

Az anyagmozgatás csatlakozó útrendszerének telepítése

Dr. ZAMBÓ JÁNOS okl. bányamérnök, a műszaki tudományok doktora, Kossuth-díjas és Állami Díjas egyetemi tanár,
a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja
(Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc)

A meglévő útrendszerhez csatlakozhatunk úgy, hogy az újabb pontokból induló utak egy csomópontban találkoznak, és úgy is, hogy ezek egy gerincvonalba kötnek be. Az utóbbi esetben a gerincvonal optimális helyzete mindig egy ponthoz kötött, mindig egy ponton megy át; az előbbi esetben ez nem kizárólagos feltétele az optimumnak.

A két rendszer összehasonlításából kiderül, hogy általában az a kedvezőbb telepítés, amikor az újabb pontok egy gerincvonalba kötnek be, különösen akkor, ha az új pontok által lefedett terület valamilyen irányban elnyújtott.

Az anyagmozgatás útrendszerének tervezésében megkötésektől mentesen általában csak új települések esetében járhatunk el. Ilyenkor a település jellegétől függően az útrendszer lehet egy csomópontos, egy gerincvonalas, tört gerincvonalas, több gerincvonalas, esetleg ezek kombinációja. Ha a rendszerhez tartozó pontok által lefedett terület körterület jellegű, akkor az egy csomópontos útrendszert telepítjük, ha a lefedett terület ellipszisterület jellegű, akkor az egy gerincvonal vagy a tört gerincvonal jöhet számításba, ha lefedett területnek szárnyterületei is vannak, akkor több gerincvonalas megoldást választhatunk [1, 2]. Természetesen előfordul olyan eset is, amikor a rendszer jellege előre nem választható meg egyértelműen, ilyenkor az alternatív összehasonlítás módszeréhez folyamodunk.

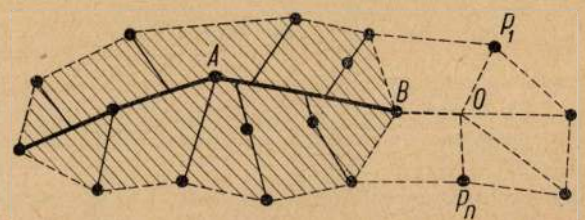
A gyakorlatban az esetek jelentős részében megkötöttséggel állunk szemben. A leggyakoribb ilyen megkötöttség a már meglévő útrendszer, amelyhez csatlakozni kell: bizonyos számú újabb pontot kell bekötni a meglévő rendszerbe. Ilyen esetet mutat be például az 1. ábra, amikor a meglévő útrendszerhez újabb n számú pont csatlakozik. Ennek az újabb n számú pontnak a bekötése szintén történhet egy csomóponttal, egy gerincvonalal stb.

Az újabb n pont bekötését vizsgálva fordítsuk először figyelmünket az egy csomópontos rendszer

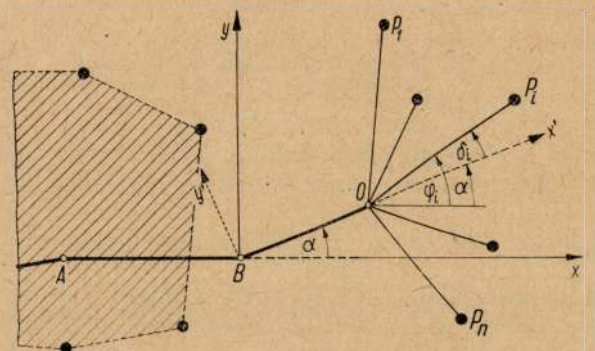
felé, majd azt hasonlítsuk össze az egy gerincvonalas rendszerrel. Vizsgáljuk meg tehát a csatlakozó egy csomópontos rendszer elméleti összefüggéseit.

