A X-a Conferință Națională multidisciplinară - cu participare internațională,
"*Profesorul Dorin PAVEL - fondatorul hidroenergeticii româneşti*",
SEBEŞ, 2010

PLANUL ÎNCLINAT ŞI UNELE MINUNI TEHNICE (I)

Mircea BEJAN, Ioana BĂLAN, Mihaela SUCIU, Nicolae BAL

SLOPE AND SOME WONDERFUL TECHNICAL

Slope is used to lift heavy bodies to a certain height, the force should be lower than if the movement direction vertically. Inclined plane principle is used in many outstanding technical achievements: Slope Arzviller Saint-Louis; in the river Yenissei Krasnoyarsk, Russia; Ronquier channel Charleroi-Brussels, Belgium; hoists or Şiclăul (Fairy Valley area), the city of Covasna, Romania, etc., issues addressed in this paper.

Cuvinte cheie: plan înclinat, realizări tehnice deosebite, Planul înclinat Saint-Louis-Arzviller, Ronquier, Planul înclinat Covasna

1. Considerații generale

Planul care formează un unghi ascuțit cu planul orizontal se numeşte **plan înclinat**. Planul înclinat este utilizat la ridicarea corpurilor grele la o anumită înălțime, forța necesară fiind mai mică decât în cazul deplasării pe direcție verticală. Forța activă necesară ridicării unui corp pe plan înclinat, fără frecări, este de atâtea ori mai mică decât greutatea, de câte ori lungimea planului este mai mare decât înălțimea lui.

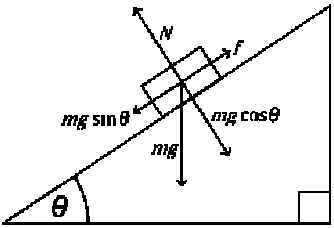

Fig. 1 Planul înclinat

Cu notațiile: N - forța normală, perpendiculară pe plan; m - masa

corpului; g - accelerația gravitațională; θ - unghiul față de orizontală a planului înclinat; f = forța de frecare cu planul înclinat; μ - coeficientul de frecare dintre corp şi plan; h - înălțimea planului înclinat; l - lungimea acestuia; b - lungimea bazei planului; G - greutatea corpului; F_N - componenta normală a greutății corpului; F_T - componenta tangențială a greutății corpului, se obțin:

$$F_T = G \cdot \sin\theta = G \cdot \frac{h}{l} \qquad F_N = G \cdot \cos\theta = G \cdot \frac{b}{l}$$

Principiul planului înclinat este folosit în multe realizări tehnice deosebite: Planul înclinat Saint-Louis-Arzviller; în Krasnoiarsk pe fluviul Ienisei, Rusia; Ronquier pe canalul Charleroi-Bruxelles, Belgia; Planul înclinat sau Şiclăul (în zona Văii Zânelor), municipiul Covasna, România ş.a.

2. Planul înclinat (Şiclăul) din Covasna

Planul înclinat (sau Şiclăul cum este numit de localnici), monument tehnic unicat în Europa, considerat una dintre minunile tehnicii mondiale din secolul XIX, este situat în județul Covasna, municipiul Covasna, în zona Văii Zânelor. A fost construit din inițiativa lui David Horn în 1886, fiind terminat de către baronul Groedel trei ani mai târziu. Cu toate că funcționa din 1889, inaugurarea oficială a avut loc în 1890. Construirea şi dotarea tehnică au fost coordonate de către inginerii Emil Lux şi Tunszky. Macheta acestui monument tehnic excepțional a fost prezentată la expoziția universală din 1896.

Fig. 2 Vederea unei platforme cu lățimea de 3 m şi lungimea de 6 m

Pentru a transporta vagoanele încărcate cu lemne pe o pantă fără a utiliza alte surse de energie, Planul înclinat foloseşte forța gravitației. Principiul de funcționare este simplu: Planul înclinat utilizează două platforme de câte 3 m lățime şi 6 m lungime – figura 2 şi 3 - legate una de cealaltă printr-un cablu de tracțiune, cablu ce este prins în partea superioară de nişte “roți”

imense şi un sistem complex de scripeți acționați de la cabina de comandă din partea superioară a Planului înclinat - figura 2. Atunci când pe platforma din sus era aşezat un vagon plin cu lemne, pe platforma de jos era aşezat un vagon gol. Forța gravitației făcea ca vagonul plin să îl tragă sus pe cel gol de pe platforma de jos. La mijlocul Planului cele două platforme se evitau, aici existând o bifurcație a şinelor. Tot procesul era controlat de la cabina de frânare din partea superioară a Planului înclinat.

