

BULETINUL SOCIETĂȚII POLITECNICE

PARTEA TECNICĂ

MEMORIU JUSTIFICATIV

pentru stabilirea profilului în lung al conductelor de petrol
BAICOI-CONSTANȚA

DE

TANCRED CONSTANTINESCU

INGINER-ŞEF

Sub-Director de Serviciu la C. F. R. (Serviciul conductei de petrol).

CAP. I.

Numărul şi debitul conductelor

Legea pentru construirea conductelor pentru transportul ţitei şi petrolului lampant Baicoi-Constanţa, din 14 şi 15 Martie 1912 şi expunerea de motive ce însoţeşte proiectul de lege, prevăd executarea unei conducte pentru ţitei şi a două conducte pentru lampant.

Producţiunea de ţitei a României în 1911 a fost de 1.544.000 tone din care sub diferite forme s'au exportat la Constanţa 618.000 tone. Din acestea, păcura (reziduurile) intră cu cifra de 138.500 tone cu o creştere, faţă de anul 1910, de 126.220 tone, şi cu o tendinţă vădită de urcare.

În adevăr, numai pe primul semestru al anului curent s'a exportat un plus de reziduuri de 65.571 tone, aşa că dacă proporţiunea se va menţine aceeaşi şi pentru restul anului curent exportul total pe 1912 va ajunge cifra de 315.000 tone.

Este fără îndoială sigur că în curând exportul păcurei va atinge cifra de 400.000 tone pe an.

Ori, cum ţiteiurile noastre dau în mediu 45% reziduuri, can-

titatea de țiței transportat la Constanța, pentru ca, prelucrată acolo să dea cele 400 000 tone reziduuri necesare exportului va fi de :

$$\frac{400.000}{0.45} = 1.000.000 \text{ tone.}$$

care este debitul de considerat pentru conducta de țiței.

Vom calcula deci conductele de țiței pe baza considerațiilor de mai sus care și ele decurg din spiritul legii și din expunerea de motive, luînd debitul conductei de 1.000.000 tone pe an, cu posibilitatea ca prin dublări parțiale și prin intercalarea unor stațiuni intermediare de pompare să putem spori acel debit fără ca cheltulile de exploatare, să devină prea mari, caz ce ar avea loc în urma unei excesive apropieri a acelor stațiuni.

În ce privește conductele de lampant observăm că producțiunea totală de lampant în cursul anului 1911 a fost de 312.711 tone, în care intră și petrolul destilat cu circa 70.000 tone. Producția probabilă pe 1912 este de 340.000 tone. Dacă din această cifră, deducem 70.000 tone ce reprezintă petrolul distilat și consumul intern (44.000 tone), obținem pentru producția anuală de lampant 226.000 tone. Socotind că întreaga această cantitate se va transporta prin conductă, și admițînd o creștere, cu timpul, a producțiunei rafinăriilor pînă la deplasarea lor la Constanța — de 50%, ajungem a evalua debitul anual maximum, de care trebuie să fie capabile conductele de lampant, la 340.000 tone.

E bine înțeles că debitul conductelor de lampant va putea fi sporit prin intercalarea unor stațiuni de pompare intermediare.

N'am crezut nimerit a lua ca bază de calcul debite mai mici și a dimensiona în consecință conductele; nu am fi făcut decît o foarte mică economie căci diferențele de cost sunt foarte mici pentru diametre apropiate, pe cînd diferențele de debit corespunzătoare acelor diametre sunt din contră mult mai mari.

Așa, de exemplu, o conductă de 200 mm. diametru, pentru o sarcină de 0.0015 pe metru, debitează 14 litri pe secundă și costă 13,20 lei, pe cînd o conductă de 250 mm. costînd numai 18 lei pe m. l. debitează pentru aceeași sarcină 25 litri pe secundă; adică deși prețul a crescut cu 37% debitul a sporit cu 80%.

Admițînd pentru debitele anuale cifrele de mai sus, debitele pe minut de considerat în calculul conductelor vor fi:

- 1). Pentru conducta de țiței 2200 litri pe minut:

2). Pentru fiecare conductă de lampant 410 litri pe minut (densitatea medie a țițeiului nostru s-a luat de 0,825 iar a lampantului de 0,800; în realitate aceste țifre sunt mai mari).

CAP. II.

Materialul din care urmează a se construi tuburile, grosimea lor, presiunea de încercare, presiunea de serviciu, izolarea tuburilor.

În America conductele de petrol sunt construite din tuburi de oțel sudate. Oțelul este obicinuitul oțel moale (flusseisen, acier doux) obținut prin unul din procedeele Bessemer, Siemens-Martin sau Thomas, de preferință Bessemer.

Rezistența la rupere prin tracțiune este prevăzută de 37,6 — 44,8 kg./mm², iar lungirea de 20%.

În Rusia parte din conducta Baku Batum, a fost construită din tuburi de oțel mai moale, cu o rezistență la tracțiune de 34 — 41 kg. pe cm². Însă întrebuințarea acestui material a prezentat inconveniente; între altele fileturile imbinării se uzau ușor și imbinarea nu mai era etanșă, lucru ce a necesitat, la acea conductă, ștemuirea aproape generală a capetelor manșoanelor de imbinare.

Experiența făcută în America, timp de aproape 40 de ani, în construcția conductelor de petrol a dovedit că întrebuințarea unui oțel de 37 — 45 kg./mm², rezistență la tracțiune și adoptarea unui travaliu normal, pentru presiunile de serviciu, de 5 kg./mm², asigură o funcționare perfectă a conductei fără întreruperi de serviciu și fără vreun inconvenient din punctul de vedere al uzurei sau slăbirei fileturilor.