A 2. ábra szerint adva van egy korábbi gerincvonal, melynek végpontja B , és másik pontja A . Ugyancsak adva van n számú újabb pont ($P_1, P_2, P_3, \dots, P_i, \dots, P_n$). Keresni kell egy O pontot, amelyet egyrészt a P_1, \dots, P_n pontokkal, másrészt pedig a B végponttal kötünk össze úgy, hogy az így létrejött útrendszerben a súlyozott távolságok összege a legkisebb legyen.

Minden egyes P_i ponthoz két súly tartozik. Az egyik, p_i a P_iO úthoz tartozik, a másik, q_i pedig az OB útra vonatkozik. Ezek szerint tehát a $P_1O, P_2O, \dots, P_iO, \dots, P_nO$ utak súlya rendre $p_1,$



1. ábra



2. ábra

$p_2, \dots, p_i, \dots, p_n$, az OB szakaszé pedig $q_1 + q_2 + \dots + q_i + \dots + q_n = \sum_{i=1}^n q_i$. Rögzítsük még azt is, hogy $q_i < p_i$.

Legyen a derékszögű koordináta-rendszer kezdőpontja a meglevő gerincvonal végpontja: B , a $+x$ -tengely irányát pedig az (AB) irány szabja meg. Az egyelőre tetszőlegesen felvett O pont koordinátái: x, y . A súlyozott távolságok összege egyszerűen írható fel:

$$S = \sum_{i=1}^n p_i \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} + \sqrt{x^2 + y^2} \cdot \sum_{i=1}^n q_i \quad (1)$$

Mivel $S = \Phi(x, y)$, azért S -nek szélső értéke van, ha

$$\frac{\partial S}{\partial x} = - \sum_{i=1}^n p_i \cos \varphi_i + \cos \alpha \sum_{i=1}^n q_i = 0 \quad (2)$$

és

$$\frac{\partial S}{\partial y} = - \sum_{i=1}^n p_i \sin \varphi_i + \sin \alpha \sum_{i=1}^n q_i = 0 \quad (3)$$

Meggyőződve arról, hogy a szélső érték minimum, az optimális telepítés feltételét kifejező egyenletrendszer rögzíthető:

$$\sum_{i=1}^n p_i \cos \varphi_i - \cos \alpha \sum_{i=1}^n q_i = 0 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i \sin \varphi_i - \sin \alpha \sum_{i=1}^n q_i = 0 \quad (5)$$

Kifejezhető a feltétel a mozgó x', y' rendszerben is:

$$\sum_{i=1}^n p_i \cos \delta_i - \sum_{i=1}^n q_i = 0 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n q_i \sin \delta_i = 0 \quad (7)$$

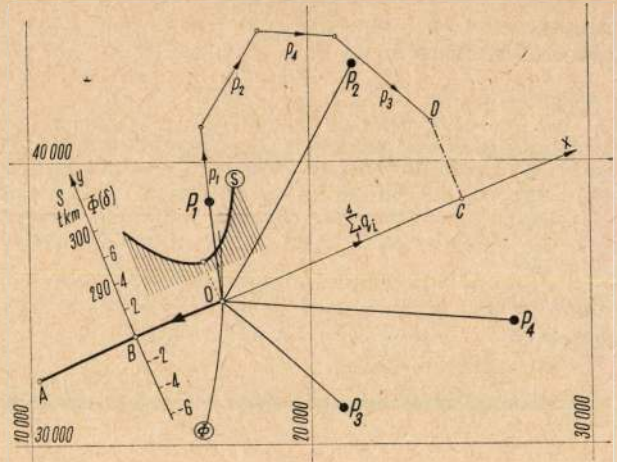
Az O csomópont abban a helyzetben biztosítja a súlyozott távolságok összegének a minimumát, amelyben az őt támadó $p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n$, vektorrendszer eredője zérus, a vektorpoligon zárt.