La inaugurare, acesta era cel mai important sistem de căi ferate înguste din Carpați unificând trei componente majore: vagoanele trase de cai, Planul înclinat şi locomotivele cu aburi.

Pe cele două platforme (lățime 3 m şi lungime 6 m – figura 3) se încărcau vagoanele care erau apoi tractate de cai pe o distanță de 50 m. La capătul inferior al Planului vagoanele cu lemne erau coborâte de pe platforme fiind formate garnituri de tren ce erau tractate de locomotive cu aburi până la gara Covasna (5,8 km) unde erau transferate pe calea ferată cu ecartament normal. În partea superioară, materialul lemnos sosea tot pe cale ferată îngustă, de această dată de la Comandău (14,2 km). Şi aici existau mocănițe (locomotive cu abur) ce aduceau lemnele din tot bazinul superior al râului Bâsca. Aceste căi ferate cu ecartament îngust se întindeau pe zeci de kilometrii, pe fiecare pârâu şi vale trecând chiar şi peste muntele Goru, până în Năruja unde exista o variantă mai mică a Planului înclinat.

Fig. 3 Una din cele două platforme pe care se încărcau vagoanele goale sau încărcate cu lemne

Volumul de material lemnos transportat pe vremea când Planul înclinat funcționa la capacitate întreagă se apropia zilnic de 30 de vagoane a câte 10 m^3. La începutul secolului,

Fig. 4 Trenul cu ecartament redus (mocănița)

transportul persoanelor se făcea ocazional, atunci când condițiile de circulație între Covasna şi Comandău erau foarte grele[1].

Datele tehnice ale Planului înclinat sunt: diferența de nivel între stații, 327 m; lungime, 1236 m; ecartament, 1450 mm; cablu de tracțiune cu diametrul de 28 mm. Componentele sale au fost comandate de la firma austriacă Obach.

În apropierea Planului înclinat se află o altă atracție turistică: trenul cu ecartament redus (mocănița – figura 4).

Catastrofalele doborâturi de copaci din zona Covasnei produse în anul 1995, au afectat şi Planul înclinat dar nu îndeajuns ca acesta să fie distrus. În condiții misterioase, la data de 17 mai 1997 cabina de comandă din partea superioară a Planului înclinat a fost mistuită de un incendiu ce a cuprins şi pădurea din jur. Datorită intervenției şi ajutorului celor care au lucrat la Planul înclinat cabina a fost reconstruită, acesta a fost restaurat şi a funcționat în continuare până în 1999 când datorită reducerii exploatărilor de lemne din zonă a fost trecut în conservare[2].

Fig. 5 Vedere de ansamblu a ecluzei rotitoare de la Falkirk

3. Roata de la Falkirk, unul din simbolurile Scoției moderne

Canalul *Forth and*

[1] În ultima perioadă a funcționării sale transportul de persoane pe planul înclinat era strict interzis.

[2] În prezent se încearcă trecerea Planului înclinat în proprietatea primăriei, mocănița circulând şi acum dar transportă numai turişti.

Clyde, care leagă Glasgow-ul de coasta vestică, a fost construit în anul 1777 între portul Grangemouth și Falkirk. În 1822, între Falkirk și Edinburgh s-a dat în folosință canalul Union. Datorită reliefului accidentat dintre Glasgow și Edinburgh traficul fluvial se putea desfășura doar cu ajutorul unui sistem de 11 ecluze, între cele două canale diferența de nivel fiind de 24 m.

În 1963, după aproape 150 de ani de funcționare, sistemul vechi de ecluze a fost închis. Acesta a fost înlocuit în anul 2002 cu Roata de la Falkirk, care este unul din simbolurile Scoției moderne – figura 5.

Ecluza rotitoare este o pârghie cu două brațe – figura 6. Brațele susțin câte o gondolă, pline cu apă, în care plutesc ambarcațiunile. O gondolă are 25 m şi o masă de 300 t incluzând masa de apă şi ambarcațiunea. Gondolele sunt umplute cu o cantitate egală de apă, din care ambarcațiunile elimină o cantitate egală cu masa lor (legea lui Arhimede). Astfel sistemul este tot timpul în echilibru. Pentru rotirea cu 180^0 a giganticului mecanism, motoarele cu o putere instalată de 22,5 kW au nevoie de un consum de doar 1,5 kW/h. Închiderea ecluzelor, reglarea nivelului apei și operațiunea de rotire durează doar 15 minute.