După cum se vede adoptarea normelor americane pentru dimensionarea tuburilor revine la admiterea unui coeficient de siguranță normal de 8 — 9, coeficient ce deși însemnat — credem că trebuie menținut și în cazul nostru.

Luând în considerație grosimele tuburilor americane arătate în tabloul de mai jos, se poate vedea, prin un calcul ușor, că inginerii de acolo nu cred nimerit a supune partea sudată a tubului la un travaliu de tracțiune mai mare ca 500 kgr./cm², când con-

ducta este în serviciu și de 1000 kgr./cm², cînd tuburile sunt încercate individual.

Diametrul	Grosimea pe reților	Presiunea de serviciu	Presiunea de încercare
125 mm.	6.60 mm.	64.2 atm.	108 atm.
150 »	7.06 »	53.0 »	108 »
200 »	8.18 »	42.8 »	86 »
225 »	8.71 »	39.2 »	78.5 »
250 »	9.17 »	35.7 »	71.5 »
275 »	9.52 »	32.1 »	68 »
300 »	9.52 »	28.6 »	64 »

În ceea ce privește condițiunile de calitate uzinele americane au întocmit condițiuni generale «Standard specifications» care în specie, pentru oțelul de construcțiuni, limitează conținutul de cărbune, mangan, sulf și fosfor la cele următoare :

Pentru oțel Bessemer

Carbon . . . 0.09%
 Fosfor . . . 0.10%
 Mangan . . 0.30—0.45%
 Sulf 0.06%

Siemens-Martin Thomas

0.12%
 0.04%
 0.35—0.50%
 0.045%

Credem că nu e cazul, și nici de un folos, a prescrie limite pentru cărbune și mangan cînd prevedem condițiuni de încercări atît asupra culeelor cît și a fiecărui tub în parte și că e suficient să limităm numai conținutul în fosfor și sulf, elemente ce ating buna calitate a materialului, fără a ne putea da seama de acest fapt prin încercări.

Vom păstra rezistența la tracțiune de 38—45 kgr./mm², precum și lungirea de 20% ; de asemenea vom admite ca presiuni de încercare și de serviciu presiunile normale americane specificate în tabloul de mai sus.

Dacă calculăm travaliul materialului din care sunt făcute tuburile pentru diferite diametre și pentru presiunile de încercare și serviciu, după formulele lui *Clavarino*, *Barlow*, *Lamé*, *Birnie*, *Bach*, formule ce de altfel dau rezultate concordante, găsim că generalmente travaliul corespondent presiunilor de încercare este de 1000 kgr./cm.² iar pentru presiunea de serviciu travaliul de 500 kgr./cm.² prin urmare, coeficientul de siguranță 8—9.

Aceste calcule însă admit conducte noi cu pereții tuburilor întregi nemîncați de rugină.

Credem însă că trebuie examinat și cazul cînd, prin vechime, pereții tuburilor au pierdut o parte din grosimea lor, prin oxidațiune, și urmînd procedeul stabilit de comisiunea inginerilor germani la determinarea grosimei tuburilor de fontă, cit și principiul în vederea căruia a fost stabilită formula lui *Bach*, pentru calculul grosimei aceluiaș tuburi, socotim că e bine a ține compt de această uzură și a ne da seamă ce valori poate atinge, cu timpul, travaliul unitar, în materialul din care sunt construite tuburile.

În vederea acestei ipoteze stabilirea travaliului real în tuburi urmează să fie făcută prin una din formulele :

$$(1) \quad e = \frac{p.d.}{2.R.} + 0.3 \text{ cm. } ^1) \quad \text{sau:}$$

$$(2) \quad e = \frac{d}{2} \left[-1 + \sqrt{\frac{R + 0.4 p}{R - 1.3 p}} \right] + 0.3 \text{ cm.} \quad (\text{formula lui Bach}).$$

Dacă aplicăm aceste formule pentru grosimile tuburilor date de tabelele de mai sus, grosimi din care scădem tolerența de 5% prevăzută în caietul de sarcine, găsim că travaliul în materialul din care este construit un tuș de 250 mm. diametru, supus la o presiune de 36 atm. și avînd grosimea păretelui de 0,93 cm. este :

$$R = \frac{p d}{2 (e - 0.3)} = \frac{36 \times 25}{2 \times 0.58} = \frac{900}{1.16} = 770 \text{ kgr./cm.}^2$$

rezultat ce se apropie foarte mult de cel pe care-l dă formula (2).

Acest travaliu e încă admisibil, coeficientul de siguranță corespunzător fiind 6.

Este însă o secțiune a tubului, ce dela început, — fără a ține seamă de uzură — poate fi supusă eventual la un travaliu mai mare ca cel normal de 500 kgr./cm.².

În adevăr, dacă examinăm detaliul îmbinării, (Planșele LI și LII), vedem că grosimea peretelui tubului, în urma tăierii șurubului, este redusă cu 2.54 mm., înălțimea pasului ; ținîndu-se cont că fabricanții îngroașe capătul tolei unde se face șurubul cu 0.8 mm. și deducînd toleranța de 0.5 mm. asupra grosimei tuburilor prevăzută în caetul de

1) Această formulă e întrebuințată pentru calculul căldărilor marine.

