

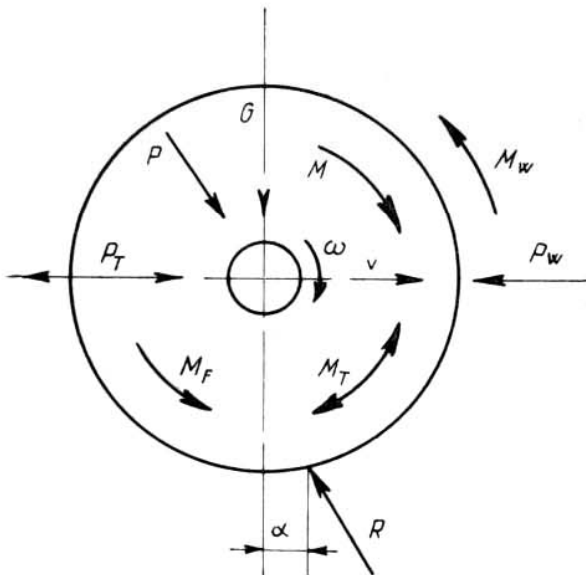
Autóközlekedési kutatások 1961



DR. LÉVAI ZOLTÁN:

AZ ÚTEGYENLŐTLENSÉGEK MINŐSÍTÉSE A GÉPJÁRMŰRE GYAKOROLT HATÁS ALAPJÁN

Minden hatás, ami az úttestről a gépjárművet éri, a kereken adódik át. A gépjármű kerekére különböző erők hatnak. Ezek — általános esetben — a következők (1. ábra):



1. ábra. A gördülő kerekre ható erők általános esetben

P — a kerék tengelyére a felüggasztás helyén ható erő, amely a gépjármű súlyából, a vonóerőből, valamint gyorsulás esetén a jármű tömegének tehetetlenségéből tevődik össze. Iránya a viszonyoktól függően vál-

tozó, de mindig keresztül megy a kerék középpontján;

G — a kerék saját súlya, amit a középpontban képzeletlenül koncentrálva;

P_w — a kerék haladását gátló légellenállás;

P_T és M_T — a kerék tömegéből származó tömegető, ill. tehetetlenségi nyomaték, amelynek iránya a gyorsulással ellentétes;

M — a motortól származó hajtónyomaték, amely a forgás irányában hat;

M_F — a féktől (vagy a motortól) származó fékező nyomaték, amely a forgással ellentétesen hat;

M_w — a kerék forgását gátló légellenállási nyomaték;

R — a megoszló reakcióerő eredője. Nagysága és iránya az aktív erők függvénye. Támadáspontja gördülés esetén mindig a talpponttól a haladás irányába eltolódik.

A felsorolt erők közül néhány elhanyagolható (pl. P_w és M_w). A valóságban a többi erő sem hat mind egy időben. A kerekre ható erők közül a

reakcióerőnek van jelentősége az útegyenlőtlenségek szempontjából. A reakcióerőt komponenseire bontva vizsgáljuk. Általában van pálya síkjába eső és pályára merőleges komponense.

A reakcióerő két komponense, valamint támadáspontjának eltolódása a talpponttól három olyan tényező, amelyet külön-külön kell vizsgálni.

Mindhárom tényező — többek között — az útfelület minőségének függvénye.

A reakcióerő támadáspontjának távolsága a talpponttól a gördülési ellenállással van összefüggésben, ami a gépjármű energetikája és dinamikájára van hatással.

A reakcióerőnek pálya síkjába eső komponense a gördülő kerék és az útfelület között fellépő tapadást jellemzi, ami a gépjármű haladásának előfeltétele.

A reakcióerőnek pálya síkjára merőleges komponense egyrészt hatással van az előző két tényezőre, másrészt dinamikus jellege miatt nem kívánatos járulékos jelenségeket okoz a gépjármű mozgásában.

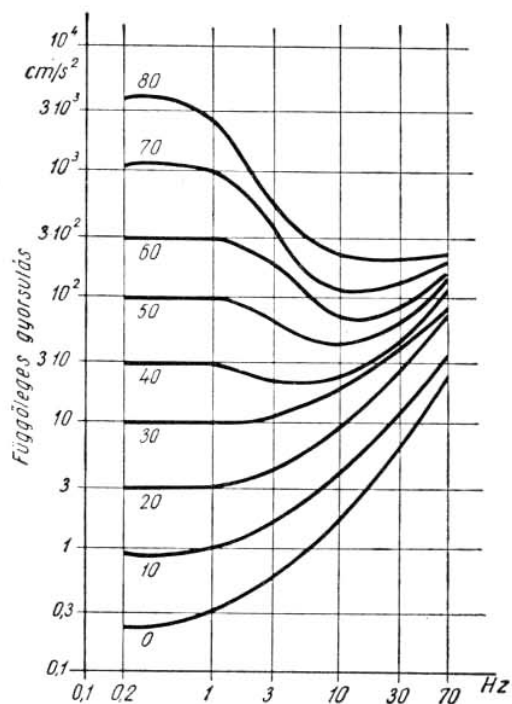
A három tényező közül a harmadiknak vizsgálatát tartjuk legfontosabbnak, mivel egyrészt az előző kettő is ennek függvénye, másrészt ennek összefüggése az útfelület minőségével jelenleg a legkevésbé feltárt. Először azt kell megvizsgálni, hogy a dinamikus reakcióerő milyen nem kívánatos járulékos jelenségeket okoz a gépjármű mozgásában.

Ha az útfelület mindig egyenlőtlenségektől mentes lenne, akkor a reakcióerő sem változna az időben, azaz statikus lenne. Ilyen úton a gépjármű sebessége elvileg tetszőleges lehet, illetve azt a rendelkezésre álló fajlagos motorteljesítmény maximálja. Ezt a maximális sebességet azonban nem éri el a gépjárművek, ha az útfelület egyenlőtlen, „hullámos”, mert a dinamikus erőhatás következtében a gép-

jármű lengésbe jön. Természetesen a lengést nagymértékben befolyásolja a gépjármű feltámasztásának, ill. rugózásának a jellege. A fellépő gépjárműlengés kellemetlenül hat a vezetőre, ezért csökkenti a sebességet, azaz nem használja ki a motor teljesítményét.

A sebességcsökkentés mértéke függ attól, hogy milyen a gépkocsivezető „kényelemszeretete”, vérmérséklete, függ attól, hogy milyen feladattal, ill. céllal vezeti a kocsit, hogy mekkora a felelősségérzete stb. További sebességcsökkenéshez vezet az út vonalvezetésében bekövetkező változások, az emelkedők, éles kanyarok, stb. Befolyásolja a sebességet a szembejövő forgalom, az időjárás, a napszak stb. Ezen további sebességbefolyásoló tényezőkkel most nem foglalkozunk.

Látható tehát, hogy az útegyenlőtlenségek következtében fellépő di-



0-10 pal ($K=0,1$) érzésküszöb
 10-20 pal ($K=0,1-0,3$) az érzékelés alsó foka
 20-30 pal ($K=0,3-1,0$) tartósan elviselhető
 30-40 pal ($K=1,0-3,0$) óráig elviselhető, nyugodtan futó jármű rezgése
 40-50 pal ($K=3,0-10,0$) kb. egy óráig elviselhető, álló jármű rezgése
 50-60 pal ($K=10,0-30,0$) rövid ideig elviselhető, max. 10 p-ig tűrhető erős járműlengések
 60-80 pal ($K=30,0-100,0$) élettani zavarok, max. 1 p-ig tűrhető, $K > 100$ elviselhetetlen

2. ábra. A gépjárművezető által elviselhető rezgések kísérletileg megállapított karakterisztikája

namikus erők egyik hatása a sebességcsökkenésben nyilvánul meg. Ezt a hatást csak akkor vizsgálhatjuk egzakt módon, ha a többi sebességbefolyásoló tényezőt kiszűrjük, és csak az útegyenlőtlenségektől függő sebességet határozzuk meg.

