

1999. 49. évfolyam 9. sz.

Közlekedés- tudományi szemle

9.

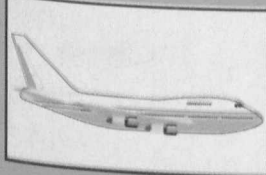
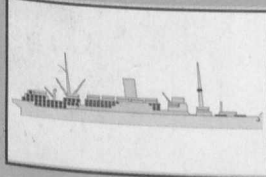
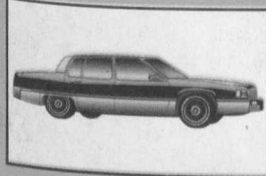
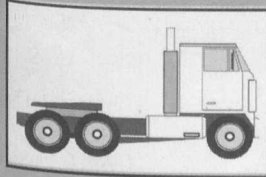
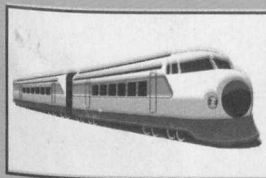
1999

szeptember

XLIX.

évfolyam

1999 -09- 27



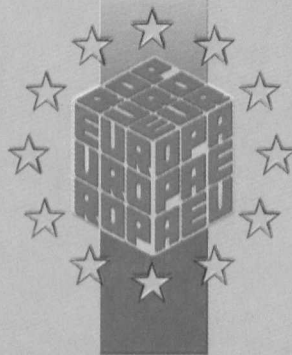
Íves vasúti pályageometria tervezési elvei

EU-MELLÉKLET

A magyar vasutak szállítási piaci szerepe

Autópálya-építések finanszírozása

Közlekedési EU hírek



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE
a Közlekedéstudományi Egyesület tudományos folyóirata

VERKEHRSWISSENSCHAFTLICHE RUNDSCHAU
Zeitschrift des Vereins für Verkehrswissenschaft

REVUE DE LA SCIENCE DES COMMUNICATIONS
Orange de la Société Scientifique des Communications

SCIENTIFIC REVIEW OF COMMUNICATIONS
Monthly of the Scientific Association for Communication

A lap megjelenését támogatják:
ÉPÍTÉSI FEJLŐDÉSÉRT ALAPÍTVÁNY, GySEV,
KÖZLEKEDÉSI FŐFELÜGYELET, KÖZLEKEDÉSI
MÚZEUM, KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI INTÉZET,
LÉGIKÖZLEKEDÉSI ÉS REPÜLŐTÉRI
IGAZGATÓSÁG, MAHART, MÁV (fő támogató),
MTESZ., PRO RENOVANDA CULTURA
HUNGARIAE ALAPÍTVÁNY, UVATERV,
VOLÁN vállalatok közül: AGRIA, ALBA, BAKONY,
BALATON, BÁCS, BORSOD, GEMENC, HAJDU,
HATVANI, JÁSZKUN, KAPOS, KISALFÖLD,
KÖRÖS, KUNSÁG, MÁTRA, NÓGRÁD, SOMLÓ,
SZABOLCS, TISZA, VASI, VÉRTES, ZALA,
VOLÁNBUSZ, VOLÁNCAMION, VOLÁN-TEFU RT.

Megjelenik havonta

Szerkesztőbizottság:
PÁL JÓZSEF elnök
DR. IVÁNY ÁRPÁD főszerkesztő
HÜTTL PÁL szerkesztő

A szerkesztőbizottság tagjai:
Árva Kálmán, Benczédi Mihályné, Bretz Gyula,
Dr. Berényi János, Dr. Czére Béla, Dr. Csizmadia Éva,
Domokos Lajos, Ecsedy Gábor, Erdei Tamás,
Kalmár Béla, Dr. Kerkápoly Endre, Kovács Péter,
Dr. Menich Péter, Dr. Rixer Attila, Dr. de Sorgó Tibor,
Tánczos Lászlóné dr., Dr. Tóth László

A szerkesztőség címe:
1146 Budapest, Városligeti krt. 11. Tel.: 343-0565

Kiadja a Közlekedési Dokumentációs Kft.
1074 Budapest, Csengery u. 15.
Igazgató: Nagy Zoltán

Terjeszti a Magyar Posta Rt. Előfizethető a
hírlapkézbesítőknél és a Hírlapelőfizetési Irodában
(Budapest, XIII. Lehel u. 10/a. levélcím: HELIR,
Budapest 1900), ezen kívül Budapesten a Magyar
Posta Rt. Hírlapüzletági Igazgatósága kerületi
ügyfélszolgálati irodáin, vidéken a postahivatalokban.

Egy szám ára 130,- Ft, egy évre 1560,- Ft.
Külföldön terjeszti a Kultúra Külkereskedelmi Vállalat
1389 Bp., Pf. 149.

Nyomdai előkészítés és kivitelezés: KÖZDOK Kft.
Igazgató: Nagy Zoltán
Rotaüzemvezető: Pesti Jenőné

Publishing House of International Organisation of
Journalist INTERPRESS,
H-1075 Budapest, Károly krt. 11.
Phone: (36-1) 122-1271 Tx: IPKH. 22-5080

HUNGEXPO Advertising Agency,
H-1441 Budapest, P.O.Box 44.
Phone: (36-1) 122-5008, Tx: 22-4525 bexpo

MH-Advertising,
H-1818 Budapest
Phone: (36-1) 118-3640, Tx: mahir 22-5341

ISSN 0023 4362

Tartalom

- Dr. Vaszary Pál:* Gondolatok az íves vasúti pályageometria tervezési elveiről és előírásairól (III. rész).....321
A szerző a cikkben bemutatja a vasúti vonalvezetési szempontok kialakítását és javaslatot tesz a jövőben alkalmazható, eddig nem ismert elvekről.
EU-melléklet:
Dr. Rixer Attila–Dr. Suhai Ferenc–Dr. Tóth Lajos: A magyar vasutak szállítási piaci szerepének és versenyhelyzetének EU-konform javítási alapmodelljei334
A szerző összehasonlítja Magyarországot vasút- és közútsűrűségét az európai országok közlekedési pályáival, elemzi a vasutak és a vasút-vállalatok versenyhelyzetét a szállítási piacon az EU és az EU-tagállamok vasútpolitikájában. Vizsgálja az EU-tagállamok vasút reformjait, a pálya és az üzem szétválasztásának kérdéseit, az infrastruktúrához jutás szabadságát. Mindezen témákban bemutatja a magyar vasút helyzetét.
Dr. Timár András: Hogyan finanszírozhatók az autópálya-építések az Európai Unióhoz csatlakozni kívánó öt közép-európai országban.....347
A szerző elemzi, hogy milyen lehetőségek vannak az autópálya-építések finanszírozásában Csehországban, Észtországban, Lengyelországban, Magyarországon és Szlovéniában.
EU-csatlakozással kapcsolatos közlekedési hírek.....359

Szerzőink:

Dr. Vaszary Pál okl. erdőmérnök, a Széchenyi Főiskola ny. tanára; *Dr. Rixer Attila* okl. gépész- és gazdasági mérnök, a közgazdaságtan kandidátusa, a MÁV Fejlesztési és Kísérleti Intézet irodavezetője, *Dr. Suhai Ferenc* okl. közgazda, kandidátus, főiskolai tanár, Széchenyi István Főiskola (Logisztikai és Szállítmányozási Tanszék); *Dr. Tóth Lajos* okl. közlekedési mérnök, kandidátus, egyetemi docens, a Széchenyi István Főiskola Logisztikai és Szállítmányozási Tanszék tanszékvezetője; *Dr. Timár András* okl. építőmérnök, a közlekedéstudomány doktora, az Európai Újjáépítési és Fejlesztési Bank (London) munkatársa.