A se vedea: prescripțiunile biroului „Veritas“; și *G. Eckermann Zusammenstellung von Vorschriften für den Bau von Schiff's Dampf-kesseln*.

sarcine, găsim că grosimea păretelui tubului ce trebuie să intre în calcul în caz cind manșonul nu e perfect solidar cu tubul, este de :

$$e = 9.3 - 0.5 + 0.8 - 2.54 = 0.7 \text{ cm.}$$

Deci travaliul efectiv în această parte a tubului va fi :

$$R = \frac{p d}{2 e} = \frac{36 \times 25}{2 \times 0.7} = 643 \text{ kgr./cm.}^2.$$

$$\text{Coeficientul de siguranță} = \frac{4500}{643} = 7.$$

Toate aceste calcule dovedesc că coeficientul de siguranță minimal, admitînd o uzură însemnată, este de 6 și că, prin urmare normele de dimensionare stabilite de americani sunt foarte raționale și admisibile.

De altmintrelea practica a dovedit acest lucru ; mai toate instalațiunile vizitate de comisiunea ce a studiat chestiunea construcțiunei conductelor de petrol în America, au fost găsite ca funcționînd perfect de mulți ani, cu rare accidente și cu toate că, de multe ori, din cauza cerințelor exploatarei, se depășeau presiuniile normale de serviciu

În Europa tuburile sudate se fabrică aproape exact cu dimensiunile și după normele americane.

În ceea ce privesc tuburile fără sudură, fabricate prin etiraj după sistemul *Mannesmann*, ele prezintă avantajul că nu au linia de mică rezistență a sudurei, ¹⁾ și că sunt construite din un oțel mai tare (55 — 65 kgr./mm.² rezistență la tracțiune și 15% lungire) ; au însă desavantajul că grosimea pereților lor fiind mai mică ca a tuburilor sudate, cu timpul, prin oxidațiune, se găsesc în condițiuni mai defavorabile ca tuburile sudate.

Aplicarea formulelor obicinuite dovedește ușor că tuburile *Mannesmann* sunt dimensionate pentru a suporta, cu un travaliu constant, o aceeași presiune de serviciu, oricare ar fi diametrul.

Această dimensionare nu e rațională pentru conductele de petrol de oarece îmbinarea cu șurub, uzitată pentru presiuni înalte, e cu atît mai slabă cu cît diametrul tuburilor e mai mare. Pentru acest motiv prevederea unei conducte de diametru mare, cu presiuni în-

1) Se socotește că rezistența părții sudate este cu 10% mai slabă ca rezistența restului materialului.

semnate, e practicește nu numai de nerecomandat dar chir ne-admisibilă.

Diametrul maximal e de 300 mm.; această dimensiune este puțin întrebuințată chiar în America; în acest caz presiunea de serviciu admisă este de 28 atmosfere cel mult.

Dacă considerăm grosimile tuburilor fără sudură, arătate în tablourile date în planșele LI și LII, tabele extrase în parte din catalogul uzinei «Mannesmann-Röhren-Werke», și dacă calculăm travaliul materialului în tuburile de 127 mm. 228,6 mm. și 254 mm. și pentru presiuni interioare respective de 56, 40, 38 kgr./cm.², ținând cont de toleranța de 2% asupra grosimei și aplicînd formula :

$$E = \frac{p d}{2 e},$$

prin urmare neținînd seamă de uzura prin oxidațiune, găsim :

pentru d . . . 127 mm.	$p=56$ kgr./cm. ²	$R=778$ kgr./cm. ²	
» d . . . 228,6 mm.	$p=40$	$R=750$	»
» d . . . 254 mm.	$p=38$	$R=710$	»

deci coeficientul de siguranță în mediu 8.

Dacă am aplica formula biroului «Veritas», de exemplu pentru tuburile de 254 mm. diametru, găsim :

$$R = \frac{p d}{2 (e - 0.05 e - 0.3)} = \frac{58 \times 25.4}{2 (0.67 - 0.03 - 0.3)} = 1400 \text{ kgr./cm.}^2$$

Prin urmare coeficientul de siguranță în acest caz ar fi numai 4.

Din cele de mai sus, rezultă că tuburile nesudate cu grosimile normale, nu pot fi considerate ca superioare tuburilor sudate, și pentru acest motiv am lăsat la facultatea concurenților a oferi, ori și cari din aceste tuburi pentru conductele noastre în prețuri unitare egale; am prescris însă —și cred cu drept cuvînt—pentru tuburile etirate condițiuni de protecțiune contra ruginii, mai severe, după cum se arată mai jos.

Credința unor uzine ce fabrică tuburi fără sudură, că tuburile lor pot fi supuse la presiuni de serviciu pînă 85 atm., o găsim cu totul nejustificată, căci ar trebui ca materialul să fie supus la un travaliu de 3000 kgr./cm.² pentru presiunile de încercare și mai bine de 1500 kgr./cm. pentru presiunile de serviciu, fără a mai ține seamă de reducerea cu timpul a grosimei tuburilor prin oxidațiune.

O măsură însă absolut necesară atât pentru tuburile sudate cât și mai cu seamă pentru acele nesudate, este protecțiunea tuburilor prin un bun material de izolare.

De aceea am prevăzut prin caietul de sarcine, ca tuburile sudate vor fi date cu un strat de un milimetru de coaltar, după procedeul usitat, iar tuburile fabricate prin etiraj, (fără sudură) fiind mai subțiri, să fie coaltarizate și îmbrăcate cu iută coaltarizată.