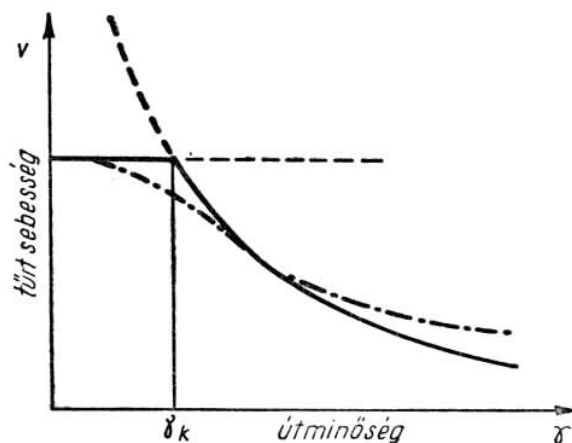
A 2. ábrán kísérletileg megállapított diagramot mutatunk be, [1] amelyből kitűnik, hogy a gépjárművezető csak bizonyos gyorsulásviszonyokat visel el huzamosabb ideig. A kritikus gyorsulások tartományát egyrészt a gyorsulás nagyságával, másrészt a gyorsulás-változás frekvenciájával határolhatjuk be. (Például vegyük a 20 pal-tól 30 pal-ig terjedő mezőt.) Feltételezzük, hogy a gépjárművezető a különböző hullámosságú utakon csak olyan sebességgel vezeti a gépjárművet, amelynél a létrejövő lengésgyorsulások nem lépnek ki a kritikus gyorsulások tartományából. Az útegyenlőségektől függő sebesség determinánisa tehát a gépjárművezető tömegének lengésgyorsulása, ill. a gépjárművezető testére ható dinamikus erők. Ezt a sebességet — tekintve, hogy értékét a gépjárművezető által elviselhető (tűrhető) igénybevétel határozza meg — *túrt sebességnek* nevezzük.

Túrt sebesség alatt tehát azt a sebességet értjük, amellyel egy átlagos gépjárművezető az adott gépjárművet vízszintes, egyenes forgalommentes úton huzamosan vezeti normális lelkiállapot, jó látási és légköri viszonyok mellett.

A túrt sebesség jóminőségű úton egészen nagy lehet. Tökéletesen sima úton a túrt sebesség elvileg végtelen nagy, s az útminőség romlásával csökken. Ha a túrt sebességet az útegyenlőtlenség függvényében ábrázoljuk, akkor egy hiperbóla-szerű görbét kapunk (3. ábra). A diagramon az útegyenlőség mértékéül a γ -t használjuk, aminek az értelmezésére később visszatérünk.

Figyelembe kell venni azonban egy másik tényezőt, a gépjármű maxi-

mális sebességét. Hiába nőhetne ugyanis a túrt sebesség a végtelenig az útminőség javulásával, a gépjármű sebessége korlátozott. A 3. ábrán vízszintes vonal jelzi a gépjármű maximális sebességét. A túrt sebesség elméleti görbéje tehát vízszintes szakasszal kezdődik, majd a kritikus γ_k elérése után hiperbólaszerű görbében folytatódik.



3. ábra. A túrt sebesség jelleggörbéje

A görbének megfelelően a gépjárművezetőre ható dinamikus erő változása a következő. Sima úton a gépjárművezetőre nem hat dinamikus erő. Ha az útfelületen kisebb egyenlőtlenségek fordulnak elő, a gépjárművezetőre hatni kezd dinamikus erő, bár ez még nem vezet sebességcsökkenéshez. Amikor az egyenlőtlenségek szaporodása következtében a dinamikus erő eléri a kritikus értéket, a gépkocsivezető csökkenti a sebességet, tehát a dinamikus erő nem nő a kritikus érték fölé. A gépkocsivezető „igénybevétele” tehát maximált, illetve azt saját maga maximálja.

Természetesen magának a gépjárműnek az igénybevétele hasonlóan alakul a vezető igénybevételéhez. Jóminőségű utakon, vagyis a vízszintes egyenes és a hiperbóla metszéspontjáig a gépjármű sebessége állandó, de igénybevétele az út viszonylagos romlásával nő. Ilyen utakon tehát az út minőségétől függően változik a gépjármű élettartama, fenntartási munkáigénye, a gumi elhasználódás mértéke, stb.

A kritikus metszésponttól jobbra levő szakaszon a gépjármű igénybevétele állandó, azaz nem nő egy bizonyos érték fölé. Ez azt jelenti, hogy a rossz út és a még rosszabb út között az élettartam szempontjából nincs különbség. Ez érhető, hiszen a gépjárművezető szabja meg a pillanatnyi sebességet, ő pedig nem hajlandó túl erős igénybevételt elviselni, s ezzel automatikusan behatárolja a gépjármű igénybevételét is. A fentiekből következik egyébként az is, hogy *a gépjármű méretezésénél a túrt sebességhez tartozó igénybevételt ajánlatos alapul venni.*

A túrt sebesség elméletileg kapott görbét azonban tovább kell vizsgálnunk. A valóságban számolni kell a szubjektív tényezőkkel. Egyrészt a gépjármű vezetője a sebességet nem fogja állandónak tartani a diagram vízszintes egyenese szerint. Kényelemszeretete, a gépkocsi féltése, stb. arra készíti őt, hogy a sebességből áldozzon fel valamennyit már az útfelület kismértékű romlása esetén is, mert ilyen módon csökken a dinamikus erő, jóllehet, az még nem érte el a határértéket. Ennek hatására az elméleti görbe szöglete lekeredik, s a kritikus metszéspont kitoldódik.

Másrészt az út nagyobb mérvű romlása esetén újabb lélektani tényezők hatására nem szívesen nyugszik bele a túlzott sebességcsökkenésbe, inkább nagyobb igénybevételt is eltűr, csak ne kelljen túlságosan lassan haladnia. A 2. ábra azt is mutatja, hogy egészen eltérő igénybevételeket is kibír a gépkocsivezető, bizonyos ideig. Ezen a szakaszon tehát a valóságos görbe föléje megy az elméleti görbének. Végeredményben tehát a túrt sebesség görbéje a szubjektív tényezők hatására a 3. ábrán is látható pontozott vonal szerint elnyúlik, ill. ellaposodik.

Természetesen ezt a körülményt figyelembe kell venni a gépjármű igénybevételeinek megítélésénél is. Egyrészt a metszéspont előtt nem lesz oly mérvű

az élettartam rövidülés üteme, mint az elméleti görbe szerint lenne, másrészt bizonyos élettartam rövidülés következik be a rosszabb utakon üzemelő gépkocsiknál is.

Az elméleti és a valóságos görbe közötti eltérést csak kísérleti úton lehet megállapítani. E célból kiterjedt vizsgálatokat végeztünk. Több mint 2000 db gépkocsinál mértük meg a túrt sebességet. Az ország különböző helyein kiválasztottunk 16 vízszintes és egyenes, különböző burkolatú és minőségű útszakaszt. Az elhaladó gépjárművek sebességét a gépjárművezető tudtán kívül mértük. A mérésből kizártuk a különleges terhelésű, és a közvetlenül egymás mögött, vagy egymás mellett haladó gépjárműveket. Mivel tehát csak olyan gépjárműveknek néztük meg a sebességét, amelyekre az útfelület minőségén kívül más tényező nem hatott, a mért sebességek átlaga a valóságos túrt sebességet adta. Az egyéb szubjektív tényezők befolyását a gépjárművek nagyszámával küszöböltük ki.