**A lap egyes számai megvásárolhatók
a Közlekedési Múzeumban**

Cím: 1146 Bp., Városligeti krt. 11.

valamint a

KÖZDOK Misztótfalusi Könyvesboltjában

1074 Budapest, Hársfa u. 51.

Tel.: 322-7697, fax: 322-1080

Dr. Vaszary Pál

KÖZLEKEDÉSÉPÍTÉS

Gondolatok az íves vasúti

pályageometria tervezési elveiről és előírásairól* (III. rész)

3. Kinetikai átmenetiív elmélet és az effektoid

3.1. Mechanikai megfontolások

3.1.1. Az átmenetiív mentén mechanikai munkavégzésnek kell végbemennie

Az állandó sebességgel egyenes és tökéletes pályán haladó jármű belső erőterében nincs olyan fizikai jelenség, amelynek alapján a haladó járművet a nyugalomban lévőől meg lehetne különböztetni.

De körívben haladva, a belső erőterében ébredő oldalgyorsulás a tömegekre hatva, már fizikai változásokat eredményezett, az utasok fiziológiai érzése is módosult.

Az állandó sebességgel egyenes és tökéletes pályán haladó járműnek csak *haladási* energiája van, körívben viszont számolni kell azzal is, hogy a jármű függőleges tengelye körül folyamatosan elfordul és így már *forgási* energiát is hordoz.

A körívben haladva egyes járműszerkezeti elemekben is erők ébrednek. Például a forgóvázak visszaterelő-rugói hosszváltozást szenvednek el, a lejtősen kiképzett hengergörgős forgótámok körívben megemelik a járműszerkényt stb. Tehát a szerkezettől függően körívben *helyzeti* energiák halmozódnak fel.

A mindkét fajta energiaöbbletnek csak az egyenes és a körív között lehet felhalmozódnia, tehát az átmenetiívek mentén mechanikai munkavégzésnek kell végbemennie, amit mindkét eset-

ben mechanikai munkateljesítmény jellemez.

Célunk most e munkának a változó görbülettől függő teljesítményének és a legkedvezőbb teljesítményekkel járó átmenetiívek meghatározása.

3.1.2. Az átmenetiívbeni munkateljesítmény lényegének meghatározása

Az ívben felhalmozódó energia *a belső, a külső és a szerkezeti* elemek között oszlik meg. Az energiának e három szabadsági fok közötti megoszlása az ekvipartíció elve alapján egyenlő arányban történik. Ezért tehát az eredmény szempontjából közömbös, hogy számításainkhoz melyik, vagy milyen létező, vagy csak elképzelt energiafelhalmozási modellt használunk. Célunknak megfelelően a rugalmas, az ébredő erővel arányos alakváltozást választjuk. Erre egy, a centrifugális erő hatására elmozduló tömeg bizonyulhat alkalmasnak. Igaz, hogy a rugóval összekötött tömeg lengésével számolni kell, de az a

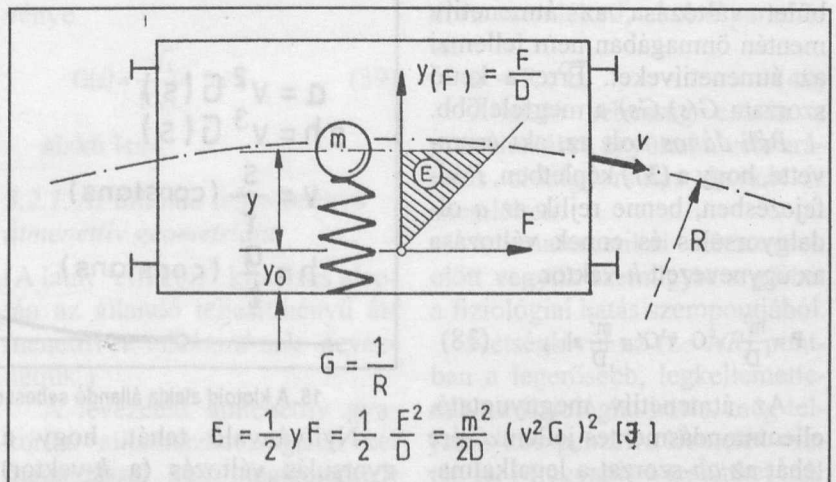
pont, amely körül a tömeglengés megfigyelhető, állandó erő mellett állandó. Továbbá kiköthető a feltétel, mely szerint a modell frekvenciája jóval kisebb legyen a gerjesztés frekvenciájánál. Így jogosan feltételezhető a lengésmentes és az erővel arányos alakváltozás.

A belső munkát vizsgálva, képzeljük a modellt úgy el, hogy a jármű oldalfalához lineáris ($D=[N/m]$) karakterisztikájú rugó közbeiktatásával m tömeget kapcsolunk (14. ábra). E tömege $1/R = G$ görbülettű körívben a v^2G centrifugális gyorsulás F erőt hoz létre, amely a D rugóállandó esetén a rugót y értékkel megnyújtja.

$$y = \frac{F}{D} = \frac{mv^2G}{D} \cdot [m] \quad (32)$$

Ha az erő y úton munkát végez, a rugóban

$$E_s = \frac{1}{2} yF = \frac{1}{2} \frac{F}{D} F = \frac{F^2}{2D} = \frac{(mv^2G)^2}{2D} = \frac{m^2}{2D} v^4 G \quad [J] \quad (33)$$



14. Körívben haladó járműben ébredő energia modellje

*A cikk I. és II. része a Közlekedéstudományi Szemle folyó évi 2., ill. 7. számában jelent meg.

belső energia halmozódik fel.

Ha a v sebességet állandónak tekintjük, a képletben csak a görbület változhat a jármű által megtett s út függvényében

$$E_b = \frac{m^2}{2D} v^4 (G(s))^2, \quad [j] \quad (34)$$

Míthogy a görbület csakis az átmenetiívek mentén változó, felírhatjuk az energiefelhalmazódás folyamatát az átmenetiív mentén történő behaladás közben. Az E_b munka változása az s út függvényében

$$\frac{dE_b}{ds} = \frac{m^2}{2D} v^4 \frac{(G(s))^2}{ds} = \frac{m^2}{D} v^4 G \frac{dG}{ds} = \frac{m^2}{D} v^4 GG', \quad (35)$$

ahol G a görbületnek út szerinti differenciálhányadosa.

Az átmenetiív mentén végzett munka teljesítményét az idő szerinti derivált adja

$$E_b = \frac{dF_b}{dt} = \frac{dF_b}{ds} \cdot \frac{ds}{dt} = E_b' v \quad [w] \quad (36)$$

vagyis a két deriváltat a v sebesség, mint szorzó, különbözteti meg.

Igy a P teljesítmény

$$P = \frac{dE}{dt} = \frac{m^2}{D} v^4 G(s) G'(s) \quad [w] \quad (37)$$

A G a görbület idő szerinti dG/dt deriváltját jelöli.

Az eredmény azt mutatja, hogy sem a görbület, sem a görbület változása az átmenetiív mentén önmagában nem jellemzi az átmenetiíveket. Erre a kettő szorzata $G(s) \cdot G'(s)$ a megfelelőbb.