Precauțiuni trebuiesc luate și în timpul pozel tuburilor, de a evita terenurile ce conțin acide sau alcaline, sau a se lua măsurile pe protecțiune în asemenea cazuri, așezându-se conductele într'un masiv de beton slab, sau făcându-se împlinirile cu argilă impermeabilă bine bătută.¹⁾

CAP. III.

Îmbinarea tuburilor.

În urma experienței făcută în America cu ocaziunea construcțiunei numeroaselor conducte de petrol (peste 200.000 km.) îmbinarea tuburilor a suferit modificări pînă a luat forma arătată în planșele LI și LII.

Prin acea dispozițiune a manșonului se urmărește pe de o parte ca ghivinturile să fie robuste așa ca să permită o strîngere, iar dacă strîngerea șurubului e prea mare, suprafața conică despre extremitatea manșonului și tubului se ia toată presiunea fără ca ghivinturile să se încalce sau să se uzeze.

O asemenea îmbinare este foarte etanșă, și informațiunile luate dela personalul de exploatare al conductelor vizitate în America, au fost de natură a ne face convingerea că chestiunea perfecteîi îmbinări a tuburilor supuse la mari presiuni, este prin aceste dispozițiuni deplin rezolvată.

Am preferit această îmbinare cu manșon acelei adoptate de uzinele *Mannesmann* (manșon scurt, cu șurub, din o bucată cu totul) ca fiind mai robustă și sancționată ca perfectă de experiență.

E de observat că se recomandă ca oțelul din cari sunt făcute manșoanele să fie mai moale ca oțelul din care sunt făcute tuburile (32—41 kgr./mm.²); de obicei în America manșoanele se fac de fier forjat.

1) A se vedea uvrăjul: *Versuche über Rostung in Laboratorium der Kgl. Bergakademie Berlin.*

CAP. IV.

Formulele de aplicat pentru calculul diametrelor conductelor de lampant și țiteiu.*A. Conductele de lampant.*

Scurgerea generală a fluidelor se face după formula lui *Darcy*.

$$Q = \frac{\Pi}{8 \sqrt{h_1}} \sqrt{\frac{D^5 \cdot b}{l}}$$

în care :

Q este debitul în litri pe secundă ;

D este diametrul în metri ;

b este pierderea de sarcină în metri ;

l este lungimea conductei în metri ;

Π un coeficient numeric bine cunoscut.

Pentru lampant formula obicinuită este :

$$(3) \quad Q = 14,5 \sqrt{\frac{D^5 \times b}{l}}$$

formulă ce dă rezultate inferioare celor reale. În această formulă Q e exprimat în litri pe minut, D în centimetri, b și l în metri.

La stabilirea debitelor conductelor de lampant unii iau coeficientul dinaintea radicalului puțin mai mare ; preferin a lua un coeficient mai mic ; în asemenea condițiuni debitul conductei calculat prin formula (3) va fi inferior celui real.

Cum debitul conductei de lampant nu variază cu temperatura și nu depinde de alți factori, putem stabili imediat diametrele conductelor necesare în cazul nostru pe baza debitului de 410 litri pe minut, stabilit la cap. I.

Formula (3) scrisă pentru măsuri engleze sub forma :

$$Q = 5 \sqrt{\frac{D^5 \times b}{l}},$$

este aplicată în America ; în acest caz Q este debitul în picioare cubice pe minut, D diametrul conductei în inch, b pierderea de sarcină și l lungimea conductei în picioare engleze.

1) *Porțiunea dintre Băicoi și Ploiești.* Observăm că pe această

porțiune e posibil ca scurgerea lichidului să se facă prin presiune naturală.

În adevăr după profilul în lung (Planșa XLIX) avem :

$$\text{Panta : } \frac{h}{l} = 0,00733 ; Q = 410 \frac{\text{litri}}{\text{minut}} \text{ pentru o conductă.}$$

Din formula (3) avem :

$$D^5 = \frac{Q^2}{14,5^2 \times \frac{h}{l}} = \frac{Q^2}{210,25 \times 0,00783} = \frac{Q^2}{1,64626} = 100200.$$

De unde

$$5 \log D = 5,0008677$$

$$\log D = 1,000173$$

ceceace dă

$$D = 10 \text{ cm.}$$

Avînd în vedere însă că pe porțiunea de conductă pentru lampant dintre Ploești și Constanța unde se întrebuintează pompe, se poate spori debitul conductei, prin intercalarea unei stațiuni de pompă intermediare, fără adăogire de noi conducte, e rațional ca porțiunea Băicoi-Ploești, unde scurgerea se face fără pompă, să fie dimensionată dela început pentru un debit mai mare. Acest debit e bine a fi luat egal cu acel pe care l-ar avea conducta în cazul triplării stațiunilor de pompă, debit, care după cum vom vedea mai jos este de 580 litri pe minut.

Ori în acest caz avem :

$$D^5 = \frac{580^2}{1,64626} = \frac{326400}{1,64626} = 205000.$$

$$5 \log D = 5,3117539$$

$$\log D = 1,0623513$$

$$D = 11,2 \text{ cm.}$$

Din cauză însă, că acest diametru nu e comercial, vom lua diametrul de 5 țoli eglezi = 127 mm.

Un calcul ușor dovedește că în acest caz una din conductele de lampant de 127 mm. diametru, cu o pantă a liniei de presiune de 0.00773 debitează 700 litri pe minut, ceea ce înseamnă că ambele

conduce vor debita anual 600.000 tone, adică o cantitate ce credem că va întrece oricând debitul rafinăriilor din sus de Ploești.