Ha az új gerincvonal-szakasz irányát eleve rögzítjük, azaz α adott, akkor az optimum feltétele:

$$\sum_{i=1}^n p_i \cos \delta_i - \sum_{i=1}^n q_i = 0 \quad (8)$$

azaz a vektorrendszer eredője nem zérus, csupán a vektorrendszer gerincvonalon jelentkező komponenseinek és a $\sum_{i=1}^n q_i$ vektornak eredője zérus.

A vektorpoligon tehát nyitott, az eredő fedi az O pontban a gerincvonalra emelt merőlegest, röviden: a normálisba esik, más szóval a vektorrendszer eredője a legkisebb.



3. ábra

A 3. ábrán a korábbi, meglevő gerincvonal végpontja B , irányát egy másik pont, A rögzíti. Újabb négy pontot (P_1, P_2, P_3, P_4) akarunk a meglevő rendszerbe bekapcsolni úgy, hogy a négy szárnyvonalnak egy közös pontja, egy csomópontja (O) legyen az AB meghosszabbításán. Az egyes pontokhoz rendelt súlyok a szárnyvonalakon: $p_1=12,3, p_2=7,8, p_3=9,1, p_4=5,6$; a gerincvonalon pedig: $q_1=7,2, q_2=3,9, q_3=5,0, q_4=2,6$, azaz

$$\sum_{i=1}^4 q_i = 18,7.$$

A gyakorlati megoldás kétféle lehet: numerikus-grafikus vagy csak grafikus. A gyakorlat ugyanis az így elérhető pontosságnál nagyobbakat sohasem igényel, hiszen tervezésről van szó.

A numerikus-grafikus eljárás a

$$\Phi(\delta) = \sum_{i=1}^4 p_i \cos \delta_i - \sum_{i=1}^4 q_i$$

függvény zérushelyének megkeresését jelenti. Az AB egyenesen $O_1, O_2, \dots, O_k, \dots, O_m$ pontokat veszünk fel, számítjuk a hozzájuk tartozó $\Phi(\delta)$ értéket, ezeket az $x, \Phi(\delta)$ rendszerben egy görbe (Φ) ábrázolja. A Φ görbe az x -tengelyt, azaz az AB egyenest a keresett O pontban metszi el. A szemléletesség kedvéért az S -görbét, azaz a súlyozott távolságok összegének változását ábrázoló görbét is megszerkesztettük. Ez gyakorlatilag hasznos is, mert megmutatja, hogyan változik S az optimális csomópont környékén. Az S -görbe megszerkesztése azonban nem szükségeszerű.

A másik módszer csak grafikus, és a vektorpoligon megszerkesztését jelenti. Felvesszünk az AB egyenesen egy O_k pontot, ettől felmérjük a

$$\sum_{i=1}^4 q_i = 18,7$$

értéket, a másik végpontban (C) meghúzzuk a normálist (CD). Ha a p_1, \dots, p_4 vektorpoligon végpontja (D) a normálisba esik, akkor az O_k pont az optimumot jelenti (O). Természetesen az O_k -t első lépésben csak véletlen jelleggel választhatjuk

ki helyesen. Általában az első lépés D pontja nem lesz a normális pontja. Ha a D pont a normálistól a B pont irányába esik, akkor a következő O pontot is B irányában kell elmozgatni, és természetesen megfordítva. Ezt tudva, minden egyes újabb szerkesztés közelebb visz az optimumot jelentő O ponthoz, amelyet 3—4 szerkesztés után gyakorlatilag kielégítő pontossággal jelölhetünk ki.

Az eljárás lényege nem változik akkor sem, ha a B pontban meghatározott törést írunk elő, azaz, ha a BA és az x -tengely megadott törésszöget képez.