Béli János volt az, aki észrevette, hogy a (37) képletben, P kifejezésben, benne rejlik az a oldalgyorsulás és ennek változása az úgynevezett h -vektor.

$$P = \frac{m^2}{D} \cdot v^2 G \cdot v^2 G' = \frac{m^2}{D} ah \quad (38)$$

Az átmenetiív megnyugtató, ellentmondásmentes jellemzésére tehát az ah -szorzat a legalkalmasabb.

3.1.3. Munkateljesítmény a lineáris és a hullámos görbületkifutású átmenetiívben

Az elmondottak alapján jellemezhetjük a lineáris görbületkifutású átmenetiívnek, a klotoidnak tulajdonságait.

Mindmáig a jellemzés geometriai és kinematikai alapon történt, tehát olyan jellemzőkkel, mint a tömeg, az erő, a mechanikai munka és a teljesítmény nem számolt, holott az utazási kényelmet jelentő fiziológiai hatásokat sem a geometria, sem a mozgást leíró, a pusztán szemléletnek megfelelő kinematikai összefüggések nem jellemezhetik, és nem is magyarázhatják meg.

A klotoid mentén a görbület és vele együtt az utasra ható centrifugális gyorsulás lineárisan nő, mindkettőnek változása időben állandó. Tehát az átmenetiív szerkezeti minőségét csak azzal a legkedvezőtlenebb szinguláris (egyedi) a ponttal lehet jellemezni, amelyben az már a körívhez közvetlenül csatlakozik. Ha a klotoid hosszát korlát nélkül növelnénk, az oldalgyorsulás válna egyre kellemetlenebbé, holott a h -vektor a minden határon túl növekvő gyorsulás mellett semmit sem változna (15. ábra).

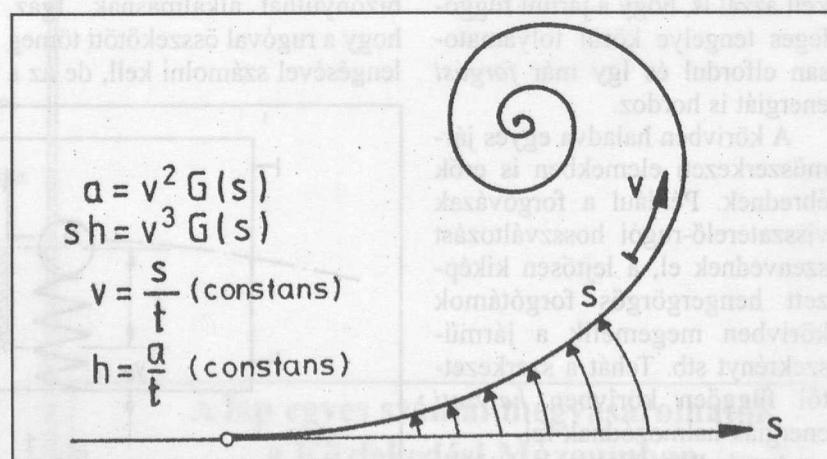
semmi más, mint a körívben elfogadható görbület és oldalgyorsulás korlátozhatja.

A klotoid mentén haladó jármű a függőleges tengelye körül egyre gyorsabban forog. Az aszimptotikus pontban a teljes mozgási energia forgómozgási energiába tömörülne, haladása már nem létezne.

Lássuk most miképpen alakulnak a kinetikai jellemzők (a munka és a teljesítmény) a klotoid mentén.

A (34) képlet szerint a végzett munka az átmenetiív mentén megtett s út függvényében négyzetesen nő, tehát gyorsabban, mint maga a gyorsulás. Ha a teljesítményt figyeljük, azt tapasztaljuk, hogy ez a jellemző csak lineárisan, de folytonosan változik.

Az átmenetiív végén tehát a fiziológiai hatások a legkellemetlenebbek. Ugyanakkor az átmenetiív elején mind az energia, mind a munka, mind a teljesítmény zérus, így fiziológiai hatás sem létezik. Elméletileg teljesen megalapozatlan a görbületi vonal törését, vagy a görbületváltozás szakadását az átmenetiívalak megválasztásánál döntő kritériumnak tekinteni, netán egy tudományos elemzésnél a klotoidot abszolút figyelmen kívül hagyni.



15. A klotoid alakja állandó sebesség és állandó oldalgyorsulás esetében

Nyilvánvaló tehát, hogy a gyorsulás változás (a h -vektor) csak az átmenetiív mentén lehet alkalmas a jellemzésre, gyakorlatban megengedhető hosszát

E tekintetben a hullámos görbületkifutású átmenetiíveknek a lassú görbületnövekedése az átmenetiív elején nem jelent előnyt, sőt azzal, hogy a tangenshosszat

indokolatlanul megnövelik, hátrányosak is lehetnek. A hátrány belátható, ha meggondoljuk, hogy a vonali sebességfelemelésknél az érintőhosszak növelése a helyi adottságok miatt gyakran lehetetlen, pedig az ívsugarak és az átmenetiív hosszak növelése nélkül alig emelhető a pályára engedélyezhető sebesség mértéke.

A klotoidnak kinetikai alapon kimutatható hátránya nem más, mint a növekvő teljesítmény az átmenetiív mentén. Ezt a hátrányt a hullámos kifutású átmenetiívek se csökkentik, csupán a maximumot helyezik hátrább az átmenetiív végéről [17] [18] [19] [20]

3.2. Az effektoid

Minden fizikai munkavégzésnél hátrányos, ha a megkövetelt teljesítmény nem egyenletes és maximumokat tartalmaz. Egy adott feladat akkor végezhető el a legkisebb teljesítményű motorral, ha nem igényel kiugró teljesítményhez kötött részfeladatokat, vagyis akkor, ha a szükséges teljesítmény időben egyenletesen oszlik el. Tehát keresnünk kell azt az átmenetiív alakot, amelynél a teljesítmény állandó marad. Ez azt jelenti, hogy a

$$P(s) = \frac{m^2}{D} v^2 G(s) G'(s), \quad (37)$$

illetve

$$P(s) = \frac{m^2}{D} a_n \cdot h_n \quad (38)$$

képletekben a görbületnek és változásának vagy a normálirányú gyorsulásának és változásának szorzatai (állandó sebességet feltételezve) az átmenetiív teljes hosszában állandóak maradnak.

A feladatot ezek után matematikailag az a differenciálegyenlet fogalmazza meg, amely mellett a görbületfüggvénynek és deriváltjának szorzata állandó

$$G(s) \cdot G'(s) = \text{konstans.} \quad (39)$$

Ez az összefüggés az állandó teljesítményű átmenetiív megta-

lálásának kulcsa.