2). *Porțiunea dintre Ploești și Constanța*, se va calcula în acelaș mod. Să vedem în primul rînd ce diametru ar avea conducta dacă am pompa direct din Ploești pînă la Bifurcație. (Gara Palaz).

Observînd elementele necesare din profilul în lung (Planșa XLIX) avem :

$$p = \frac{h}{l} = 0.00265 ; \quad Q = 410 \frac{\text{litri}}{\text{minut}}$$

Deci din formula :

$$Q = 14,5 \sqrt{D^5 \times p} \quad \text{am}$$

$$D^5 = \frac{Q^2}{14,5^2 \times p} = \frac{410^2}{210,25 \times 0,002685} = 300.000 \text{ (rotund)}$$

$$5 \log D = 5,47712$$

$$D = 12,5 \text{ cm.}$$

Cu alte cuvinte cu o singură stațiune de pompe în Ploești putem refula prin două conducte de 127 mm. 350.000 tone de lampant pe an dela Ploești pînă la Bifurcație; în realitate debitul conductelor este de 380.000 tone.

Pe viitor, dacă va fi nevoie de a spori debitul conductei, vom putea face acest spor prin intercalarea uneia sau mai multor stațiuni intermediare de pompare.

Intercalarea unei asemenea stațiuni, care ar înjumătăți lungimea de pompare, adică care ar reduce-o la 136 km., ar avea ca rezultat că debitul unei conducte ar fi de 580 litri pe minut, deci al ambelor conducte de 500.000 tone pe an, rotund.

Intercalarea a două stațiuni de pompare ar spori debitul, conductei fără schimbarea diametrului la circa 600.000 tone pe an adică un debit egal cu cel maxim al porțiunei Băicoi-Ploești.

Dacă va fi nevoie a transporta cantități și mai mari, se va putea, mai înainte de a se dubla conducta pe întreaga lungime, să se dubleze numai pe lungimi parțiale (*loop*), dispozițiune ce va permite fără cheltueli mari o sporire însemnată a debitului.

3). *Porțiunea între Bifurcație și Constanța*, avînd o pantă de 0.00925, și conservînd diametrul de 127 mm. va putea debita 760 litri pe minut, 880 de tone pe zi, 322.000 tone pe an pentru o singură conductă, sau 644.000 tone pe an pentru ambele conducte.

Dacă ambele conducte ar descărca lampantul direct în vapor, fără a întrebuința pompe, ele ar putea umple în circa 3 zile un vapor de 6000 tone ; vom prevedea însă pe această porțiune ca diametrul conductei să fie de 250 mm., astfel ca debitul să fie de 6000 tone pe zi ; în aceste condițiuni un vapor va fi încărcat în 24 ore.

În rezumat, calculul conductelor de lampant e astfel făcut, în cît porțiunile ce funcționează fără pompare să aibă un debit de 600.000 tone pe an pe cînd porțiunea ce va funcționa prin pompare să aibă deocamdată numai debitul de 400.000 tone pe an, cu puțința de a fi sporit, fără dublarea conductei, pînă la 600.000 tone pe an.

Dacă verificăm valorile debitelor date de formula (3) :

$$Q = 14,5 \sqrt[5]{D^5 \times p}$$

prin formula lui *Flamant* :

$$p = \frac{h}{l} = \gamma \sqrt[4]{Q^7}$$

în care γ , determinat experimental după debitele acuzate de conducta Michailewo-Baku, este luat egal cu 3.25, găsesc că debitul conductei noastre de lampant e de 5.31 litri pe secundă adică sensibil debitul găsit prin formula (3).

B. Conducta de țiței.

Dacă pentru lampant nu e nevoie a ne preocupa de influența viscozității lichidului și a temperaturii asupra debitului conductelor, din contra, pentru țiței trebuie să ținem cont de ambii acești factori foarte importanți.

În memoriul pe care-l vom prezenta referitor la studiul făcut asupra conductelor construite în America vom insista mai mult asupra ambelor aceste chestiuni.

În lucrarea de față suntem nevoiți a ne limita numai în expunerea concluziunilor la care am ajuns în urma aceluși studiu.

Cred necesar a observa în primul rînd că conducte de petrol executîndu-se în America de mai bine de 40 de ani, și avînd în vedere faptul că iernele acolo sunt mai riguroase ca ale noastre, observațiunile făcute în acea țară în un interval atît de lung asupra influenței temperaturii, constituiesc baze sigure și pentru noi.

Influența temperaturii. Concluziunea la care s'a ajuns în Ame-

rica și care de altminteri a fost adoptată și de comisiunea rusă ce a studiat chestiunea construcției și exploatării conductelor de petrol în America, precum și de comisiunea română trimisă de guvernul român în Rusia, este că îngropînd conducta la o adîncime relativ mică nu avem a ne teme de influența dăunătoare a temperaturilor joase.

În sprijinul acestei concluziuni este faptul că *pipe-line*le din diferitele puncte ale provinciilor Kansas, Ohio, Pennsylvania, New-York etc., străbătînd deci regiuni cu ierni mai aspre ca ale noastre, sunt îngropate la adîncimi de 50 - 60 cm. În mijlocie —, și totuși niciodată aceste conducte nu au avut a suferi din cauza frigului, iar temperatura țiteiului înainte de intrarea în pompe, deci după ce a parcurs distanța între două stațiuni, nu s'a scoborît aproape niciodată sub 5° C.; aceste conducte sunt în funcțiune în mod continuu.