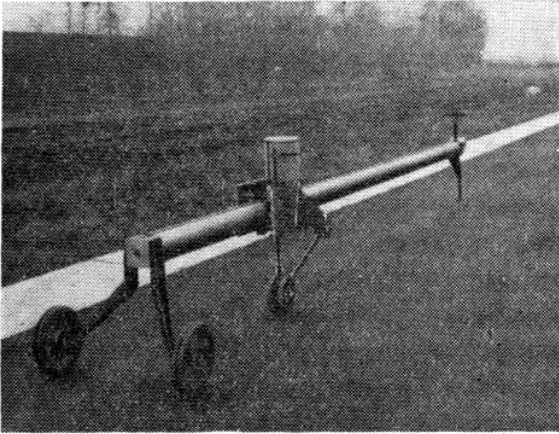
Az elhaladó gépjárművek sebességének mérését tranzisztoros műszerrel végeztük. (Lásd következő tanulmányt.) A műszer két egységből áll. Az út egyik oldalán állítottuk fel a túlnyomórészt infrásugarakat kibocsátó reflektort, amely a fénysugarakat egészen vékony sugárba vetíti ki. Az út másik oldalán helyeztük el a tranzisztoros kapcsolót, amely akkor kapcsol, amikor a ráeső fénysugár megszakad. Ezekből az egységekből kettő-kettőt kell felállítani az út mentén, egymástól meghatározott távolságra.

A két fénykapu elektromos stopperórát működtet. Ha bármelyik fénykaput egy mozgó test néhány pillanatra eltakarja, az elektromos stopperóra megindul, s akkor áll meg, amikor a gépjármű a másik fénykapuhoz ér. A kapott adatból a távolság ismeretében kiszámítható a sebesség.

A berendezés vakító napfényben is működik. A műszer pontossága rend-

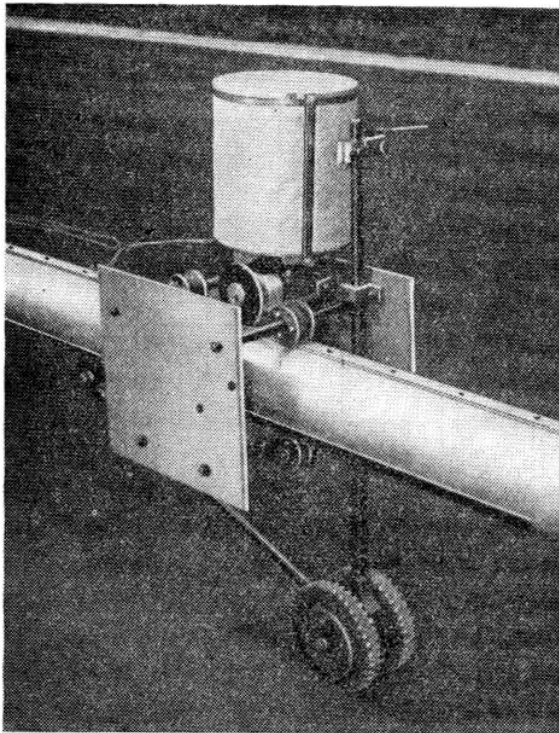
kívül nagy, gyakorlatilag egyenlő a stopperóra pontosságával.

Olyankor, amikor nem volt szükség nagy pontosságra, egyszerűen kézi stopperórával mértük az időt.



4. ábra. A viagraf távlati képe

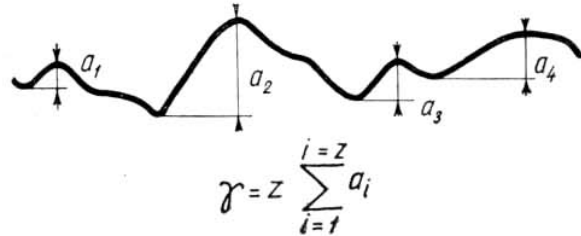
A kiválasztott útszakaszoknak a hullámosságát is meg kellett határozunk. Erre a célra egy viagrafot készítettünk (4. és 5. ábra). A készülék négy



5. ábra. A viagraf írószerkezete

méteres bázisú írószerkezet, amely nagy pontossággal diagrampapírra rajzolja az útegyenlőtlenések geometriai alakját.

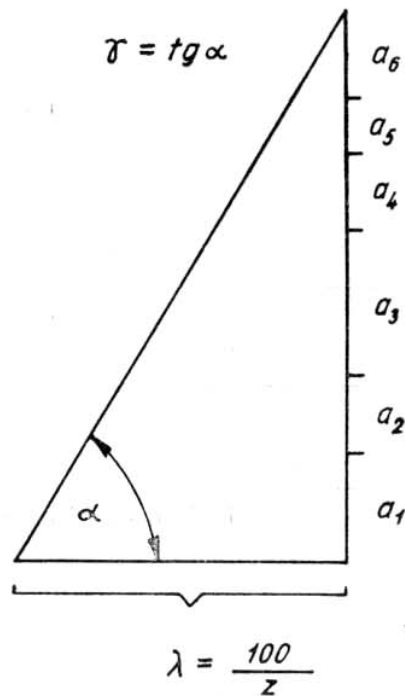
A megrajzolt diagramon a függőleges lépték 1:1, azaz természetes nagyságban adja az egyenlőtlenéseket. A vízszintes lépték tetszőlegesen lehet 1:10, 1:25 vagy 1:50, tehát a kapott diagram sűrített. Az értékelés kézzel történt, úgy hogy minden egyes függőleges kitérést lemértünk (6. ábra). A 100



6. ábra. Az útegyenlőtlenések mérőszámának (γ -nak) meghatározása

méteres útszakaszra eső kitérések összegének és a kitérések számának szorzata adja az útminőséget jellemző γ értéket.

A korábbi módszerekkel ellentétben a javasolt γ paraméter az útfelület



7. ábra. A γ tényező értelmezése

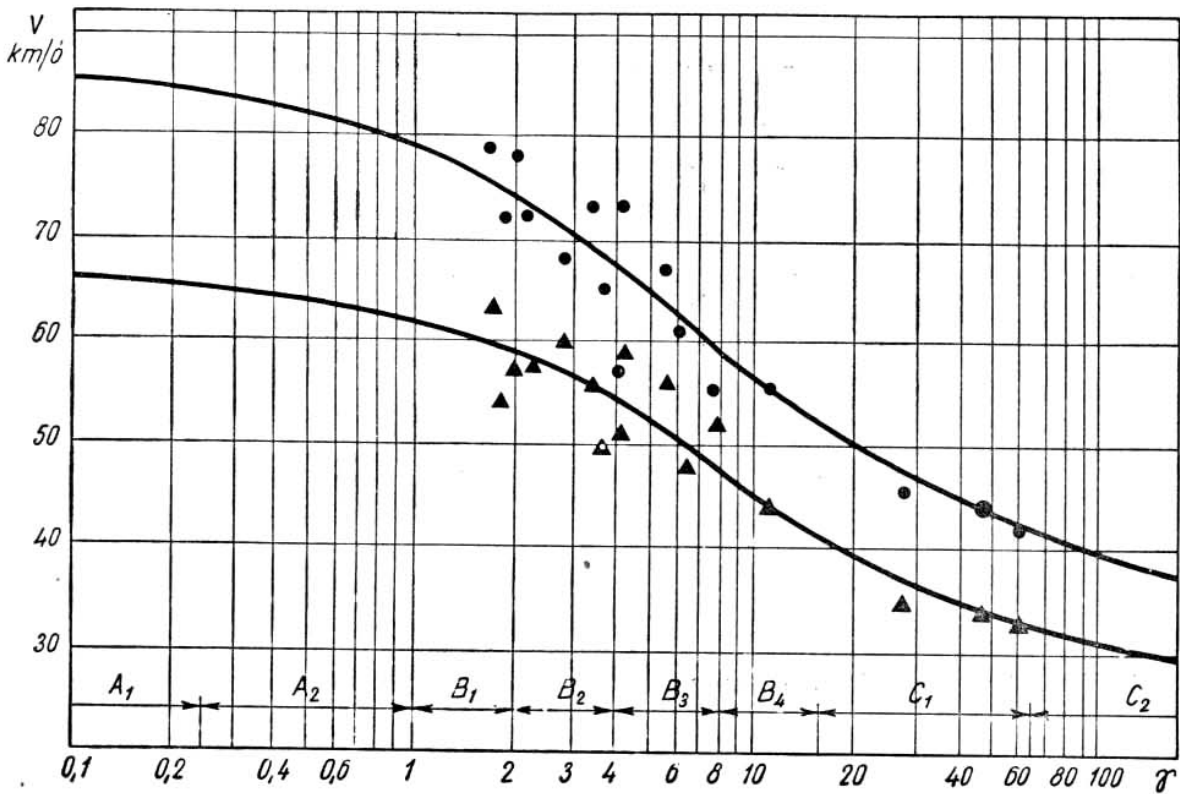
valóságos egyenlőtlenéseit veszi figyelembe úgy, hogy abban tükröződik mind az egyenlőtlenések abszolút nagysága, mind azok gyakorisága.