Ezért keressük azt a $G(s)$ görögület-ív hossz racionális geometriai $G = s^n$ függvényt, amely eleget tesz a $G(s) \cdot G'(s) = \text{konstans}$ követelménynek. Tehát a

$$G = s^n, \\ G' = ns^{n-1}$$

függvények szorzatában az ismeretlen n kitevőt kell meghatározni:

$$ns^{n-1} \cdot s^n = ns^{2n-1} = \text{konst.}$$

A függvény ne legyen monoton csökkenő se emelkedő, vagyis iránytangense legyen nulla. Ezt a követelményt a zérus értékű kitevő elégíti ki:

$$2n - 1 = 0 \text{ és ebből:}$$

$$n = 1/2.$$

A görbület keresett függvénye tehát, az állandó szorzót egységnek tekintve

$$G = s^2 = \sqrt{s}$$

Ellenőrizzük, hogy G' és G szorzata valóban állandó-e?

$$G' = \frac{1}{2} s^{-1/2} = \frac{1}{2} s^{-1} = \frac{1}{2\sqrt{s}}$$

$$GG' = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{s}}{\sqrt{s}} = \frac{1}{2} = \text{konstans}$$

Ezzel megtaláltuk az állandó teljesítményű átmenetiív görbületének függvényét. Ebből már gépies matematikai művelet az érintőszögfüggvények és a helyszínrajzi alaknak levezetése.

Így a klotoidnál ismert $G(s) = s/RL$ képlethez hasonlóan az effektoid görbület-ív hossz függvénye

$$G(s) = \frac{\sqrt{s}}{R\sqrt{L}} \quad [m^{-1}] \quad (39)$$

alakú lesz.

3.2.1. Az állandó teljesítményű átmenetiív geometriája

(A latin "effektus" kifejezés alapján az állandó teljesítményű átmenetiívet *effektoid*-nak nevezhetjük.)

A levezetett átmenetiív gyakorlati alkalmazhatóságánál két megoldással kell megismerkednünk:

– az egyik a semmi nehézséget nem jelentő, a túlelemeléssel

nem számoló változat;

– a másik az a bonyolultabb geometria, amelyet akkor kell alkalmazni, ha a görbülettel arányos túlelemelésre is szükség van.

Ebből az következik, hogy az állandó teljesítményű átmenetiívet a nagy sebességű vonalak vonalvezetésének optimalizálásánál lesz célszerű alkalmazni.

3.2.2. Túlelemelés nélkül építhető állandó teljesítményű átmenetiív

A görbületi függvényt, mint láttuk a

$$G(s) = \frac{\sqrt{s}}{R\sqrt{L}} \quad [m^{-1}] \quad (39)$$

képlet írja le, melyben s az ív mentén mért úthossz, L a teljes átmenetiív hossza, $R\sqrt{L} = B$ az átmenetiív paramétere, amelyet a csatlakozó körív sugara R egyértelműen meghatároz.

Az ívsugár helyett használhatjuk annak reciprok értékét vagy a h ívmagasságot is, amelyet az a félhúr hossz esetén a

$$h = \frac{a^2}{2R} \quad [m]$$

összefüggés ad meg. Így, ha a görbületet $2a = 20$ m hosszú húr közepén mért ívmagassággal mérjük, akkor

$$h = \frac{50\sqrt{s}}{R\sqrt{L}} \quad [m]$$

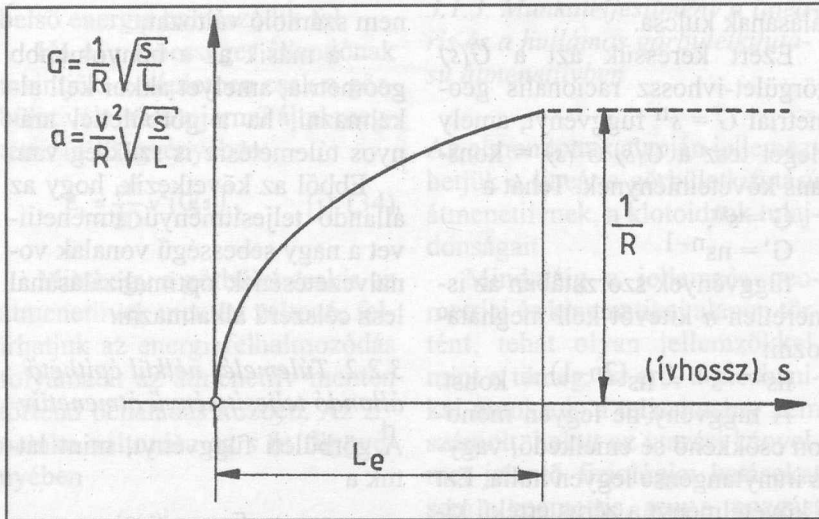
A görbületi függvényt a 16. ábra szemlélteti, ahol a paraméter

$$B = R\sqrt{L}. \quad (40)$$

Állandó sebesség esetén a görbületi ábra egyúttal a vele arányos oldalgyorsulás értékét is szemlélteti.

A matematikai elemzések előtt vegyük szemügyre a görbét a fiziológiai hatás szempontjából.

Kétségkívül az $(L; 1/R)$ pontban a legerősebb, legkellemetlenebb a fiziológiai hatás, még teljesen kompenzált túlelemelés esetén is. Itt ugyanis a testünket már a megnövekedett nehézségi gyorsulás terheli. Ha emelnünk kell, a tömegek súlyát nehezebbnek



16. Az állandó teljesítményű átmenetiív görbületi ábrája

érezzük.

Képzeld el, hogy az ábra magas fennsíkot és a hozzá vezető parabolikus lejtőt szemlélteti. A fennsíkon a légnyomás legyen jelentős mértékben kisebb a kezdeti 0 pontban. Ha fel kívánunk jutni a magaslatra a lejtő mentén, erőnket nyilván úgy osztjuk be, hogy amíg a levegő még kellőképpen sűrű, már elérjük a lehető legnagyobb szintkülönbséget azért, hogy később a légnyomás csökkenésével egyre csekélyebb legyen az út meredeksége kevésbé nehéz a felfelé haladás. Ha a lejtő egyenletes lenne, minél magasabbra érnénk, annál lassabban kellene haladnunk, csak fokozottabb megerősítéssel lennénk képesek a felfelé haladás sebességét tartani, hiszen egyre kevesebb oxigént lélegezhetnénk be.

Hasonló a helyzet a bűvárok merülésénél is. Minél mélyebbre jutottak, annál több energiára, megerősítésre van szükségük, hogy mélyebbre kerülhessenek, ahol már egyre nagyobb nyomást kell elszenvedniük.

A szellemi munkánál is sokszor így alakul a magasabb szintre lépések energiaszükséglete. Jó példa erre az angol nyelv tanulása. Minél mélyebben halad az ember a nyelvismeretben, annál több energia szükséges a továbblépéshez.

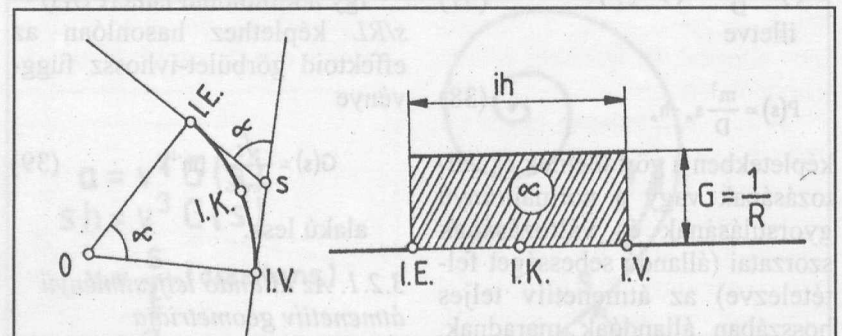
Általában minden eredmény fokozásához fokozottabban több munka kell. Ezért egyre nehezebb az új rekordok felállítása minden téren.