E cert că acest fapt se datorește, în mare parte, încălzirii țiteiului în conducte, în urma transformării în căldură a travaliului produs prin frecarea lichidului pe pereții conductei (efectul Joule), nu mai puțin însă rezultatul final e cu totul asigurător; însă pentru o absolută siguranță și pentru a avea în vedere și cazurile cînd conducta e plină dar nu funcționează, vom prevedea îngroparea tuburilor pentru țitei la o adîncime minimală de 1.25 m.

Influența viscozității. Viscositatea petroleurilor este, — cu rare excepțiuni —, mai mică la petroleurile ușoare și bogate în benzină, și mai mare la petroleurile dense, conținînd puține benzine.

În America țiteiurile din Pennsylvania, Ohio, Indiana etc. au o viscositate relativ mică, nediferind mult de aceea a țiteiurilor noastre ușoare dela Buștenari, Cîmpina etc.

De aceea pantru aceste regiuni din Estul Statelor-Unite, conductele de petrol se calculează după abaca reprezentată pe planșa L, și care cred că este întocmită, tot pe baza formulei lui *Darcy* și în ipoteza că viscositatea țiteiurilor e proporțională cu greutatea lor specifică.

Această abacă acuză pentru conducte debite relativ mari și nu poate fi aplicată pentru țiteiurile noastre.

O stabilire a formulei ce dă debitul conductelor în funcțiune de diametru și de pierderea de sarcină poate fi făcută prin experiențe asupra scurgerei în conducte a țiteiurilor de diferite viscosități. Scurgerea liquidelor făcîndu-se după formula :

$$(4') \quad Q = \sqrt{\frac{D^5 h}{c l}} \cdot 1)$$

se poate obține, pentru fiecare experiență, valoarea la c corespunzătoare; construindu-se curba variațiunei constantei c față cu viscozitatea liquidului (γ). se poate găsi ecuațiunea acelei curbe, adică relațiunea algebrică ce leagă pe c cu γ .

Diferite experiențe făcute în alte părți au condus la relațiunea:

$$c = \frac{\gamma^2}{1100}$$

așa că formula (4') devine:

$$Q = \frac{\sqrt{1100}}{\gamma} \cdot \sqrt{\frac{D^5 h}{l}} = \frac{33,166}{\gamma} \sqrt{\frac{D^5 h}{l}}$$

Dacă luăm ca unitate centimetrul (D , h , l) și litrul/minut (Q) formula se poate scrie:

$$Q = \frac{19.90}{\gamma} \sqrt{\frac{D^5 h}{l}} = \frac{19.90}{\gamma} \sqrt{D^5 p}$$

p fiind pierderea de sarcină pe metru.

Valoarea medie a viscozității țiteiurilor noastre poate fi stabilită ușor; în adevăr, din tabloul de mai jos, se vede că viscozitatea medie de considerat este $\gamma_m = 1.79$.

	Tone	Viscozitate	$T \times \gamma$
	T	γ	
Buștenari-Bordeni	312.000	1.5	468.000
Cîmpina	313.000	1.6	500 800
Băicoi	29.000	1.1	31.900
Țintea	97.000	2.4	232 800
Moreni	589.000	2.05	1.207.450
Gura Ocniței Filipești	110.000	1 7	187.000
Policiori și Sărata	63 000	1.4	88 200
	<u>1.513 000</u>		<u>2.716 150</u>

$$Z_m = \frac{2.716.150}{1.513.000} = 1,79$$

de unde formula ce trebuie să adoptăm este:

1) Q debitul în m^3 pe secundă, D diametrul, h pierderea totală de sarcină, l lungimea în metri și c un coeficient depinzînd de viscozitate.

$$Q = \frac{19.90}{1.79} \sqrt[5]{D^5 p} = 11.2 \sqrt[5]{D^5 p}$$

Vom lua rotund :

$$(4) \quad Q = 11,5 \sqrt[5]{D^5 p}$$

formulă verificată prin câteva experiențe făcute asupra curgerii țițeiurilor noastre.

Viscozitatea maximă a țițeiurilor noastre fiind de 2,4 ¹⁾ e ușor de văzut că în acest caz formula de aplicare va fi :

$$Q = 7.5 \sqrt[5]{D^5 \times p}$$

adică cu o scădere față cu debitul dat de formula (4) pentru țițeiuri normale de :

$$\frac{4.0}{11.5} = 35\%$$

cu alte cuvinte o conductă ce ar da un debit de 1.000.000 tone, în ipoteza viscozității de 1, 6, va satisface încă unui debit de 650.000 tone de țiței cu viscozitatea 2, 4 ; de fapt acest debit va fi mai ridicat, urmînd a fi mărit cu raportul greutateilor specifice ale celor două țițeiuri.

Formula (4) dă pentru debite cifre mai mici decît cele reale. Cu ocaziunea vizitărei mai multor instalațiuni în America, am luat elementele necesare pentru a face asemenea verificare pentru mai multe conducte și iată rezultatele :

<i>Stațiunea</i>	<i>Debitul calculat</i>		<i>Debitul real +</i>	
Crown	380	m.c./oră . . . 440	m.c./oră + 17	%
Titusville No. 1.	43	m.c./oră . . . 49.4	m.c./oră + 15	%
» No. 2.	13.1	m.c./oră . . . 15.5	m.c./oră + 18	%
Saddle River (Garfielt).	257.2	m.c./oră . . . 293.7	m.c./oră + 14	%
Washington (Cange water)	79.8	m.c./oră . . . 91.2	m.c./oră + 14	%
Watt Farm	336	m.c./oră . . . 380	m.c./oră + 13	%
Adgate	436	m.c./oră . . . 475	m.c./oră + 9	%
Argo	601	m.c./oră . . . 675	m.c./oră + 12.3	%

1) Nu ne referim la unele țițeiuri foarte rare, cu viscozități mai mari ; e evident că acele țițeiuri nu ne interesează, ele fiind în o cantitate mică și ca atare, neurmînd a fi transportate prin conducte.