A gerincvonal lehet görbe vonal is. Ebben az esetben szerkesztéssel egyszerűen oldható meg a probléma (4. ábra). Ebben az esetben ugyanis az előbbi x, y koordináta-rendszer helyébe egy mozgó x', y' koordináta-rendszer lép, amikor az x' -tengely mindig az érintővel esik egybe. A grafikus eljárás tehát az előbbitől mindössze annyiban különbözik, hogy most a

$$\sum_{i=1}^n q_i$$

értékét mindig az érintőre kell felmérni. Az optimumot a görbének az a pontja jelöli ki, amelyet támadó $p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n$ és

$$\sum_{i=1}^n q_i$$

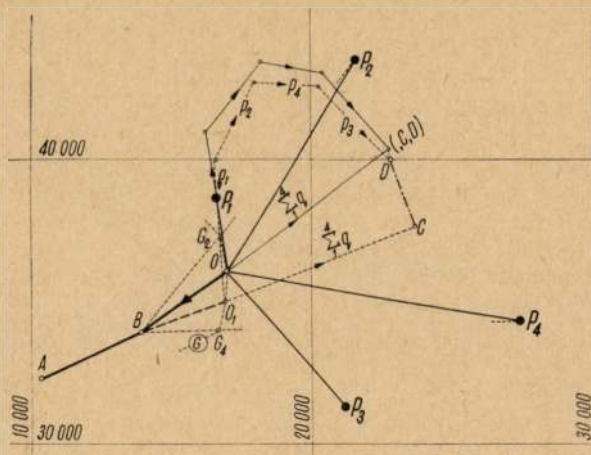
vektorrendszernek eredője a görbe e ponthoz tartozó normálisába esik, azaz az eredő a lehető legkisebb.

Térjünk vissza a 3. ábrához, de most a gerincvonal meghosszabbításában nincs semmi megkötés, szabadon helyezkedhet el úgy, hogy a súlyozott távolságok összege a legkisebb legyen.

A feladat megoldása olyan O pont megkeresését jelenti, amely mellett a (4) és (5) egyenletek teljesülnek. Ismeretesek olyan matematikai iterációs eljárások, amelyek segítségével a feladat numerikus formában is megoldható. A gyakorlat azonban a velük elérhető pontosságot nem igényli, teljesen megfelelő a szerkesztési eljárás is.

Az 5. ábrán ugyanaz a négy pont látható, mint a 3. ábrán, a hozzájuk rendelt súlyok is ugyanazok.

A megoldás fokozatos közelítéssel történik. Első lépésként felvesszünk egy irányt (BO_1), és



5. ábra

a 3. ábrán követett eljárással megállapítjuk azt az O_1 pontot, amely mellett a vektorpoligon eredője (CD) a C -ben emelt normálisba esik. Általában $C_1D_1 \neq 0$. A következő lépésben a BO_2 irányt már úgy választjuk meg, hogy az az előbbi BO_1 iránytól arra térjen el, amerre a D_1 pont a BC_1 egyenesétől. Ha a második lépésben a C_2D_2 zárlati hiba még mindig a BC_2 ugyanazon az oldalán jelentkezik, akkor a harmadik lépéssel is az előbbi irányban kell tovább lépni. Ellenkező esetben visszalépés következik. Így lépésről lépésre mindig közelebb jutunk a keresett BO irányhoz és rajta a keresett O ponthoz, amikor már a C és D pontok egybeesnek.

Az O pontok sora (O_1, O_2, \dots) egy görbén (G) helyezkedik el, amely görbe a G_1, G_2, \dots pontokban megtörik. Ez a görbe két-három O pont megszerkesztése után már gyakorlatilag elfogadható módon extrapolálható, és így a következő O pont helye gyakorlatilag kijelölhető.

A pontok helyzetétől és súlyától függően előfordulhat, hogy a vektorpoligon maradéktalan zárása nem következik be, mert még mielőtt bekövetkezne, a mozgó BO egyenes átmegy egy adott ponton, majd azon tovább haladva az eredő már a BC másik oldalára esik, és növekvő tendenciát mutat; sőt az is lehetséges, hogy a keresett O pont valamelyik adott ponttal esik egybe, mert akkor legkisebb a CD eredő.