Végül ezek az analógiák világítják meg az állandó teljesítményű átmenetiív fiziológiailag kedvező szerkezetét, a gyorsulás növekedésével csökken annak változása.

3.2.3. Az átmenetiív elhelyezkedése a tiszta körívhez képest

A körív helyszínrajzát és görbületi ábráját a 17. ábra szemlélteti.

A tiszta körív görbületi ábrája téglalap, amelynek szimmetria-



17. Átmenetiív nélküli tiszta körív helyszínrajzi és görbületi ábrája

tengelye az ív s középpontjának helyét jelzi. A téglal magassága a görbület, laphosszúsága az I_h ívhosszat méri, végül a terület A középponti szöggel arányos:

$$\text{arc} \alpha = \frac{I_h}{R} \quad (41)$$

Az átmenetiív beiktatása nem változtatja meg a sarokponti szöveget, tehát az átmenetiívek görbületének vonalát úgy kell elhelyezni, hogy a görbületi ábra alatti terület nagysága változatlan maradjon.

Minthogy a parabola alatti terület $2L/3R$, a parabolának $2/3$ hossza nyúlhat be a téglalap területébe (18. ábra).

Az ábrára szaggatott vonallal berajzoltuk az azonos hosszúságú klotoid görbületi ábráját is. Leolvasható, hogy a klotoid helyett az állandó teljesítményű átmenetiív alkalmazása $L/6$ értékű tangenshossz-csökkenést eredményez.

A matematikai összefüggések a következők:

a) a görbület függvénye

$$\frac{1}{R} = G = \frac{\sqrt{s}}{R\sqrt{L}} = \frac{\sqrt{s}}{B} \quad (42)$$

Az $R\sqrt{L} = B$, az állandó teljesítményű átmenetiív paraméterét jelenti.

b) az érintőszögfüggvény a görbületnek ívhossz szerinti integrálja

$$\begin{aligned} \text{arc} \varphi &= \frac{1}{R\sqrt{L}} \int \sqrt{s} \cdot ds, \\ \text{arc} \varphi &= \frac{1}{R\sqrt{L}} \int \sqrt{s} \cdot ds = \frac{2}{3} \frac{1}{R\sqrt{L}} s^{\frac{3}{2}}, \\ \varphi^\circ &= \frac{2}{3} \frac{1}{R\sqrt{L}} \cdot \frac{180}{\pi} s^{\frac{3}{2}}. \end{aligned} \quad (43)$$

c) az állandó teljesítményű átmenetiív geometriai alakja

Az érintőszögfüggvény (szögkép) alatti terület, vagyis az érintőszögfüggvény integrálja, a kezdeti érintőtől való távolságot, vagyis a helyszínrajzi ordinátát adja meg

$$y = \frac{2}{3} \frac{1}{R\sqrt{L}} \cdot \int s^{\frac{3}{2}} ds \quad (44)$$

$$y = \frac{2}{3} \frac{1}{R\sqrt{L}} \cdot s^{\frac{3}{2}}$$

Így a végponti ordináta

$$Y = \frac{4}{15} \frac{1}{R\sqrt{L}} \cdot L^{\frac{3}{2}} = \frac{4}{15} \frac{L^2}{R} \text{ [m]} \quad (45)$$

d) a körív befelételődása állandó teljesítményű átmenetiív esetén

A körívnek befelételődását a körív és az átmenetiív végponti ordinátáinak különbsége adja meg. Ezeket az érintőszögfüggvények alatti terület szemlélteti (19. ábra):

Az f értéknek tehát az ABD terület felel meg

$$f = ACD - ABD,$$

$$ACD = \frac{4}{15} \frac{L^2}{R},$$

$$BCD = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{9} \frac{L^2}{R} = \frac{2}{9} \frac{L^2}{R},$$

$$f_e = ABD = \left(\frac{4}{15} - \frac{2}{9} \right) \frac{L^2}{R},$$

$$f_e = \frac{L^2}{22,5R} \quad (46)$$

A klotoidnál a körív befelé toródása kisebb

$$f_{klot} = \frac{L^2}{24R} < \frac{L^2}{22,5R}$$

A nagyobb f érték építésnél egyáltalában nem jelent hátrányt, mert minél jobban távolodik el a körív a csatlakozó érintőegyenesről és ezzel a sarokponttól, annál hosszabb átmenetiívre van szükség. Minél nagyobb az f , annál hosszabb átmenetiív alkalmazására kényszerül a tervező és az átmenetiív alakjától függetlenül az f növekedésével csökken a gyorsulásváltozás, az úgynevezett h -vektor is.

A német vasutak (DB) előírásai ebből a szempontból az f érték minimumát szabták meg tervezési előírásaikban.

Ezen előírásoknak megfelelően a MÁV Rt-nél ismert átmenetiív alakokat a német előírások szerint összehasonlítva, azt találjuk, hogy az f érték nagyságrendje, ha az átmenetiív hosszát állandónak tekintjük, a következő:

koszinusz- $f_{\cos} = \frac{L^2}{43,23R}$; (47)

görcbületkifutás

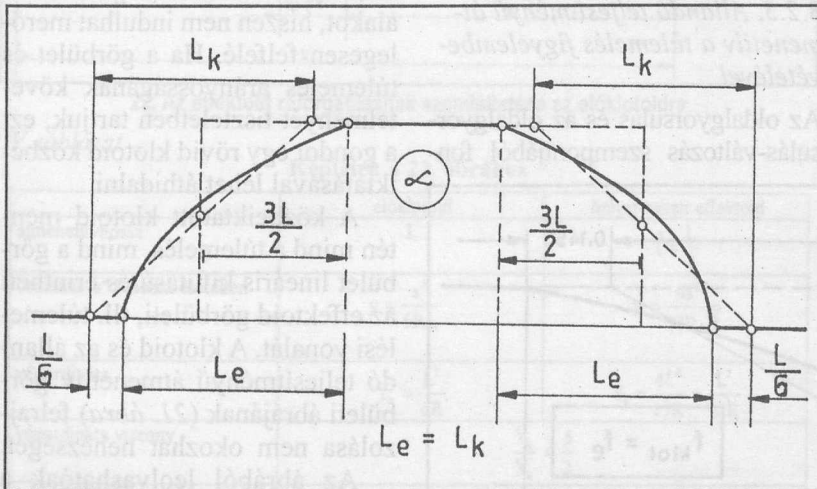
klotoid: $f_k = \frac{L^2}{24R}$; (48)

állandó

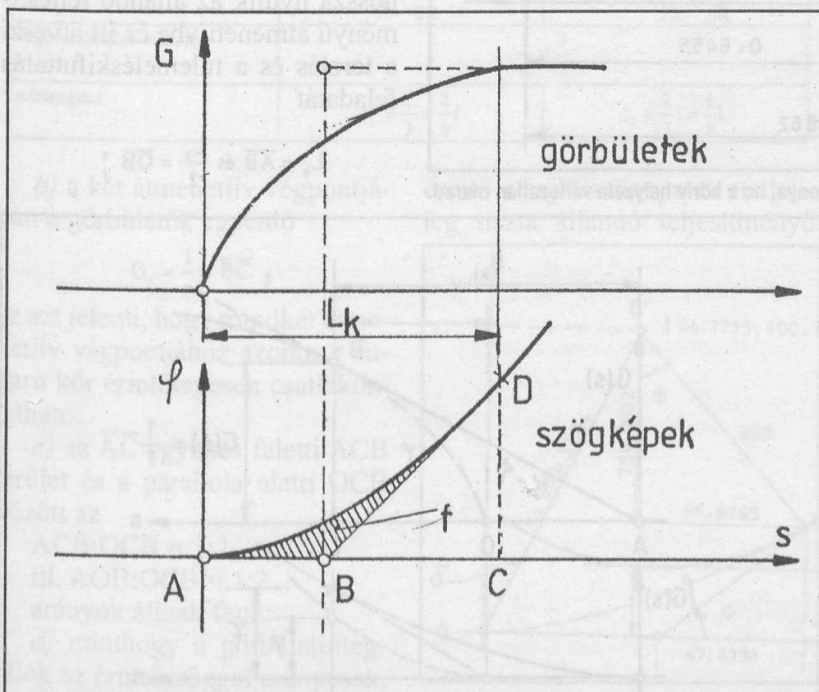
teljesítményű $f_e = \frac{L^2}{22,5R}$; (46)