Sor- szám	Közút		Burkolat	V		γ	$\delta\%$
	száma	szelvénye		sz.	t.		
1	5	45 000 – 45 100	régi beton	72	54	1,85	16,0
2	51	21 000 – 21 100	“ “	66	48	6,08	22,5
3	58 – 59	1 000 – 1 100	új beton	55	52	7,80	22,0
4	7	22 200 – 22 300	“ “	50	40	28,70	19,0
5	1	15 200 – 15 300	régi aszf.	78	57	2,02	10,0
6	51	24 600 – 24 700	“ “	72	58	2,16	14,0
7	6	112 400 – 112 500	új aszfalt	79	63	1,68	15,0
8	6	124 000 – 124 100	“ “	73	56	3,40	14,0
9	51	56 000 – 56 100	kötőzuzalékos aszf.	73	59	4,10	18,5
10	51	54 000 – 54 100	“ “	68	60	2,82	15,0
11	58	26 600 – 26 700	makadám itatásos	67	56	5,55	22
12	80	17 800 – 17 900	“ “	55	44	11,20	25
13	51	88 800 – 88 900	felület kezelt	65	52	3,60	17,0
14	51	17 000 – 17 100	“ “	57	51	3,90	19,0
15	302	2 600 – 2 700	makadám	42	33	58,00	24,0
16	80	90 800 – 99 900	“	45	34	28,20	28,5

A γ természetesen értelmezhető paraméter. Ha az útegyenlőtlenségeket a hullámtan terminológiája szerint tárgyaljuk, akkor a γ nem más, mint egy olyan derékszögű háromszög egyik szögének tangense, amelynek egyik befogója a 100 méteren található hullámok amplitúdóinak összegével, a másik be-

fogó az átlagos hullámhosszal arányos (7. ábra). A γ értéke tehát nő, ha akár az amplitudók nagyobbodnak, akár a hullámhossz kisebbedik, azaz az útegyenlőtlenségek lesznek gyakoribbak. A nyert értékek a fenti táblázatban találhatóak.

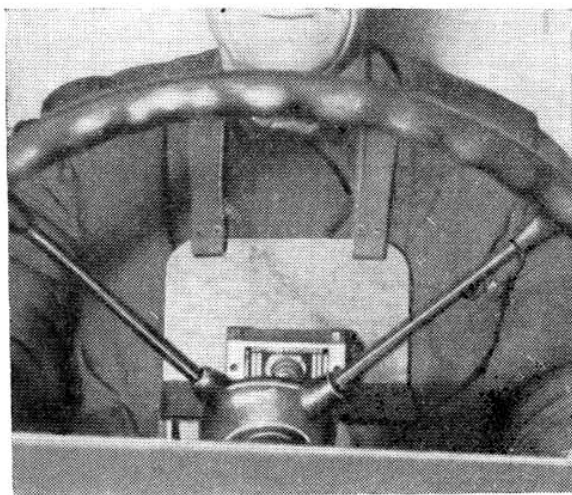
Ezeket az értékeket logaritmikus skálán ábrázoltuk (8. ábra). A felső vo-



8. ábra. Személy és tehergépkocsik kísérletileg megállapított túrt sebessége az útegyenlőtlenség függvényében

nal a személygépkocsik, az alsó vonal a tehergépkocsik túrt sebességét mutatja. Amint látható, a mérési pontok jól kirajzolják a túrt sebesség görbéket, tehát a *túrt sebesség egyértelműen felhasználható az útegyenlőtlenység jellemzésére.*

A további vizsgálatok előtt azonban tisztázandó, hogy a nyert sebességértékek valóban összhangban vannak-e a gépjárművezető igénybevételével, vagyis igaz-e a túrt sebesség létrejöttére felállított hipotézisünk. E célból minden vizsgált útvonalon megmértük a gépjárművezető vertikális gyorsulását is az adott útra kapott túrt sebesség érték mellett. A gyorsulásadót közvetlenül a gépjárművezető mellére szerel-



9. ábra. A gépjárművezető lengésének mérése gyorsulásadóval

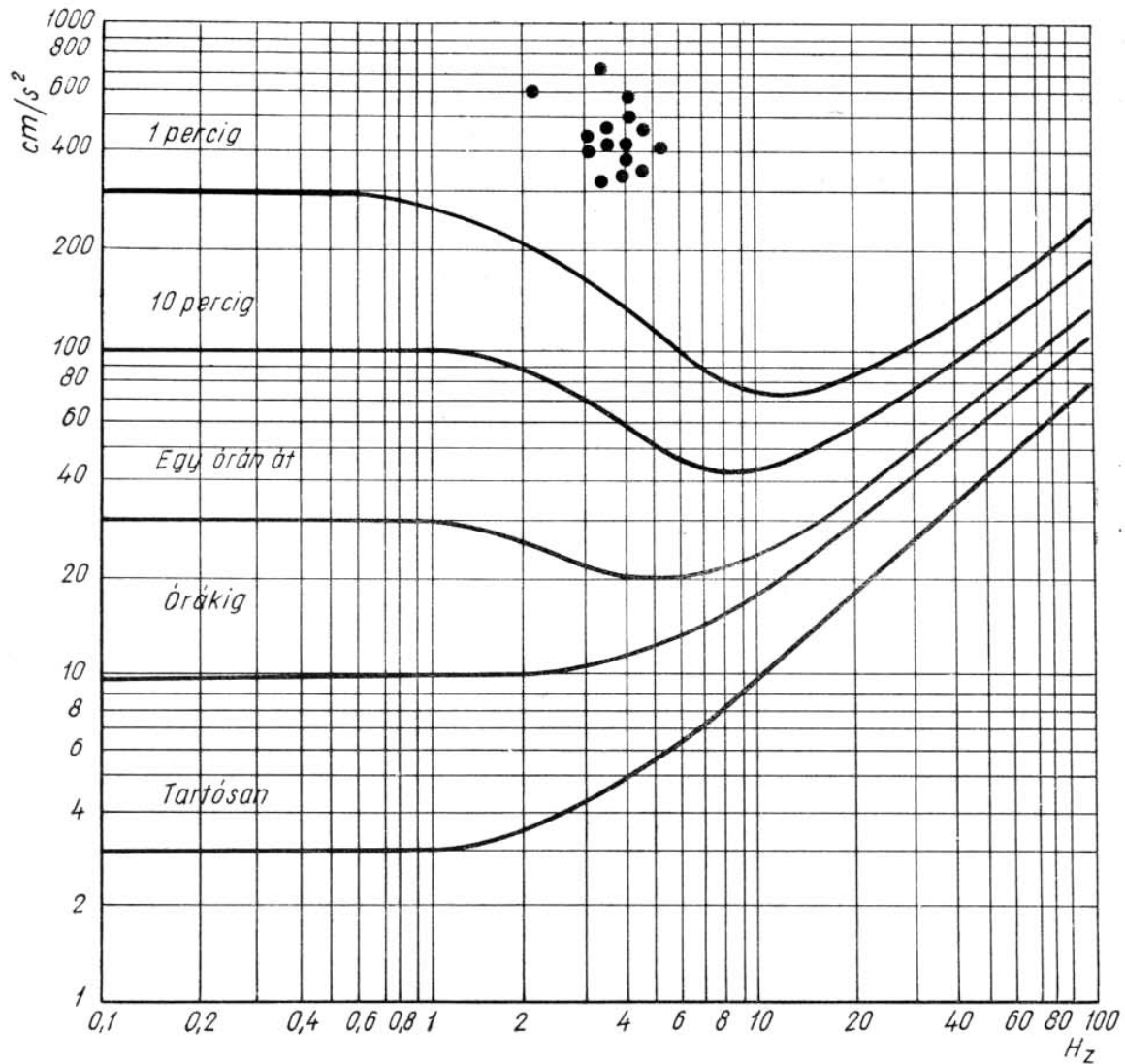
tük fel (9. ábra). A gyorsulás változását oszcillogramon rögzítettük. Az oszcillogramról meghatároztuk az átlagos gyorsulásértékeket és az amplitudók számát, s a nyert értékeket berajzoltuk a 2. ábrán közölt diagramba (10. ábra). Amint látható, a mérési pontok túlzottan magasan, az elviselhetetlen gyorsulások tartományában helyezkednek el, aminek az oka a két mérés módszerének különbségével magyarázható. A 2. ábra felvételénél ugyanis a gyorsulásadót az ülésre helyezték, tehát a vezető testének önlengése a diagramon nem tükröződik.