Az újabb pontok bekötése, csatlakozása a meglévő rendszerhez történhet egy gerincvonalas elrendezésben is. Ennek telepítése már ismert [1]. A gerincvonal mindig valamelyik ponton megy át, a szárnyvonalak hajlásszögét pedig a

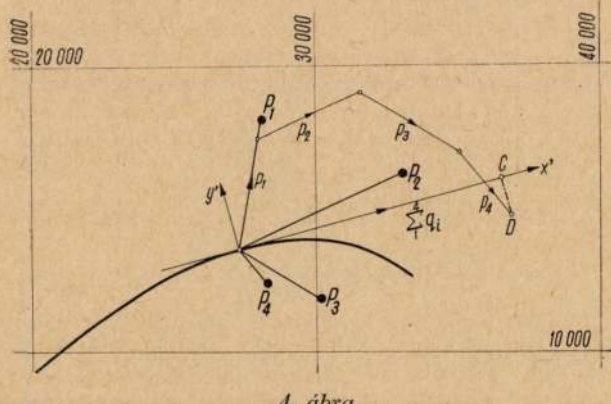
$$\cos \delta_{i,0} = \frac{q_i}{p_i}$$

összefüggés szabja meg.

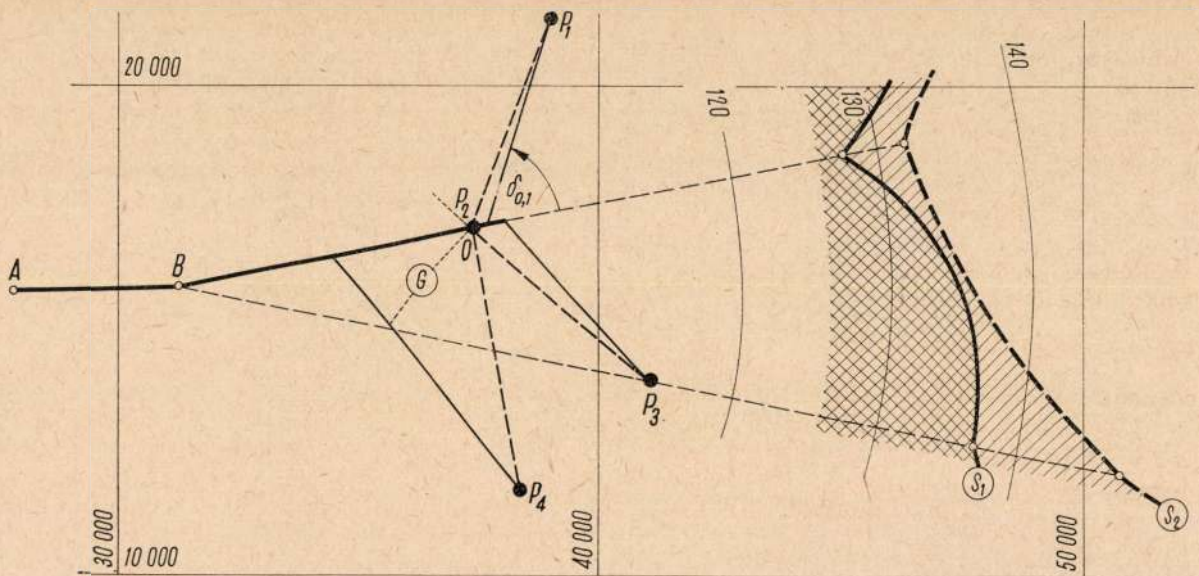
A 6. ábra az egy gerincvonalas és az egy csoportos elrendezést hasonlítja össze.

Adva van négy pont: P_1, P_2, P_3, P_4 . A hozzájuk rendelt súlyok: $p_1=4,1, p_2=10,3, p_3=3,7, p_4=2,9; q_1=2,5, q_2=6,0, q_3=2,4, q_4=1,8$

$$\sum_{i=1}^4 q_i = 12,7.$$



4. ábra



6. ábra

Az

$$u_i = \sqrt{p_i^2 - q_i^2}$$

összefüggésből számított u -súlyok pedig: $u_1 = 3,25$, $u_2 = 8,37$, $u_3 = 2,82$, $u_4 = 2,27$.