átmenetiív

vagyis: $f_{\cos} < f_k < f_e$



18. Klotoiddal és állandó teljesítményű átmenetiívvel készült körív görbületi ábrája



19. Klotoid és effektoid görbületi és érintőszögfüggvény ábrája

Tehát a német szemlélet alapján legelőnyösebb az állandó teljesítményű, legkevesebb előnyös a koszinusz görcbületkifutású átmenetiív lenne.

3.2.3. A klotoid átalakíthatósága állandó teljesítményű átmenetiívre

Az átalakítási munkáknál követelmény, hogy az minél kevesebb ívkorrekciós munka árán valósulhasson meg, tehát a görcbületkifutás úgy változzék, hogy a körív lehetőleg helyben maradjon, vagyis az eredeti f érték ne módosuljon nagyobb mértékben.

A szükséges átalakítást célsze-

rú érintőszög-képeljárással megtervezni, mert úgy a szükséges vágánytengelyeltolások közvetlenül számíthatóak és a géplánc egyetlen áthaladása során megvalósíthatóak.

Számítható az f értéket változtatlanul hagyó L_e (effektoid) állandó teljesítményű átmenetiívnek a hossza

$$\frac{L_{klot}^2}{24R} = \frac{L_s^2}{22,5R} \quad |$$

$$\text{ebből } L_{eff} = L_{klot} \sqrt{\frac{22,5}{24}} = 0,968245 \quad (47)$$

Az L_e hosszát egységnek tekintve a 20. ábra szemlélteti az L_{eff} elhelyezkedésének módját a meglévő lineáris görbületváltozású klotoidhoz képest.

vasolható határ

$$\frac{L}{R} \geq 0,25 \quad (48)$$

A $L/R = 0,25$ -től megadjuk a sorbafejtés alapján számított derékszögű koordinátákat:

$x = L/R$	x	y
0,1	0,099994	0,000843
0,2	0,199911	0,004769
0,3	0,299550	0,013133
0,4	0,398579	0,026926
0,5	0,496536	0,046941
0,6	0,592832	0,073822
0,7	0,686758	0,108067
0,8	0,777489	0,150037
0,9	0,864108	0,199938
1	0,945608	0,257816

3.2.5. Állandó teljesítményű átmenetiív a túlemelés figyelembevételével

Az oldalgyorsulás és az oldalgyorsulás-változás szempontjából fon-

tos, hogy a túlemelés és az oldalgyorsulás viszonya az átmenetiív mentén állandó érték legyen. Ellenkező esetben sem a kedvező gyorsulásváltozás, sem az állandó teljesítmény nem lenne megvalósítható.

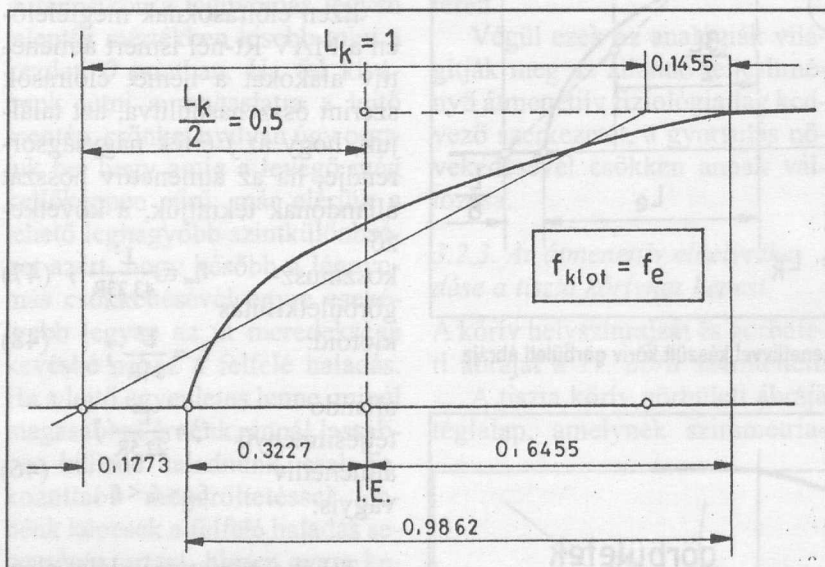
Túlemelés nélkül, az egyenes és az átmenetiív csatlakozásánál az érintő irányváltozása folytonos, így a görbületi ábra adott geometria minden nehézség nélkül megvalósítható. A görbület vonalának érintője az effektoid elején azonban merőleges a csatlakozó egyenesre, és így nyilvánvaló, hogy a túlemelés vonala nem követheti ezt a geometriai alakot, hiszen nem indulhat merőlegesen felfelé. Ha a görbület és túlemelés arányosságának követelményét tiszteletben tartjuk, ezt a gondot egy rövid klotoid közbeiktatásával lehet áthidalni.

A közbeiktatott klotoid mentén mind a túlemelés, mind a görbület lineáris kifutású és érintheti az effektoid görbületi, ill. túlemelési vonalát. A klotoid és az állandó teljesítményű átmenetiív görbületi ábrájának (21. ábra) felrajzolása nem okozhat nehézséget.

Az ábrából leolvashatóak a következő összefüggések:

a) a csatlakozó klotoid félhossza nyúlik az állandó teljesítményű átmenetiívbe és itt átveszi a terelés és a túlemelés kifuttatás feladatát