Az általunk kapott gyorsulásértékekben vezető önlengése hozzáadódott a gerjesztéshez. A mi szempontunkból azonban ennek nincs különösebb jelentősége. Hipotézisünk igazolásánál ugyanis lényegtelen, hogy a kapott ponthalmaz a karakterisztika mely részére esik. A döntő az, hogy az egész karakterisztika területéhez képest a ponthalmaz kis területet foglal el. Ez ugyanis azt jelenti, hogy a gépjárművezető igénybevétele behatárolt, azaz a túrt sebesség determinánsa valóban a gépjárművezetőre ható dinamikus erő. A tételt meg is fordíthatjuk: a túrt sebesség létezik, tehát minden vizsgálatnál, ahol reálisan akarjuk az út és a gépjármű kölcsönhatását, igénybevételét stb. vizsgálni, azt figyelembe kell venni. *A túrt sebesség ismeretén alapulhat a reális méretezés is.*

Mielőtt a túrt sebességre alapozva felállítanánk eredeti célunknak megfelelően az útfelület minősítési rendszerét, vizsgáljuk meg a pálya síkjára mérőleges reakcióerő-komponens *másik* jelentős járulékos hatását is, ami a gépjármű igénybevételének növekedésében nyilvánul meg.

Az igénybevétel alakulását természetesen a túrt sebességek alapján vizsgáljuk, mert csak így kaphatunk reális képet. Az eddigi igénybevétel-vizsgálatoknak legnagyobb hiányossága az volt, hogy nem voltak tekintettel a túrt sebességre, hanem adott útvonalon is különböző sebességeknél végezték a méréseket. Olyan sebességnél felvett adatokból is vontak le általános következtetéseket, amilyenekkel a valóságban — az adott útviszonyok mellett — a gépjárművek nem közlekednek. (Természetesen, bizonyos szempontból az ilyen méréseknek is lehet jelentőségük.)

A dinamikus erők mérésére az ATUKI mérőkocsiját használtuk, amihez változtatható tömegű és rugózású utánfutót készítettünk (11. és 12. ábra).

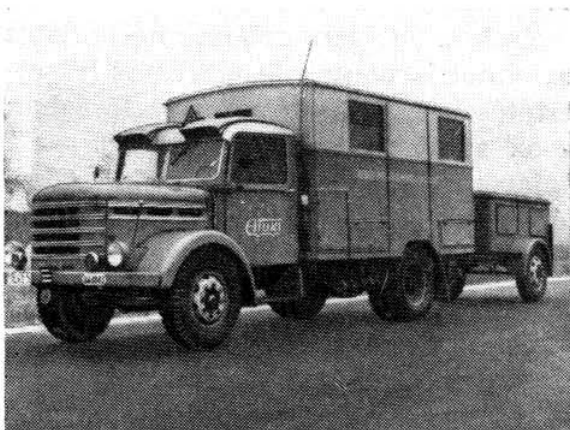


10. ábra. A gépjárművezető dinamikus igénybevétele különböző erőtlenségi utakon a rá jellemző túrt sebességnél

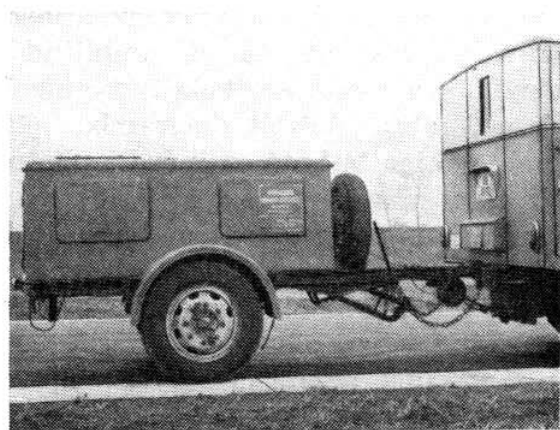
Az utánfutó tengelyére szerelt gyorsulásadóval (13. ábra) mértük a rugózatlan tömeg gyorsulását. A tengely és az utánfutó váza közé beépített tá-

volságadóval (14. ábra) mértük a rugóút változását.

Az adókból jövő jeleket hatsugaras oszcillográfon rögzítettük. A 15. ábrán

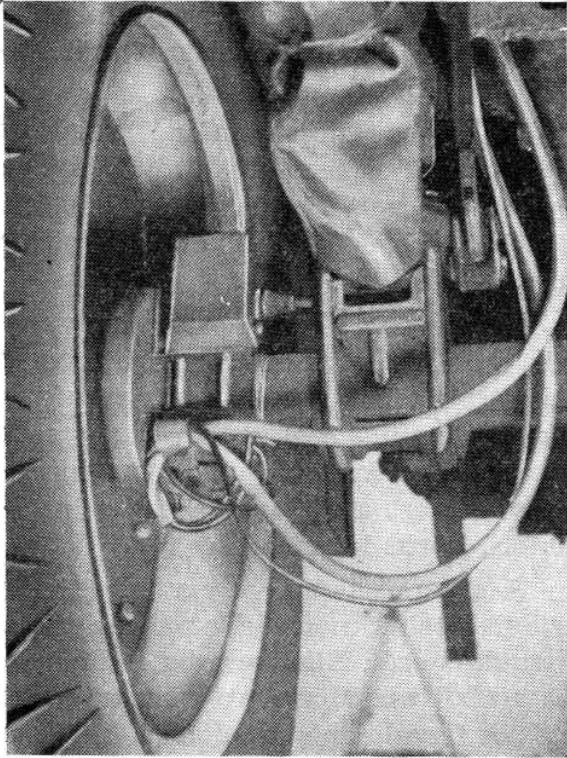


11. ábra. A mérőkocsi az utánfutóval



12. ábra. Az utánfutó

bemutatott oszcillogram felvételen jól látható az útjel, a rugózatlan tömeg gyorsulása, a rugóút, a gépkocsivezető testének gyorsulása. A szalagot behálózó finom függőleges vonalak az időt jelzik.