Az egy gerinevonalas telepítés esetén [1] a gerinevonal helyzetét a

$$\left| \sum_{i=1}^{n_b} q_{b,i} - \sum_{i=1}^{n_j} q_{j,i} \right| \rightarrow \min.$$

összefüggéssel könnyen eldönthetjük, mert ez egyértelműen a P_2 pontot jelöli ki, mint olyan pontot, amelyen a gerinevonalnak át kell mennie. A szárnyvonalak optimális hajlásszögét is számíthatjuk:

$$\delta_{1,0} = \arccos \frac{2,5}{4,1},$$

stb.

Az egy gerinevonalas rendszer esetében a súlyozott távolságok összege S_1 . Ennek változását torzított poláris koordináta-rendszerben ábrázoltuk. Megállapítható, hogy az S_1 görbéje alulról nézve konkáv, következésképpen minimuma csak akkor lehet, ha a gerinevonal valamelyik adott ponton megy át, esetünkben a P_2 ponton. Amíg a gerinevonal a P_2 -től a P_3 -ig elfordul, az S_1 értéke cosinus-függvény szerint változik. Ugyanez a helyzet akkor is, ha a gerinevonal P_2 és P_1 , vagy P_3 és P_4 között mozog. Ha tehát a szárnyvonalakat a gerinevonal nem egy pontjába csatlakoztatjuk, akkor az optimum ($S_{1,opt} = 127,4$ súlyozott km) mindig egy adott ponthoz kötött.

Ha a szárnyvonalak a gerinevonalnak egy pontjába kötnek be, ott találkoznak, azaz egy csomópontos az elrendezés (szaggatott vonalak), akkor a súlyozott távolságok összege már alulról nézve konvex görbe szerint változik, elvileg lehet tehát minimuma akkor is, ha a gerinevonal nem megy át egy adott ponton sem. Természetesen ennek a lehetősége a pontok elrendezésétől és súlyától függ. Amíg az 5. ábrán ez lehetséges volt, most a 6. ábra szerinti elrendezésben már nem lehet-

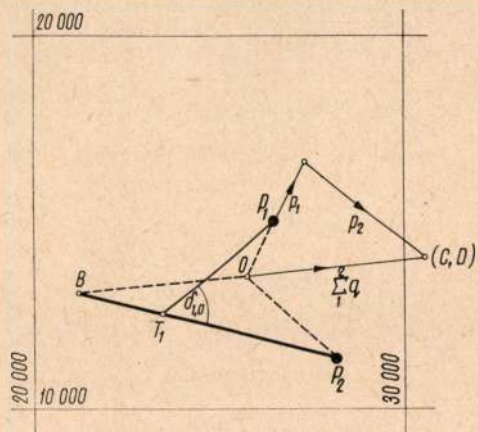
séges, az optimum ebben az esetben a P_2 ponthoz kötött. Általában az előbbi, az egy gerinevonalas rendszer szerinti telepítésnél a súlyozott távolságok összegének minimuma kisebb, mint az utóbbi, az egy csomópontos rendszerénél ($S_{1,opt} = 127,4$ és $S_{2,opt} = 132,0$ súlyozott km).

Az egy csomópontos rendszernek műszaki előnyei lehetnek, ezért adott esetben a két rendszer összehasonlítása a döntést megkönnyítheti. Ha ugyanis az $S_{2,opt} - S_{1,opt}$ értéke nem számottevő, akkor a műszaki előnyök az egy csomópontos megoldás mellett szólnak.

Az egy csomópontos megoldás megkeresése körülményesebbnek látszik, mint a nem csomópontos, azaz az egy gerinevonalas megoldás megtalálása.