Fig. 6 Ecluza rotitoare, o pârghie cu două brațe care susțin gondolele pline cu apă în care plutesc ambarcațiunile

Roata de la Falkirk a făcut din traficul dintre Edinburgh și Glasgow o adevărată atracție turistică.

4. Planul înclinat de la Ronquières - Canalul belgian Charleroi-Bruxelles

Diferența de înălțime între Bruxelles şi Charleroi este de 87 m (la Charleroi, 100,6 m, la Bruxelles, 13,3 m, cu punctul culminant de

120,45 m la Ronquières, unde există Planul înclinat – 2 platouri de 85,5 x 11,6 m şi înălțimea de 6,0 m).

Pentru a realiza comutarea/tranzitarea navelor, există 10 ecluze (dimensiuni medii de 85-90 x 10,5-12,0 m şi înălțimi între 3,3 şi 14,0 m) şi Planul înclinat de la Ronquières.

Canalul belgian Charleroi[3] - Bruxelles are clasa de mărime IV, accesibil convoaielor de 1350 t, fiind o cale navigabilă ecluzată. Lungimea sa totală este de 74 km, în partea valonă fiind de 47,9 km şi realizează unirea/legarea Bruxelles-ului de Charleroi, înscriindu-se pe axa nord-sud ce leagă portul Anvers prin canalul maritim (de o parte a văii Sambre) de nordul Franței prin Canalul Central.

Traversează regiunile valonă, flamandă şi regiunea Bruxelles-ului. A fost deschis circulației fluviale în anul 1832, de-a lungul timpului suferind transformări constructive.

Fig. 7 Planul înclinat longitudinal de la Ronquières

Fig. 8 Vedere generală a Canalului Central pe râurile Meuse şi Scheldt - Belgia

[3] Charleroi (valonă *Châlerwè*) este un oraş francofon din regiunea Valonia din Belgia. Oraşul a fost fundat pe cursul râului Sambre, în perioada Țărilor de Jos spaniole, în secolul al XVII-lea. La 1 ianuarie 2008 localitatea Charleroi avea o populație totală de 201.593 locuitori, fiind astfel cea mai populată comună valonă şi cea de a treia cea mai populată comună belgiană. Suprafața totală a comunei este de 102,08 km².

5. Liftul pentru ambarcațiuni Strepy-Thieu

Cel mai înalt lift pentru ambarcațiuni din întreaga lume, este amplasat pe Canalul Central (Canal du Centre) din Hainaut, Belgia[4].

Liftul Strepy-Thieu are înălțimea de 117 m, cu o diferență de 73 m între punctul de andocare al unei nave şi punctul maximei sale suspendări în aer, adică poate ridica vase până la 73 m deasupra apei.

Construirea liftului a început în 1982 şi a fost terminată în 2002, la un cost estimat de 160 milioane de euro.

Fig. 9

Vedere generală a canalului belgian Charleroi- Bruxelles

Fig. 10 Liftul pentru ambarcațiuni Strepy-Thieu

[4] Liftul va rămâne cel mai înalt din lume până la terminarea barajului lift Three Gorges din China.

Liftul[5] permite traficul fluvial al ambarcațiunilor de până la 1.350 t (greutatea maximă pe care o poate ridica, canalul având clasa de mărime IV), pe apele râurilor Meuse şi Scheldt, sporind tranzitul rivieran de aproape zece ori (de la 256 kt în 2001 la 2.295 kt în 2006).

Întreaga structură, un complex de pârghii, cabluri, roti dințate şi beton are o masă de aproximativ 200.000 t. Porțile mobile pe verticală ale liftului sunt proiectate să reziste unui impact la viteza de 5 km/h al unui vas de 2.000 t.

Prof.Dr.Ing. Mircea BEJAN
E-mail: Mircea.Bejan@rezi.utcluj.ro
Prof.Dr.Ing. Mihaela SUCIU
E-mail: mihaelaica2007@yahoo.fr
Prof.Dr.Ing. Nicolae BAL
Catedra de Rezistența materialelor
Universitatea Tehnică din Cluj Napoca

Ing. Ioana BĂLAN
Camera de Comerț şi Industrie METZ – Franța
E-mail: ioanabalan@yahoo.com
membri AGIR

[5] Liftul este promovat şi ca atracție turistică de către administrația din Hainaut, un bilet pentru transportul cu platforma costând 5,50 euro.