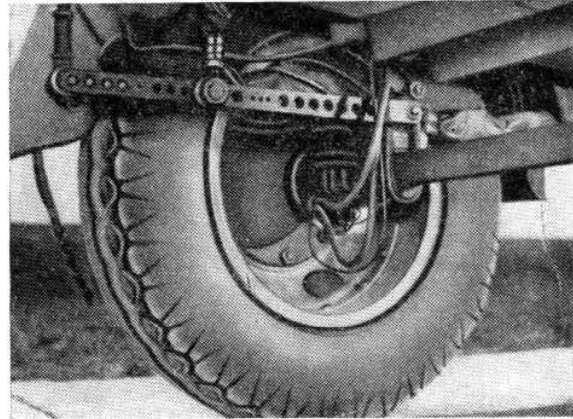
13. ábra. Gyorsulásadó az utánfutó tengelyén

A kapott paraméterek segítségével pontosan meghatározható az a dinamikus reakcióerő, amely a gépjármű kerekére, ill. rajta keresztül az egész gépjárműre hat.

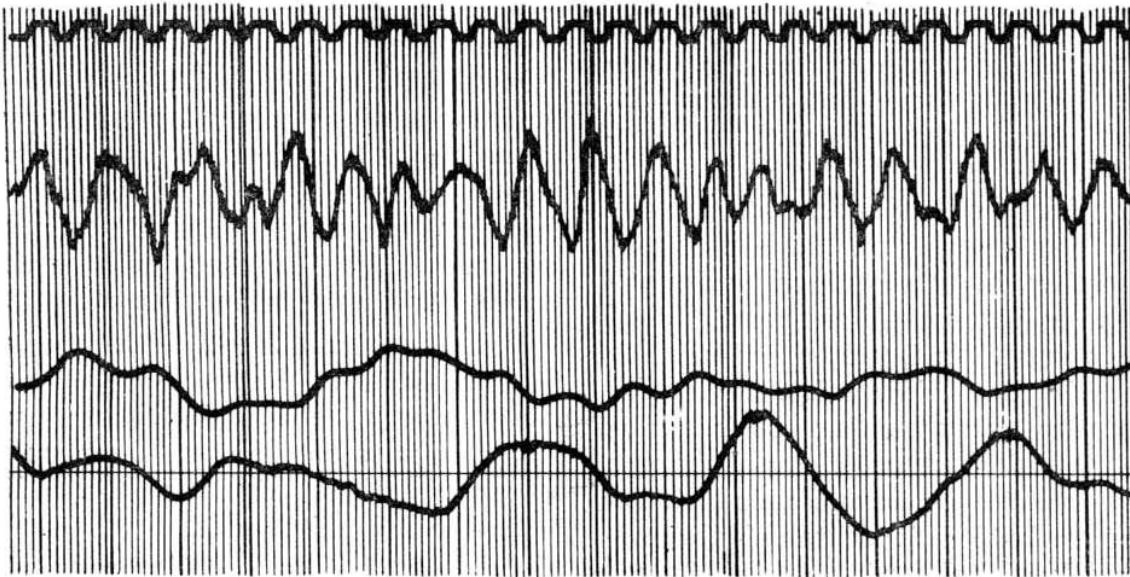
A mozgásban levő utánfutó kerekére három vertikális dinamikus erő hat (16. ábra): a rugóerő (P_r) (P_T), és a tömegerő a reakcióerő (P_D). Ezek az erők minden pillanatban egyensúlyban vannak:

$$P_r + P_T + P_D = 0$$

A rugóerő a rugóútból, a tömegerő a rugózatlan tömeg gyorsulásából határozható meg a rugóállandóval, ill. a



14. ábra. A rugóösszenyomódást vertikális dinamikus erők

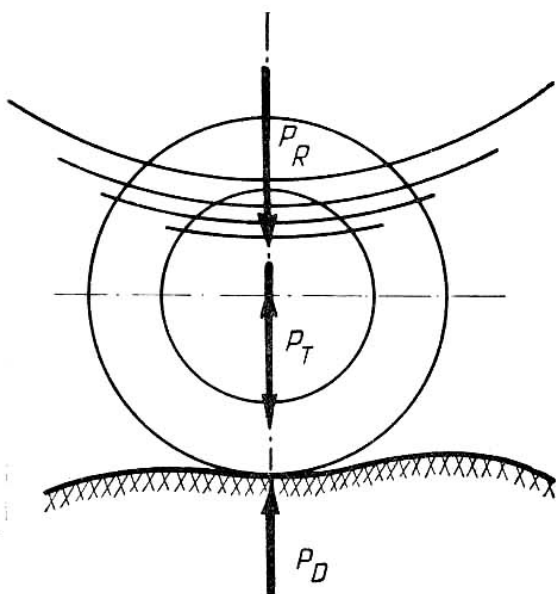


15. ábra. Oszcillogram felvétel. A görbék jelentése sorrendben felülről lefelé: útjel — a rugózatlan tömeg vertikális gyorsulása — rugó út — a gépkocsivezető testének vertikális gyorsulása

tömeggel való szorzás útján, ezek tehát ismertek. A dinamikus reakcióerő ezek után könnyen kiszámítható:

$$P_D = -(P_r + P_T)$$

A 17. ábrán látható a rugóút és a rugózatlan tömegek gyorsulásának a változása, valamint a belőlük számított dinamikus reakcióerő.



16. ábra. Az utánfutó kerekére ható vertikális dinamikus erők

A dinamikus erő ilyen meghatározása rendkívül hosszadalmas, a gyakorlat számára nem megfelelő. A dinamikus reakcióerő meghatározására, ill. jellemzésére eredeti módszert dolgoztunk ki.

Új fogalomként bevezettük a reakcióerő súrolt területét. Ezt a területet úgy kapjuk, hogy a kerékre ható reakcióerőt megszorozzuk a kerék által megtett úttal. Az így nyert mennyiség tehát, bár dimenziója mkp, nem valógos munka, mert nem az erő irányába eső elmozdulást vesszük alapul, hanem az arra merőleges irányú haladást. Ha a kerékre ható erőt vektorral ábrázoljuk, s a kerékkal együtt haladó, önmagával párhuzamosan elmozduló vektor végpontjának útját megrajzoljuk, akkor az így nyert görbe alatti terület

adja a reakcióerő súrolt területének mérőszámát.

Más szavakkal: a reakcióerő súrolt területét a reakcióerőnek a gépjármű által megtett út szerinti integrálja adja.

Abszolút sima úton haladó, belső tömegerőktől mentes gépjárműnél a terület téglalap alakú lenne, mivel a reakcióerő állandó (statikus erőhatások) (18. ábra felső része).

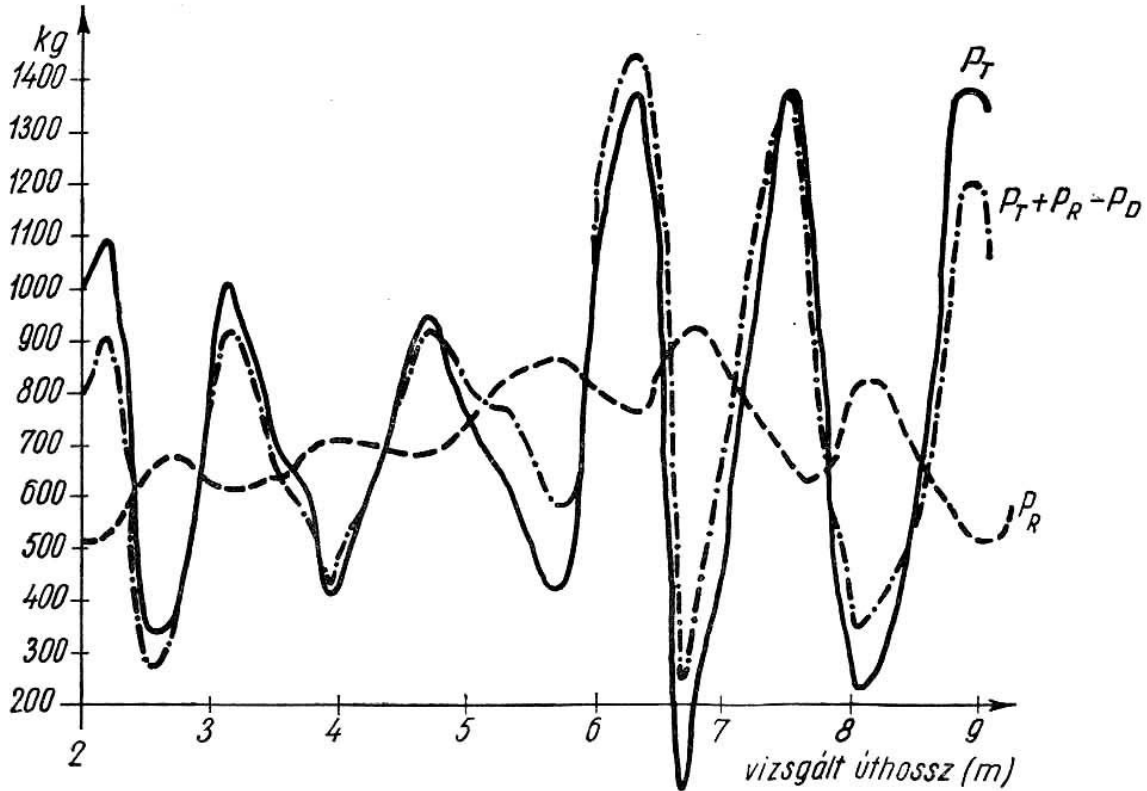
Hullámos úton haladó rugózott gépjárműnél a terület felső határa a reakcióerő változásának megfelelően egy többé-kevésbé szabálytalan görbe (18. ábra alsó része).