Ha a pontok száma kevés, akkor a megoldás nem körülményes és nem hosszadalmas, ha pedig a pontok száma növekszik, akkor az egy csomópontos megoldás is mindinkább egy adott ponthoz kötött, sőt sokszor a két megoldás ugyanahhoz a ponthoz kötött.

A gyakorlati feladatok megoldásánál mindig meg kell vizsgálnunk a matematikai feltételek teljesülését. Különösen fontos ez kevés számú pont esetében. A probléma érzékeltetése érdekében a 7. ábrán bemutatunk egy esetet.



7. ábra

Adva van két pont: P_1 és P_2 . A hozzájuk rendelt súlyok:

$$p_1 = 3,5; \quad p_2 = 4,0; \quad q_1 = 2,2; \quad q_2 = 2,6;$$

$$\sum_1^2 q_i = 4,8.$$

A nem egy csomópontos, azaz egy gerincvonalas megoldás szerint a gerincvonal: BP_2 . A P_1T_1 szárnyvonal $\delta_{1,0} = \arccos \frac{2,5}{3,5}$ szöggel hajlik a BT_2

gerincvonalhoz. A súlyozott távolságok összege: $S_1 = p_1 \cdot P_1T_1 + q_1 \cdot T_1B + q_2 \cdot P_2B = 3,5 \cdot 4,0 + 2,2 \cdot 2,3 + 2,6 \cdot 7,3 = 38,04$ súlyozott km, amikor a távolságokat a rajzról vettük le.

Az egy csomópontos megoldásnál a súlyozott távolságok összege:

$$S_2 = p_1 \cdot P_1O + p_2 \cdot P_2O + \sum_1^2 q_i \cdot BO =$$

$$= 3,5 \cdot 1,5 + 4,0 \cdot 3,4 + 4,8 \cdot 4,5 = 40,45$$

súlyozott km. Igaz tehát most is, hogy az egy gerincvonalas elrendezés kedvezőbb, mert feltételeztük, hogy a matematikai feltétel áll, azaz a P_2B szakasz jellegét illetően valóban gerincvonal, a rajta való mozgatás súlya valóban a T_1B szakaszon $q_1 = 2,2$, és a $q_2 = 2,6$ súly a teljes P_2B szakaszra érvényes.

Ha a P_2B szakasznak csak a T_1B részét építjük ki gerincvonal jellegűnek, a T_1P_2 szakaszt pedig csak szárnyvonal jellegűnek, mert például a gerincvonalat a P_2 ponton túl már tovább folytatni nem tervezzük, akkor természetesen az egy csomópontos megoldás lesz a kedvezőbb, hiszen ilyen feltételek mellett

$$S'_1 = p_1 \cdot P_1T_1 + p_2 \cdot P_2T_1 + \sum_1^2 q_i \cdot BT_1 =$$

$$= 3,5 \cdot 4,0 + 4,0 \cdot 5,0 + 4,8 \cdot 2,3 = 44,56$$

súlyozott km.

Ha a pontok száma nem kevés, akkor ilyen probléma eleve nem jelentkezhethet, mert a matematikailag gerincvonalnak feltételezett gerincvonal a valóságban is az.

Rövid tanulmányunkban mindössze csak a probléma elvi összefüggéseire kívántunk rámutatni. A gyakorlati vonatkozásokra, mint például a súlyok képzésére, azok változására most nem is térünk ki, mert ezekről már korábban esett szó.

IRODALOM

- [1] Az anyagmozgatás útrendszerének telepítése egy gerincvonal esetében. *BKL Bányászati*, 101. k. 7. sz. (1968) p: 365—371
- [2] Az anyagmozgatás útrendszerének telepítése tört gerincvonal esetében. *BKL Bányászati*, 101. k. 8. sz. (1968) p: 445—450

Hírek

Gázturbinás tehergépkocsi

Arizonában az *International Harvester Co.* kísérletképpen egy forgalomban levő *International CO-4000* típusú tehergépkocsiba Dieselmotor helyett gázturbinás hajtást épített be. A gázturbinára súlya kb. 720 kg, mintegy a fele az eredeti Dieselmotorénak. A gázturbinás motor méretei: kb. 127 cm hosszú, kb. 104 cm magas és kb. 91 cm széles. A gázturbinára fordulatszáma 34 000 percnként (a Dieselmotoré 2100), amit a turbina kimenő tengelye előtt 4000-re csökkentenek.

