

$$bh^2 = \lambda \frac{M}{\sigma_o} = \lambda r \frac{M}{\sigma_e} \quad (18)$$

unde

$$\lambda = \frac{6(r+n)^2}{n(3r+2n)}$$

$$\tau = \frac{A S}{v_o l} \quad (3)$$

$$a = \frac{A S}{U l} \quad (4)$$

procedând în modul arătat la exemplele 1 și 2.

București, 22 Februarie 1906.

(Va urma)

Ion M. Ionescu

Inginer în Serviciul central de
întreținere C. F. R.

NECONCORDANȚA FORMULELOR FUNDAMENTALE ALE HIDRAULICIEI CU REZULTATELE CERCETĂRILOR FACUTE PE DIFERITE RIURI

Sunt de toți cunoscute însemnatele lucrări făcute în hidraulică de D-l *Bazin*, căruia se datorește putem zice, baza hidrauliciei relativ la scurgerea lichidelor.

Insemnatele lucrări ale acestui savant hidraulician au fost completate prin alte nenumărate cercetări, emițându-se o mulțime de formule relativ la chestiunile în studiu.

Toate cercetările însă relativ la această parte a hidrauliciei nu au putut îmbrățișa diversitatea fenomenelor și legile fizice ale scurgerii tuturor apelor diferitelor râuri și dacă formulele rezultate, sunt monumente științifice pentru experiențele de laboratoriu, ele nu pot înfățișa inginerului o siguranță absolută pentru calculele ce este chemat a face relativ la stabilirea regimului unui fluviu, pe baza căruia să poată proiecta lucrările necesare.

Formulele cele mai sigure sunt acele cari derivă din observațiuni îndelungate și din experiențe nenumărate făcute asupra unui anumit curs de apă, pentru care se cere a 'i se fixă regimul. Prin urmare după acest raționament, urmează ca fiecare curs de apă să 'și aibă regimul lui și deci formulele sale, care dacă sunt bune pentru calcularea elementelor necesare relativ la dânsul, ele nu mai folosesc pentru acele cursuri de apă care se prezintă în condițiuni cu totul diferite. Experiențele cele mai însemnate pentru a se proba acest adevăr, s'au făcut în America, pe râul Missisipi, unde formulele date în hidraulică de iluștri hidraulicieni, au fost puse la grele încercări și multe din ele au fost probate cu totul greșite.

Un oarecare număr de rezultate date de D-l Bazin, sunt de fapt câștigate de știință, ele fiind puse în evidență prin operațiunile extrem de minuțioase pe cari le-a făcut D-sa asupra canalelor artificiale, cu diferite pante, forme și compuse din substanțe diferite.

În cele ce urmează, observațiunile nu se referă de cât la experiențele făcute asupra mișcării permanente uniforme.

Însuși D-l Bazin, căutând relațiunea care leagă viteza medie de forma secțiunii, de panta și de natura substanțelor care constituie un canal, recunoaște și demonstrează în mod evident că formula zisă a lui *Prony*

$$rs = av + bv^2$$

sau

$$\frac{rs}{v^2} = b + \frac{a}{v}$$

trebuie abandonată, fiind cu totul greșită. În această formulă r este raza medie sau profunziunea hidraulică medie, sau raportul dintre secțiune și perimetrul muiat, s sinusul pantei sau raportul dintre diferența de nivel a unui curs de apă și lungimea l , adică $s = \frac{h}{l}$; v , viteza medie în metri pe secundă și a și b doi coeficienți ori care

Acești coeficienți variază, în adevăr, cu ori care din elementele care intervin; astfel în cât formula de mai sus este greșită și dă naștere la enorme confuziuni.

Se impuneă dar, a se găsi o formulă empirică simplă care să aducă servicii reale practicianilor și să înlocuiască formula lui *Prony*.