$$L_k = \overline{AB} \text{ és } \frac{L_k}{2} = \overline{OB} \quad |$$

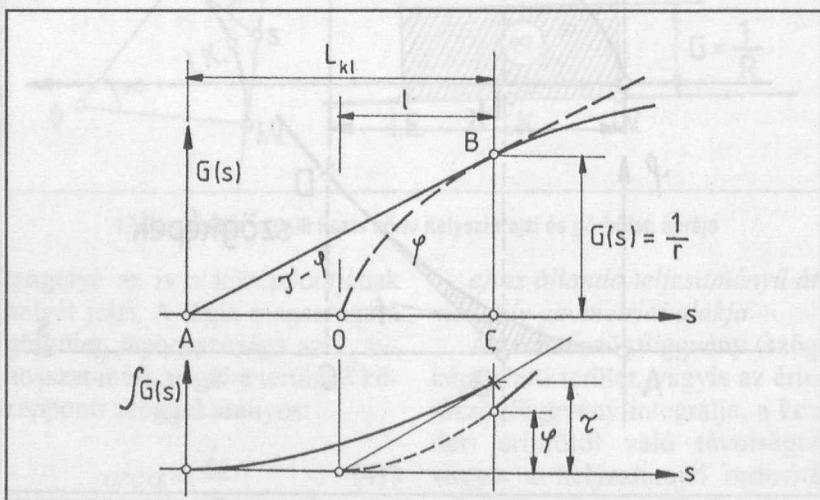


20. Klotoid és effektoid elhelyezkedésének viszonya, ha a körív helyzete változatlan marad

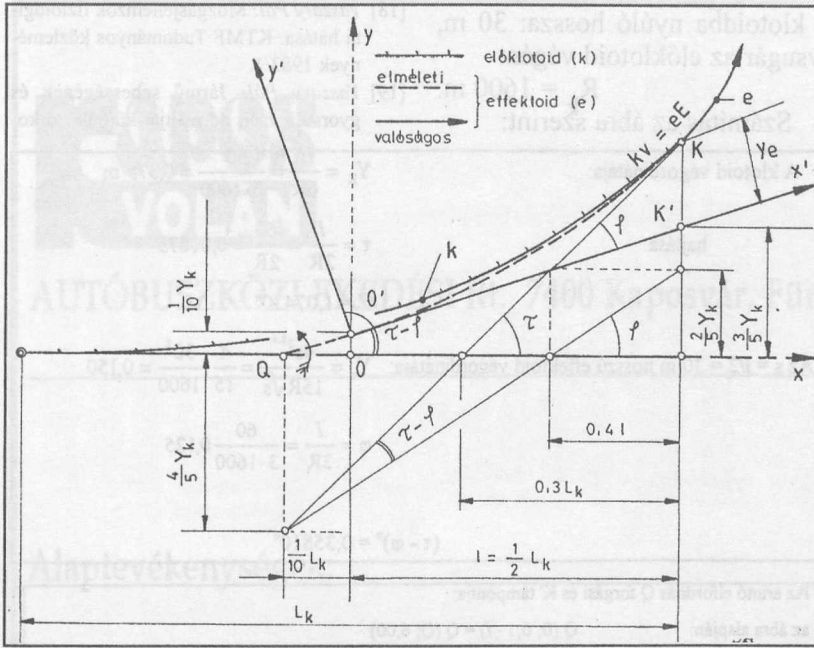
3.2.4. Az ívhosszparaméteres függvény kitűzése érintőről

Az érintőszögfüggvény-eljárás egyik előnye, hogy nem a vetület, hanem az s ívhossz a független változó és így elvileg sorbafejtés nélkül is korlátlanul alkalmazható eljárás.

Az ívhossz és az abszcissza közötti különbség rövid átmenetiív-hosszak, nagy körívsugarak esetén elhanyagolható. Viszont akkor, ha az ívsugár és az átmenetiív-hossz aránya jelentős, már sorbafejtést kell alkalmazni. A ja-



21. Effektoid előklotoiddal. Görbületi és szögeképek.



22. Az effektoid ráforgatásának szemléltetése az előklotoidra

IV. táblázat

Képletek a 22. ábrához

	előklotoid	helyettesített effektoid
átmenetiív-hossz	L	$l = \frac{L}{2}$
ordináta "s" ívhossz esetében	$y = \frac{s^3}{6RL}$	$y = \frac{4s^{2,5}}{15R\sqrt{l}}$
végordináta	$Y_k = \frac{L^2}{6R}$	$Y_e = \frac{4l^2}{15R} = \frac{L^2}{15R}$
végordináta viszony	$\frac{Y_k}{Y_e} = \frac{5}{2}$	
érintőhajlás	$y' = \frac{s^2}{2RL}$	$y' = \frac{10s^{1,5}}{15R\sqrt{l}}$
végérintőhajlás	$\tau = \frac{L}{2R}$	$\varphi = \frac{2l}{3R} = \frac{L}{3R}$
végérintőhajlás-viszony	$\frac{\tau}{\varphi} = \frac{3}{2}$	
subtangens	$t_L = \frac{L}{3} = \frac{2}{3}l$	$t_l = \frac{2}{3}l = \frac{1}{5}L$

b) a két átmenetiív végpontjában a görbületük egyenlő

$$G_c = \frac{1}{r} = \overline{BC}$$

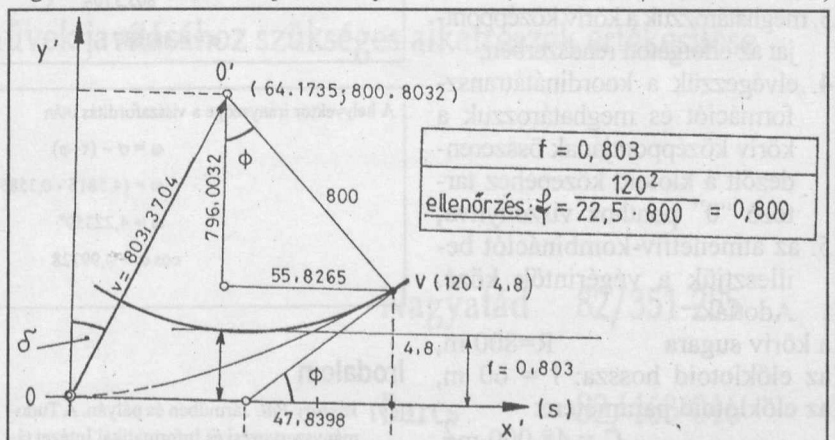
ez azt jelenti, hogy mindkét átmenetiív végpontjához azonos r sugarú kör érintőlegesen csatlakoztatható.

c) az \overline{AC} egyenes feletti ACB terület és a parabola alatti OCB között az

ACB:OCB = 3:2,
ill. AOB:OCB = 1:2
arányok állnak fenn;

d) minthogy a görbületintegrálok az érintőszöggel arányosak, a klotoid végpontjához húzott

érintő τ hajlásszöge, s az eredetileg tiszta állandó teljesítményű



23. A kombinált átmenetiív "f"-értékének számításához segédábra.

átmenetiív végérintőjével φ hajlása között is fennáll a következő viszony, vagyis

$$\tau : \varphi = 3 : 2,$$

az állandó teljesítményű átmenetiívnek tehát,

$$\tau - \varphi$$

szöggel el kell fordulnia ahhoz, hogy a B végpontokban az érintőirány egyenlő lehessen;

e) a görbületi függvények integráljai az érintőszögfüggvények (21. ábra). Ezek végpontjában a τ és φ értékek szemléltetik a végérintőhajlások viszonyát.

A helyszínrajzot (22. ábra) szemlélve, látható, hogy a két különböző geometriájú átmenetiívnek sem az iránya, sem a helyzete nem azonos. Minthogy az előklotoidnak a meglévő rögzített egyeneshez kell csatlakoznia, az effektoidot kell lineárisan és irány tekintetében transzformálni, hogy olyan koordináta-rendszerbe illeszkedjék, amelyben kitűzése nem okoz különösebb gondot.

Láttuk, hogy az érintők a helyszínrajzi ábrázolásban nem párhuzamosak, hanem $\tau - \varphi$ szöveget zárnak be. Az effektoid érintőjét tehát a Q pont körül reá kell forgatni a klotoid érintőjére. Minde mellett tudomásul kell venni, hogy a Descartes féle koordináta-rendszer (x; y) függvényeinek és az ívhosszparaméterű felfogásnak különbözőségét.