Ha elegendő hosszúságú útra vesszük a dinamikus reakcióerő határozott integrálját, akkor az — szimmetrikus lengéscsillapítás esetén — megegyezik a statikus reakcióerő határozott integráljával, mert a dinamikus erő a statikus erő körül ingadozik.

A dinamikus erő integrálja (súrolt területe) tehát nem jellemzi magát a dinamikus erőt. Ellenben, ha a dinamikus erőből csak azokat a szakaszokat vesszük figyelembe, amelyek a statikus erő fölött haladnak, azaz amelyek túlterhelést jelentenek a statikus erőhöz képest, a többi helyen pedig a statikus erővel számolunk, akkor az így nyert terület nagyobb a tisztán statikus erőhöz tartozó területnél. (19. ábra.) Ez az eltérés arányos a dinamikus erővel, tehát ennek a területnek, és a statikus erő súrolt területének a hányadosa jellemzően mutatja, mekkora túligénybevételt jelent az utak hullámossága az abszolút sima úthoz képest.

Ezt a δ -val jelzett viszonyszámot használjuk a dinamikus erő jellemzésére, amely tehát százalékosan mutatja a dinamikus erőhatás, ill. az útegyenlőtlenések következtében fellépő igénybevétel növekedést.

A δ értékét az oszcillogram felvételekről közvetlenül és gyorsan meg lehet határozni planimetrálással, a léptékek gondos megállapítása után.

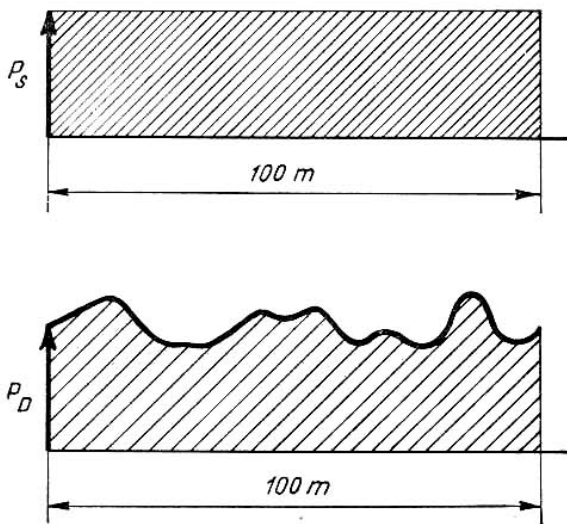


17. ábra. A dinamikus reakcióerő (P_D) változása (pontozott vonal)

A különböző utakhoz tartozó δ értékeket szintén tartalmazza az előző táblázat. A 20. ábrán látható, hogy ezek a kísérletileg kapott értékek a γ függvényében egy görbét határoznak meg.

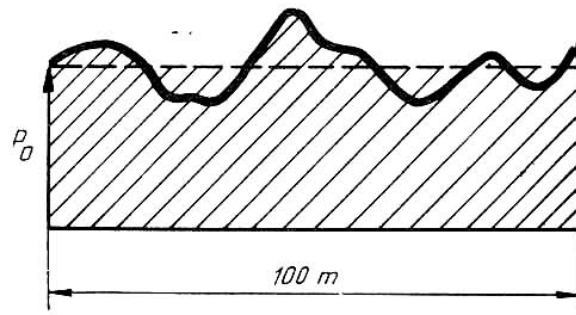
a helyesebb méretezési módszerek kidolgozásához, valamint az útállapot gazdasági hatásainak tisztázásához.

A 9. és a 20. ábrák alapján az út-felület minősítésére az útegyenlőtlen-



18. ábra. A reakcióerő súrolt területe

A δ értékei és a másodlagos hatások (kifáradás, kopás stb.) közötti összefüggések feltárása hozzásegít majd



19. ábra. A dinamikus erővel arányos súrolt terület

ségek szerint a következő kategóriákat javasoljuk:

„A” kategória: gyakorlatilag egyenlőtlenlégtől mentes út;

„B” kategória: közepes egyenlőtlenlégtel rendelkező út;

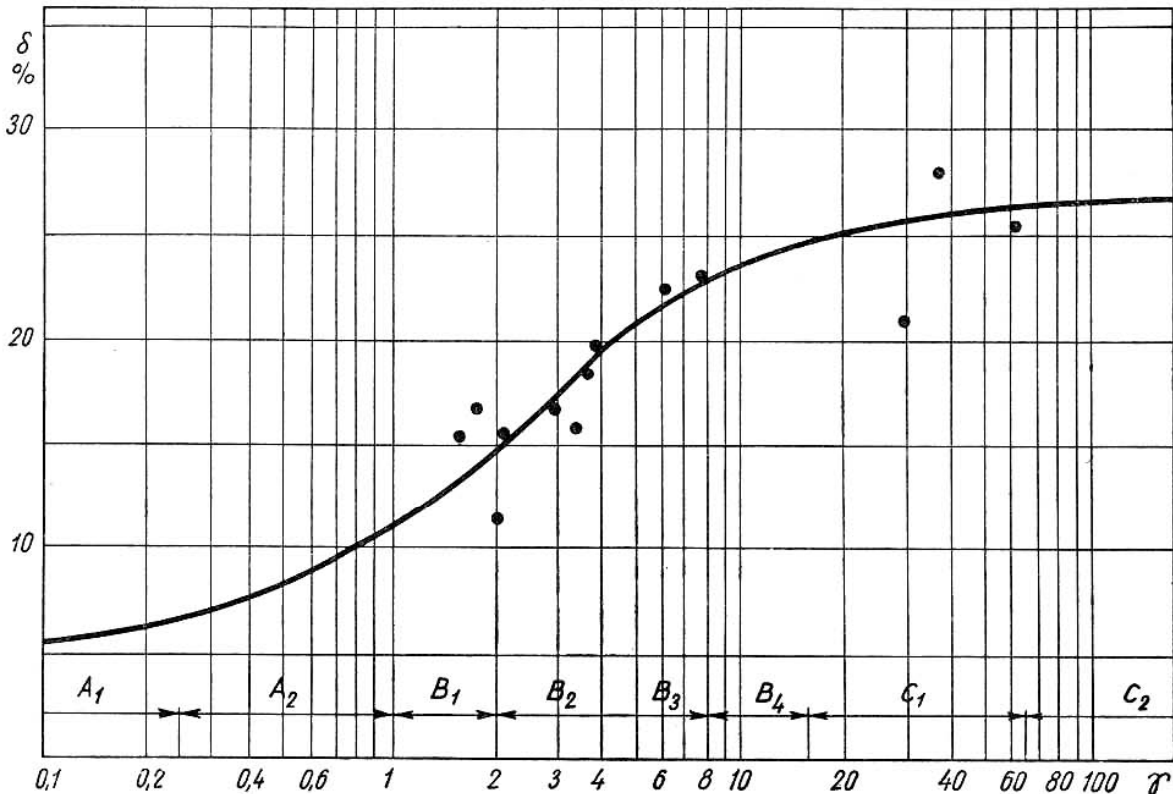
„C” kategória: jelentős egyenlőtlenlégtel rendelkező út.

