kapcsolatot és a hosszirányú erők átadását a forgóváz főkereszttartójában hosszirányban beépített, előfeszített rétegelt gumirugók biztosítják. A vízszintes gumirugók közé elhelyezett fészek függőleges furatába nyúlik be a szekrény-aljához rögzített, lenyúló „forgócsap”- konzol. A fészek furata kettős kúpos. A forgócsap hengeres része és a kettős kúpos fészek közé alulról és felülről kúpos acélperselyek vannak beszerelve nyomó tárcsák és csavarok segítségével. Az így összeszerelt egység „forgócsapjai” szorosan illeszkednek a fészekhez és a közöttük lévő erő megakadályozza a forgócsap elfordulását a fészekhez képest. A fészek a forgócsappal együtt fordult el a hosszirányú rétegelt gumirugó deformációja révén. Ez a konstrukció lehetővé teszi, hogy a forgóváz szükség esetén 80 m su-



5. ábra: A GH 250 forgóváz típus első változata
a-b. Primer és szekunder rugózás
c. Rugalmas kerékpárvezetés

Abb. 5: Drehgestell Typ GH 250 – erste Variante
a-b. Primär- und Sekundärfederung
d. Elastische Radsatzführung

a-d-e. Elastische Drehgestell-Wagenkastenverbindung

Fig 5 The first versions of the bogie type GH 250

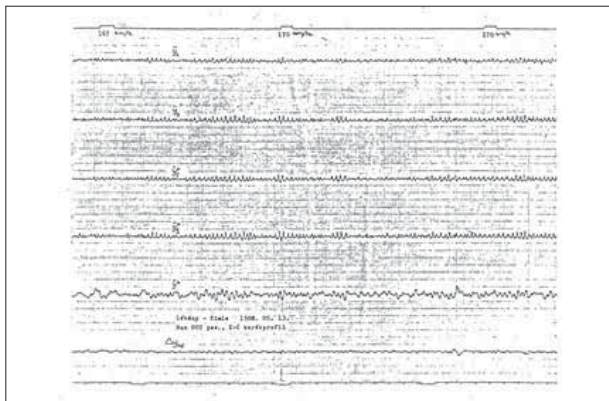
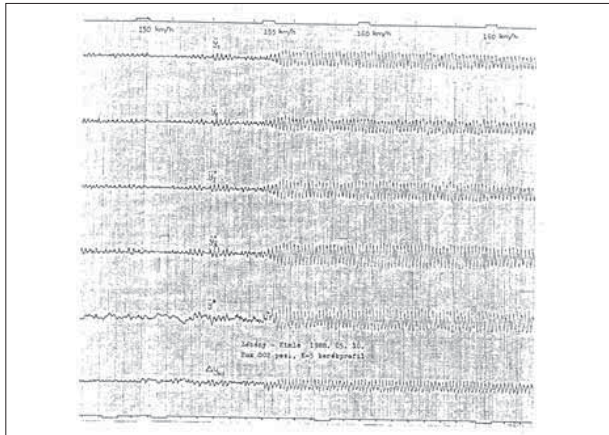
a-b. The primary and secondary suspension

c. The flexible axle guidance

d-e. Flexible bogie-coach body connection

garú ívbe is beálljon. Az így beépített rétegelt gumirugók, valamint a flexi-coil rugórendszer együtt biztosítja a keresztirányú (oldalirányú) rugózást (5.d és 5.e ábrák).

Az új beszerzésű járművek üzembe állítása előtt szokásos vizsgálatokat a MÁV a BDV-sor villamos motorvonattal is elvégezte. E motorvonat esetében – mivel a forgóváz konstrukció, a hagyományostól felépítése tekintetében eltért, a vizsgálatokat a futásstabilitásra is kiterjesztette. A vizsgálat céljából a mérendő kocsi első forgóvázának csapágytokjaira a vízszintes keresztirányú (oldalirányú) gyorsulás – idő folyamatok $\ddot{y}_1(t)$; $\ddot{y}_2(t)$ - ezekkel egyező módon - a forgóváz-kereten jelentkező $\ddot{y}+(t)$ és a szekrénypadlóján jelentkező $\ddot{y}*(t)$ gyorsulás folyamatok mérésére alkalmas a menetirány szerinti első kerékpár és a forgóvázként közötti relatív elmozdulás- Δy_{kf} mérésére alkalmas műszert szereltek. A fentiekben felsorolt gyorsulás-folyamatok és a járműsebesség egyidejű regisztrálására a V63-sor. mozdonyból, a MÁV 162 psz. mérő kocsiából és a vizsgált kocsiából állt a mérővonat, ami a mérés során, egyenes vonatrészen fokozatosan felgyorsult. A mért regisztrátum egy szakaszát a 6.a ábra szemlélteti. A MÁV-nál szabványosított K-5 jelű kerékprofilok alkalmazása esetén a kocsi kritikus sebessége 155 km/h-ra adódott. Ennél a sebességnél a diagramon jól látszik, hogy a mért jellemzők amplitúdója a kritikus sebességnél jelentős mértékben megnövekedett és szinte teljesen szabályos, „szinuszos” lefo-