Debitele acestor conducte erau mai mici în timpul iernei cu c. a. 10%.

Aceste rezultate sunt toate concludente la întrebuintarea formulei :

$$Q = 11.5 \sqrt{D^5 p}$$

formula aplicată și în Rusia de toți inginerii ce construiesc conducte de țitei.

În rezumat, luându-se măsurile ca temperatura lichidului să fie mai ridicată ca + 5°, prin îngroparea conductei la o adâncime suficientă, deci împiedicînd lichidul a-și mări viscozitatea prin scoborîrea temperaturii, suntem siguri, aplicînd această formulă, că debitele calculate, vor fi inferioare celor reale pentru media calității țiteiurilor noastre. Mai mult, conducta va satisface cerințelor chiar în caz cînd viscozitatea va fi și mai mare.

Vom aplica deci această formulă și în cazul conductei noastre.

1). *Porțiunea Băicoi-Ploști.* Observăm și aci că pe această porțiune țiteiul poate curge prin presiune naturală. Ori, după profilul în lung (Planșa XLIX) avem :

$$p = 0.00783 \quad ; \quad Q = 2200 \text{ litri pe minut.}$$

Deci :

$$D^5 = \frac{Q^2}{11.5^2 \times p} = \frac{4840000}{132.25 \times 0.00783} = 4.670.000$$

$$5 \log D = 6.66932$$

$$D = 22.5.$$

2). *Porțiunea Ploesti Buzău.* În acest caz avem :

$$p = 0.006346 \quad ; \quad Q = 2200 \frac{\text{litri}}{\text{minut}}$$

$$D^5 = \frac{Q^2}{11.5^2 \times p} = \frac{4840000}{132.25 \times 0.00625}$$

ceea ce conduce imediat la :

$$D = 22,5 \text{ cm.}$$

3). *Porțiunea Buzău-Bifurcație.* Am luat Buzău ca stațiune de pompare fiindcă e un centru important de producțiune și expedițiune. Dacă nu ne-am fi impus Buzău ca stațiune de primire și refulare, soluțiunea cea mai avantajoasă ar fi fost ca în afară de

Ploești, să se pună o singură stațiune intermediară de pompare în Tândărei, dispozițiunea ce ar fi necesitat ca întreaga conductă între Ploești și Bifurcație să aibă diametrul de 275 mm.

În adevăr, numărul stațiunilor de pompare și diametrul conductei celei mai nimerite sunt cele ce satisfac condițiunei, ca suma anuității capitalului de construcțiune cu cheltuelile de exploatare corespunzătoare să fie minimă

Indepărtînd soluțiunea curgerii lichidului dela Ploești la Constanța prin presiune naturală, soluțiune ce nu este admisibilă, căci ea ar necesita o conductă de un diametru prea mare (425 mm.), să examinăm soluțiunea cu o singură stațiune de refulare în Ploești. În acest caz, diametrul conductei Ploești-Bifurcație ar fi de 350 mm, dimensiune mai mare ca cea admisă pentru îmbinările cu șurub și necorespunzînd condițiunei de maximă economie, căci cheltuiala în plus pentru tuburile de 350 mm. diam. față cu 275 mm. e mai mare decît costul capitalului total corespunzător pentru înființarea unei stațiuni de pompare.

Dacă admitem două stațiuni de pompare, observăm în primul rînd că pozițiunea stațiunei a doua, prima stațiune fiind în Ploești, este determinată de condițiunea de maximă economie, adică ca diametrul conductei să fie acelaș pe întreaga porțiune Ploești-Bifurcație.

Această condițiune ne ar conduce la alegerea stațiunei Tândărei ca a doua stațiune de pompare.

Calculînd diametrul conductei pentru debitul de 2200 litri pe minut și pierderea de sarcină pe metru de 0.003 găsim diametrul de 275 mm. Or, costul conductelor în acest caz este numai cu 570.000 lei mai ridicat decît în cazul soluțiunei cu trei stațiuni de pompare, pe cînd — lăsînd la oparte faptul că la exploatare avem o stațiune mai puțin, — numai economia de capital obținută prin reducerea unei stațiuni de pompare este de un milion.

Aceasta ar fi soluțiunea cea mai nimerită.

Interese însă de un ordin economic superior impun prevederea Buzăului ca stațiune de pompare, căci Buzăul este un centru de producțiune; rămâne deci, ca numai porțiunea de conductă dintre Buzău și Constanța să fie dimensionată pe temeiul condițiunei de maximă economie enunțată mai sus.