A kéttengelyű gázturbinára stabil hőkicserélővel rendelkezik, ami a kipufogónál távozó hulladék meleg hasznosítását biztosítja. A gázturbinára változtatható fűvókás konstrukciója és így az üzemanyagfogyasztás gazdaságossága szempontjából eléggé közel áll a Dieselmotorhoz. A gázturbinás motornál az eredeti 10 sebesség fokozattal szemben csak 5-re van szükség. Ez, valamint egyéb konstrukciós előnyök azt eredményezik, hogy a gázturbinás motornal hajtott tehergépkocsi előállítási költsége kisebb, mint a Dieselmotorosé.

(Mining Engineering, 20. köt. 3. sz. 1968. márc. p. 22, 25.)

Kiesés a rézérc-bányászatban

A kb. 50 000 főre kiterjedő rézbányász sztrájk eddigi 7 hónapja folyamán mintegy 700 millió dollár értékű rézérc termelése esett ki — (figyelmen kívül hagyva a tovább feldolgozó iparok kieséseit). A szakértők véleménye szerint a sztrájk befejeztével a fémréz ára aligha lesz 0,9 dollár/kg alatt tartható.

(Mining Engineering, 20. köt. 3. sz. 1968. márc. p. 36.)

„Gépi vakond”

San Franciscoba megérkezett az az óriási „gépi vakond” amelyet az öböl alatt átvezető kb. 2100 m hosszú, 5,4 m átmérőjű, gyors közlekedésű alagút pár

kijáratásánál fognak felhasználni. A „gépi vakond” súlya meghaladja a 125 t-t, hossza a kiszolgáló szállítószalaggal együtt kb. 48 m, beszerzési költsége kb. 450 000 dollár. A gépi vakonddal ciklusosan végzik majd felváltva az alagút kitörését, illetve a tübing elemek beépítését. A gépi vakond előretolása kb. 2750 t tolóerővel hidraulikusan van megoldva. Az egymástól függetlenül működtethető négy jövesztő karja a gép közép-pontja körül mozgatható és mintegy 600 000 mkp nyomóerőt képes kifejteni.

(Mining Engineering, 20. köt. 3. sz. 1968. márc. p. 25.)

Elektro-diesel tehergépkocsik

Amerikában *Chino*-ban nagy (100 t-ás) elektro-diesel tehergépkocsiknál a nagyobb emelkedésű útszakaszon elérhető vonóerő és teljesítmény fokozása érdekében egy 70%/ ∞ -es lejtőn kísérletképpen bevezették a troli-diesel kombinált üzemet.

Az elektro-diesel tehergépkocsik villanymotoros kerékajátást kihasználva a tehergépkocsikat megfelelő troli-áramszedőkkel szerelték fel és a vezetőfülke műszerfalára felszerelték a szükséges kiegészítő kapcsolókat. Így a tehergépkocsi akár diesel, akár troli üzemben közlekedhet és az egyik üzemből a másikra való átérés a troli vezetékre való kapcsolódáskor vagy a vezetőfülke felől a kapcsolódáskor teljesen automatikus. Ennek elősegítése érdekében a troli-pálya elején megfelelő terelő elemekkel automatikusan biztosítják az áramszedőknek a 750 V egyenáramú troli vezetékpárra való kapcsolódását.

A kísérletek alapján megállapították, hogy lejtőn felfelé a troli üzem a diesel üzemmel szemben 18—36%-os teljesítményjavulást eredményez.

(Mining Engineering, 20. köt. 3. sz. 1968. márc. p. 53—54.)

Esztó Zoltán