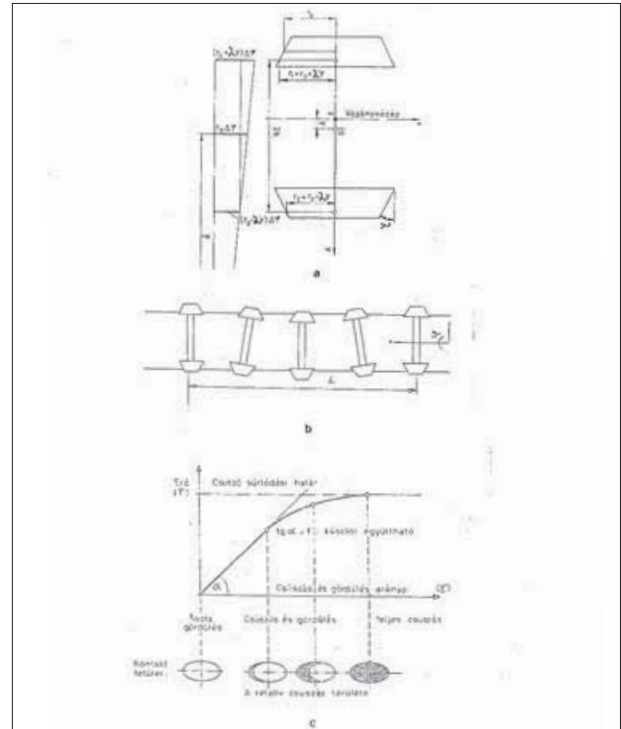
6. ábra: Futásvizsgálat a BDV motorvonattal
 a. Instabil-futás megjelenése: sebesség: 155 km/h, kerékprofil: K-5
 b. Stabil futás: sebesség: 170 km/h, kerékprofil: K-6
 Abb. 6: Laufprobe mit Elektrotriebzug Typ BDV
 a. Instabiler Lauf bei Geschwindigkeiten 155 km/h, Radprofil: K-5
 b. Stabiler Lauf bei Geschwindigkeiten 170 km/h, Radprofil: K-6
 Fig 6 Running test with the EMU class BDV
 a. The presence of the unstable running at speed 155 km/h with wheel profile type K-5
 b. Stable running at speed 170 km/h with wheel profile K-6

lyásúvá alakult. A statisztikus jellege viszont megszűnt, ez azt jelenti, hogy a fenti sebesség fölött már nem a pálya egyenetlenségei által gerjesztett lengések, hanem instabil lengések alakultak ki. A jármű tehát elvesztette stabilitását. (6.a ábra)

Az előzőekben röviden ismertetett méréseket a MÁV K-6-os kerékprofilra átesztgált kerékpárokkal megismételtük. A mért regisztrátumok az 6.b ábrán láthatók, melyekből megállapíthatjuk, hogy 170 km/h sebességig, az 6.a ábrán látott, szinuszos lefolyású, gyorsulás-, illetve relatív elmozdulás-idő regisztrátum-részek hiányoznak. A jelek a vizsgált sebesség tartományban statisztikus jellegűek, vagyis a jármű lengései a vágány egyenetlenségeitől függenek.

IV. A stabil futás fizikai alapja

Annak érdekében, hogy az előzőekben röviden vázolt jelenséget helyesen értékeljük, röviden térjünk ki a nagy-



7. ábra: A kerékpár haladás egyenes (ívmentes) pályán
 a. a kerékpár-geometriai modellje
 b. a szinusz-futás hullámhossza
 c. a tangenciális erő a kerék és a sín között
 Abb. 7: Radsatzlauf auf gerader (bogenfreier) Strecke
 d. Radsatz – geometrisches Modell
 e. Sinuslauf - Wellenlänge
 f. Rad-Schienenverbindung - Tangentialkraft
 Fig 7 Running of the wheel set on straight track
 a. The geometric model of the wheel set
 b. Wave length of the sinus running
 c. Tangential force between wheel and rail

sebességű járművek futásának főbb elméleti kérdéseire.

A futástechnikával foglalkozó szakembereken kívül az utazó közönség is gyakran tapasztalja azt az állandósult lengést, amit a szakemberek instabilitásnak neveznek. Az utazó közönség a „kellemetlen” lengések okát gyakran a pálya leromlott állapotában látja. Az előzőekben röviden vázolt vizsgálatok is bizonyítják, hogy a stabilitási határsebesség alatt a jármű hossztengetyre merőleges (keresztirányú) mozgásait – a függőlegesekhez hasonlóan – a vágányegyenetlenségei határozzák meg. Ezt a határsebességet a szakemberek kritikus sebességnek nevezik. A kritikus sebesség feletti tartományban állandó, nem csillapodó instabil lengés lép fel. Az előzőekben röviden ismertetett forgóvázakkal ellátott járművek (1-4.ábra) kritikus sebessége feltehetőleg a 140-200 km/h sebességtartományba esik.

Az instabil lengés a kúpos futófelületű kerékpár és vágány közötti kölcsönhatástól, a kerékpárvezetéstől, a forgóváz/szekrény tömegektől függ. (7. ábra)

(Folytatjuk)