Minthogy az előklotoid viszonylag rövid és mélyen alatta marad, az $L \leq 0,15R$ határnak,

elfogadhatjuk, hogy a valóságos hosszak a vetületeikkel helyettesíthetők.

A helyszínrajzon az ordináértékek y irányban torzítottak, a kis hajlásértékek mellett ez megengedhető, mert az ívhossz és vetület közötti eltérések elhanyagolhatóak.

A jellemző összefüggéseket a IV. táblázat foglalja össze, megadva egyúttal a fontos viszonyszámokat is.

Megállapíthatjuk, hogy a már elforgatott \overline{QP} érintőn az O - pontból kiinduló effektoid $K_v = eE$ ponthoz hiba nélkül tűzhető ki klotoid vagy harmadfokú parabola.

Az előklotoid és az effektoid hossza szabadon tervezhető, de a kombinált átmenetívhez tartozó f érték és tangenshossz külön számítás igényel, ami a teljes geometriára kiterjedő példa végigszámításával válik világossá és természetessé (23. ábra). A következőkben bemutatott példa végigszámolása a témában jártas mérnök számára nem jelenthet gondot.

Példa az előklotoiddal tervezett effektoid kitűzési tervéhez

A számítás lépései:

1. az ábra alapján egymáshoz illesztjük két különböző átmenetívét;
 2. megadjuk a főpontok összerendezőit az előklotoidnál az egyenes pályára vonatkozó ordinátákkal, az effektoidnál az elfordított érintőre (csak a klotoid után következő nyomvonalra);
 3. meghatározzuk a körív középpontját az elforgatott rendszerben;
 4. elvégezzük a koordinátatranszformációt és meghatározzuk a körív középpontjának összerendezőit a klotoid közepéhez tartozó "0" ponthoz viszonyítva;
 5. az átmenetív-kombinációt beillesztjük a végérintők közé.
- Adottak:

a körív sugara $R=800$ m,
az előklotoid hossza: $l = 60$ m,
az előklotoid paramétere:

$$C = 48\,000 \text{ m}^2,$$

az effektoid teljes hossza: 120 m,

a klotoidba nyúló hossza: 30 m,
ívsugár az előklotoid végén:

$$R_k = 1600 \text{ m.}$$

Számítás az ábra szerint:

A klotoid végordinátája:

$$Y_k = \frac{l^2}{6R} = \frac{60^2}{6 \cdot 1600} = 0,375 \text{ m}$$

hajlása:

$$\tau = \frac{l}{2R} = \frac{60}{2 \cdot 1600} = 0,01875$$

$$\tau^\circ = 1,07430^\circ$$

Az $s = l/2 = 30$ m hosszú effektoid végordinátája:

$$Y_e = \frac{4s^{2,3}}{15R\sqrt{s}} = \frac{4 \cdot 30^{2,3}}{15 \cdot 1600} = 0,150$$

$$\varphi = \frac{l}{3R} = \frac{60}{3 \cdot 1600} = 0,125$$

$$(\tau - \varphi)^\circ = 0,35810^\circ$$

Az érintő elfordítás Q forgási és K' támpontja:

az ábra alapján: $Q(0; 0,1 \cdot l) = Q(Q; 6,00)$

$$K\left(\frac{l}{2}; \frac{3}{5} Y_k\right) = (30; 0,225)$$

Az effektoid érintője kitűzhető, az ordinátpontok ebben az elforgatott rendszerben számítandók az érintőről.

Az effektoid adatai és a körív középpontja az elforgatott (x' , y') rendszerben:

$$Y'_{120} = \frac{4 L^2}{15 R} = \frac{4 \cdot 120^2}{15 \cdot 800} = 4,8 \text{ m}$$

$$\text{A végérintő hajlása: } \phi = e' = \frac{2L}{3R} = \frac{2 \cdot 120}{3 \cdot 800} = 0,1$$

$$\phi^\circ = 5,72958^\circ$$

$$\text{Subtangens: } S_t = \text{tg } \phi \cdot Y_{120} = 47,839 \text{ m}$$

A kör $O' = 0$ középpontja az x' , y' rendszerben:

$$O'(64,1735; 800, 803)$$

Q' helyvektorának hossza és irányszöge:

$$V = 803,3704 \text{ m}$$

$$\sin \sigma = \frac{64,1735}{803,3704}$$

$$\sigma = 4,581687$$

A helyvektor irányszöge a visszafordítás után

$$\omega = \sigma - (\tau - \varphi)$$

$$\omega = (4,5816 - 0,35859)^\circ$$

$$\omega = 4,22359^\circ$$

$$\cos \omega = 0,99728$$

Irodalom

[17] *Vaszary Pál*: Járműben és pályán. A Tudományszervezési és Informatikai Intézet támogatásával kiadta a Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola, Győr, 1988.

ordináta-rendszerekben. Közlekedéstudományi Szemle, 1989/1.

[20] *Vaszary Pál*: A vasúti vonalvezetés fizikai alaptétele a felsőoktatásban. Közlekedéstudományi Szemle, 1995/10.

[18] *Vaszary Pál*: Mozgásjellemzők fiziológiai hatása. KTMF Tudományos közlemények 1983/1.

[19] *Vaszary Pál*: Jármű sebességének és gyorsulásának deriváltjai különböző ko-

KAPOS VOLÁN

AUTÓBUSZKÖZLEKEDÉSI Rt. 7400 Kaposvár, Füredi út 180. Tel: 82/506-111

Alaptevékenységek:

- Menetrendszerű közúti, távolsági személyszállítás
- Nem menetrendszerű közúti távolsági személyszállítás
- Menetrendszerű közúti, helyi személyszállítás

A KAPOS VOLÁN Rt. siófoki, marcali, nagyatádi, barcsi műszaki telepeinek

szolgáltatásai

- haszonjárművek javítása, szervizelése, vizsgáztatása
- autóbuszok javítása, szervizelése, külföldi különjárat felkészítése, vizsgáztatása
- járművek mosása, tárolása
- dízel- és benzines járművek környezetvédelmi mérése
- járművek gázolaj- és kenőolaj - ellátása, értékesítése
- autóbuszok, tehergépjárművek javításához szükséges alkatrészek értékesítése

Telefon:

Siófok 84/311-244

Nagyatád 82/351-255

Marcali 85/412-288

Barcs 82/463-046

Zala Volán Rt. Műszaki Üzletág

MÁRKASZERVIZEK:









SZOLGÁLTATÁSOK:

- személy- és haszongépjármű javítás, vizsgáztatás
- járműalkatrész, fődarab felújítás
- gumiszerelés, javítás

ÉRTÉKESÍTÉS:

- üzemanyag, kenőanyag
- gumiabroncs

ÜZEMEINK:

- | | |
|--|----------------------|
| • Zalaegerszeg, Zrínyi út 99. | Tel.: 92/ 311-225 |
| • Zalaegerszeg, Zrínyi út 99. Oktatási Központ | Tel.: 92/ 318-337 |
| • Nagykanizsa, Virág Benedek út. 4. | Tel/fax: 93/ 314-100 |
| • Keszthely, Mártírok út. 2. | Tel/fax: 83/ 314-217 |
| • Lenti, Petőfi út 32. | Tel.: 92/ 351-011 |
| • Zalaszentgrót, Szőlő út. 17. | Tel.: 83/ 360-078 |



TÖBB ÉVTIZEDES TAPASZTALAT, MODERN TECHNOLÓGIA!