Or, această condițiune, ne conduce a lua Hagieni ca stațiune de pompare, căci pentru această pozițiune ambele părți ale con-

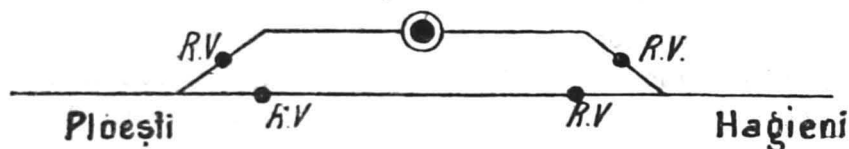
ductei, adiacente stațiunii, au aceeași pierdere unitară de sarcină (0.00371), deci și același diametru. Aplicând formula (4) pentru $p = 0.00371$ și $Q = 2200$ litri pe minut, găsesc :

$$D = 250 \text{ mm.}$$

Dar observăm că Buzău, cîtva timp va putea să nu aibă o cantitate suficientă de țitei, pentru ca stațiunea de pompare de acolo să funcționeze în mod permanent. De aceea, această stațiune va fi așezată în modul indicat de figura (a), așa că la nevoie să func-

Fig. a

Stație de pompare



ționeze numai stațiunea Ploești pompînd direct țiteiul în Hagieni. Care va fi în acest caz debitul ce se va putea pompa și care va fi linia de presiune corespondentă? E ușor de răspuns.

În adevăr fie p panta nivelului piezometric pe porțiunea Ploești-Buzău ce are diametrul $D = 225$ mm. și p' panta nivelului piezometric pe porțiunea Buzău Tândărei ce are $D' = 250$ mm.

Evident că atunci cînd vom pompa din stațiunea Ploești, vom avea același debit pe ambele porțiuni deși ele au diametru diferit ; prin urmare :

$$Q = 11,5 \sqrt{D^5 \times p} = 11,5 \sqrt{D'^5 \times p'}$$

cece conduce la :

$$(5) \quad p = \left[\frac{D'}{D} \right]^5 \times p' = 1,65 p'$$

și după profilul în lung avem :

$$(6) \quad 103000 \times p' + 68300 \times p = 169 + 380 - 75 = 474$$

rezolvînd ecuațiunile (5) și (6) găsim :

$$p = 0.003589$$

$$p' = 0,002119$$

cece dă pentru debitul conductei :

$$Q=11,5\sqrt{22,5^2 \times 0.003589}=11,5\sqrt{25^2 \times 0.002119}=1650 \frac{\text{litri}}{\text{minut}}$$

sau :

$$Q = 700.000 \text{ tone pe an.}$$

Adică, se poate refuza din Ploești direct la Hagieni, 700.000 tone țiței pe an, fără a mări presiunea de pompare în Ploești, și conservând aci presiunea admisă de 390 m.

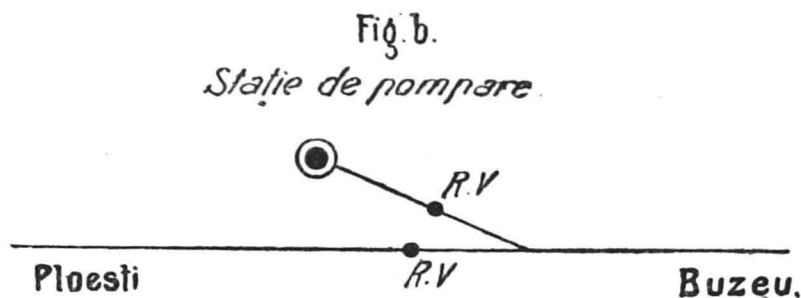
Astfel propunem a se face exploatarea atit timp cit tonajul anual de țiței de transportat prin conductă va fi mai mic ca 700.000 tone. Stațiunea Buzău va funcționa numai cind va fi nevoie.

Posibilitatea sporirii debitului conductei de țiței fără a o dubla. Observăm, în primul rind, că porțiunea Baicoi-Ploești deși funcționind fără pompare este capabilă a debita numai 1.080.000 tone pe an, și nu am crezut nimerit a o dimensiona pentru un debit mai mare. Aceasta am făcut-o pentru motivul că o mare parte din țiței e condus direct la Ploești, prin conducte particulare deja executate, iar o parte din producțiune se deplasează spre Buzău.

Rămîne deci să examinăm numai posibilitatea sporirii debitului conductei Ploești-Bifurcație.

O dublare parțială a conductei (*loop*) poate conduce fără cheltueli prea mari, la o sporire a debitului pînă la 1.300.000 tone pe an; dublarea stațiunelor de pompare poate spori debitul pînă la 1.650.000 tone pe an, iar în urma acestora, dublarea parțială a conductelor imediat după fiecare stațiune de pompe, pe lungimi relativ reduse, poate spori debitul pînă la 2 milioane tone pe an.

Pe porțiunea dintre Ploești și Buzău, în caz cînd se vor ivi în apropiere centre de producțiune însemnate, s'ar putea înființa stațiuni de pompare în derivație (fig. b.) ce vor trimite țițeiul în



conductă, fără a fi nevoie de al transporta prin calea ferată pînă la

Buzău ; cred preferabil ---și după mine, singura soluțiune admisibilă --- ca producătorii să-și construească în asemenea cazuri *pipe-line* de colectare ce vor duce țițeiul pînă la stațiunea de pompare a conductei principale.

Prezentul memoriu e întocmit pentru a justifica pozițiunea stațiunilor de pompare, dimensiunile tuburilor și tipul îmbinărilor.

Restul dispozițiunilor privitoare la celelalte părți ale construcțiunei conductelor de petrol, ca mașini, rezervoare, etc. vor forma obiectul unui memoriu aparte.

Referitor însă la lucrarea de față și ca compliment al ei, se vor face studii de laborator și observațiuni pe conductele existente în țară, pentru a se verifica legile variațiunei viscozității țițeiurilor și la noi, și prin urmare și legile variațiunei debitelor conductelor, față cu schimbările de temperatură.