Mindhárom kategórián belül még további három osztályozás célszerű. Az A és C kategóriát két osztályra, a B kategóriát négy osztályra javasoljuk bontani.

A kategóriák elhatárolásához a következő megfontolást tegyük.

Az A kategóriánál a ma érvényben levő úttávtételei előírásból indulhatunk ki. Ez az előírás az útfelületre fektetett 4 méter hosszú lécs alatt maximálisan

alapított túrt sebesség és dinamikus igénybevétel diagramot vegyük alapul (9. és 20. ábra). Mindkét diagramon látható, hogy a görbe kb. $\gamma = 4,0$ -nél a legmeredekebb s természetesen ide esik az inflexió pont is. Ez a γ érték tehát mindkét görbét két olyan részre osztja, amely egymástól, jellegüket tekintve élesen eltér: $\gamma = 0$ -tól kiindulva a normálsebesség mind meredekebben csökken, ill. a dinamikus igénybevétel



20. ábra. A δ dinamikus igénybevételi tényező változása az útegyenlőtlenség függvényében

4 mm-es hézagot enged meg. Ugyanakkor nem mondja ki, hogy a 4 méteren belül hány helyen engedhető meg hézag. Ha mi a legszigorúbb esetet vesszük, azaz négy méteren belül csak egyetlen hézagot (hullámot) engedünk meg, s ennek a nagysága van 4 mm-ben maximálva, akkor az ilyen útfelületen a γ nagysága legfeljebb 0,25 lehet. Ezt a $\gamma = 0,25$ vegyük az A kategória közepének.

A B kategória középértékének a megválasztásánál a kísérletileg megál-

mind meredekebben nő egészen $\gamma = 4,0$ -ig. Ettől a ponttól jobbra mindkét görbe meredeksége csökken.

Ezek alapján javasoljuk a $\gamma = 0,4$ értéket a B kategória közepének tekinteni.

A C kategória közepét szintén méréseinkre alapozva javasoljuk kijelölni. A bemért legrosszabb állapotban levő utak γ értéke 50–60 körül mozog. Ennél rosszabb állapotú utakon sebességet már nem is mértünk, mivel azok gyakorlatilag rendszeres közlekedésre

alkalmatlanok. Ezt a közlekedésre még éppen alkalmas útminőséget javasoljuk a „C” kategória középértékének.

A kategóriák közötti határokat a logaritmikus skálán középen húzzuk meg. Ezek szerint a három kategória határai:

„A” kategória: $\gamma = 1$ -ig

„B” kategória: $\gamma = 1$ -től $\gamma = 16$

„C” kategória: $\gamma = 16$ -tól.

Az A és C kategória két-két osztá-

lya magától adódik a fentebb megállapított kategória középértékek segítségével. A B kategória közepe szintén két részre osztja a kategóriát, de ezt még tovább javasoljuk felezni, mivel gyakorlatilag az utak zöme ebbe a kategóriába esik, valamint a túrt sebesség és a dinamikus igénybevétel görbéje is itt a legmeredekebb.

Végeredményben az utak osztályozására az útegyenlőségek alapján a következő táblázatot javasoljuk:

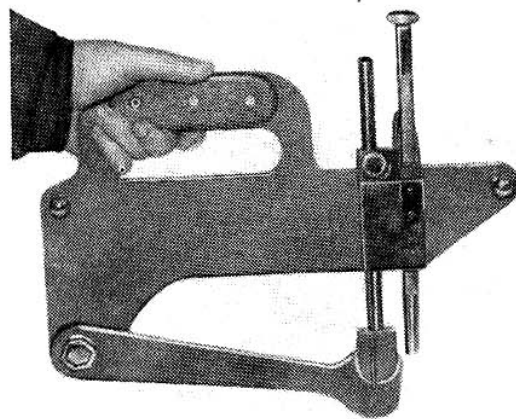
Jel	γ	Túrtsebesség		Dinamikus igénybevétel %
		személy	teher	
A1	0 – 0,25	86	66	4
A2	0,25 – 1,0	82	64	7
B1	1 – 2	77	60	10
B2	2 – 4	70	56	16
B3	4 – 8	63	50	20
B4	8 – 16	53	43	23
C1	16 – 64	44	34	24
C2	64 – ∞	20	15	26

A táblázatban feltüntettük az egyes útminőséghez tartozó túrt sebesség és dinamikus igénybevétel középértékét is. Természetesen ezek a sebességek a mai gépjárműállományra vonatkozó mért értékek.

Amint látható, a vizsgálatnak alávetett utak zöme a B kategóriába tartozik, néhány a C kategóriába, s egyetlen egy sem az A kategóriába. Ez a sajnálatos tény arra mutat, hogy a hazai utaink közül a legjobbnak véltek sem közelítik meg azt a minőséget, ami a szigorúan értelmezett útvételi előírásoknak megfelelne.

A javasolt útminősítési módszer tehát az útfelület geometriai jellemzőin alapszik, az utak minősítésénél tehát ezek meghatározása a feladat. E célra a kutatásnál használt viagraf nem javasolható, egyrészt, mert az bonyolult és drága berendezés, másrészt kezelése nehézkes, azonkívül a nyert adatok kiér-

tékelése hosszadalmas. Gyakorlati célokra egy kielégítő pontosságú, de egyszerűbb műszer szükséges.



21. ábra. Készülék az útegyenlőtlenlégek gyors jellemzésére

Jelenleg kidolgozás alatt van egy kézi mérőkészülék, amely tulajdonképpen maximum mérővel és hullámszám-

lálóval ellátott integrátor (21. ábra). A készülék egyszerű, olcsó, kezelése könnyű. A készülékhez 4 méter hosszúságú, egyenesre gyalult deszka is tartozik.

A készülék használata a következő. A deszkát élével az útra fektetjük. Az integrátort a deszka felső éléhez szorítjuk, úgy hogy tapogatója az út felületét érintse, majd a deszka mentén végig húzzuk. A készülék automatikusan megszámlolja, leméri és összeadja az út egyenlőtlenségeket, valamint megjegyzi az előforduló legnagyobb egyenlőtlenség nagyságát. Ezek az értékek a műszerről közvetlenül leolvashatók.

Összefoglalva, a következő legfontosabb eredményeket értük el:

1. Megállapítottuk, hogy létezik egy ún. túrt sebesség, amely egyértelmű összefüggésben van az útfelület egyenlőtlenségeivel. Ezt az összefüggést meghatároztuk.

2. Megállapítottuk, hogy a túrt sebesség determinánsa a gépjármű vezetőjére ható dinamikus erő.

3. Új paramétert dolgoztunk ki az útfelület egyenlőtlenségeinek jellemzésére.

4. Új paramétert dolgoztunk ki a gépjármű és a pálya között fellépő dinamikus erő jellemzésére.

5. Objektív módszert dolgoztunk ki az útfelületnek osztályozására, az út egyenlőtlenségek szempontjából a gépjárműre gyakorolt hatás alapján.

6. Egyszerű készüléket dolgoztunk ki az útfelület osztályozására.

Irodalom

1. *Mitschke, M.*: Der Reifen in seiner Wirkung auf Fahrzeug und Fahrbahn = ATZ. 1960. 62. kötet 5. szám 118—122. p.