D-l Bazin prescrie că în loc de formula de mai sus, se pot întrebuința, expresii de forma,

$$\frac{r s}{v^2} = \alpha + \frac{\beta}{r}$$

în care coeficienții trebuie să se schimbe după natura pereților canalului. Astfel :

Pentru un canal cu pereții foarte regulați, precum ciment lustruit, lemn dat la rânda cu îngrijire, etc., se poate întrebuința formula :

$$(1) \quad \frac{r s}{v^2} = 0.00015 \left(1 + \frac{0.03}{r} \right)$$

Pentru pereți mai puțin regulați, ca piatra de talie, cărămizi, scânduri, etc., se poate întrebuința formula :

$$(2) \quad \frac{r s}{v^2} = 0.00019 \left(1 + \frac{0.07}{r} \right)$$

Pentru pereți în zidărie ordinară de moloane, se poate adopta formula :

$$(3) \quad \frac{r s}{v^2} = 0.00024 \left(1 + \frac{0.25}{r} \right)$$

În fine pentru canale cu pereții în pământ se poate întrebuința formula :

$$(4) \quad \frac{r s}{v^2} = 0.00028 \left(1 + \frac{1.25}{r} \right)$$

Aplicațiunea acestor formule se face într'un mod foarte lesnicios, de oarece există table în care se găsește al doilea termen al ecuațiunilor de mai sus, pentru fiecare valoare a lui r .

În modul acesta aplicațiunea formulelor noi este cu mult mai comodă de cât cea a vechei formule gășite.

D-l Bazin pentru tragerea concluziunilor sale traduse prin formulele enunțate mai sus, a dispus nu numai de nenumărate experiențe făcute de D-sa personal, dar și de experiențele anterioare ale lui *Du Buat* și de acele ale autorilor germani făcute pe marile cursuri de apă, în special acele ale lui *Funk*.

Grație consultațiunei acestor însemnate experiențe asupra cursu-

rilor de apă destul de considerabile, formulele lui Bazin au părut în totdeauna că pot fi aplicate cu încredere, chiar la secțiunile transversale care trec peste limita acelora la care s'au oprit experiențele în chestiune. Mai mult de cât atât, aceste formule s'au verificat chiar la unele din cursurile de apă la care au fost aplicate; astfel serviciul de navigațiune pe Meusa a ameliorat acel râu în aval de Verdun prin stabilirea unor canale navigabile pe care râul le-a adâncit el singur, până când 'și a format o nouă stare de regim.

Pentru asemenea lucrări, este de o importanță capitală faptul că se putea prevedea cu exactitate, pentru o depărtare dată a digurilor, adâncirea șenalului și noul profil în lung al râului la apele ordinare. Astfel, experiențele făcute pe râul Meusa, au condus pe ingineri să afecteze cu un coeficient de 0.72 rezultatele pe care le dădea aplicațiunea formulei lui Prony, pe când aplicațiunea formulei lui Bazin a coincisat cu experiențele directe, după afirmațiunea D-lui inginer *Holtz*.

Din cele expuse mai sus, se deduce la ce concluziuni eronate ar conduce aplicațiunea uneia sau alteia din formulele cunoscute, fără ca mai întâiu să se facă observații îndelungate și experiențe directe pe râurile al căror regim se cere a se studia și ce serviciu imens poate aduce inginerilor publicarea unor asemenea experiențe directe.

În ceea ce ne privește, însă experiențele directe ce s'au făcut pe fluviul nostru Dunărea, ele sunt de o mică importanță din cauză că s'au făcut pe o scară puțin întinsă; timpul material lipsind completamente, inginerii fiind absorbiți de alte lucrări urgente, totul trebuia făcut repede și cu personal relativ restrâns.

Asemenea experiențe s'au făcut în mod complet pe alte râuri, de exemplu, în America pe râul Missisipi, ajungându-se la stabilirea formulei următoare, care dă viteza cursului de apă în funcțiune de raza medie și de pantă, adică:

$$(5) \quad v = \left[\sqrt[4]{69 \cdot r_1 \times \sqrt{s}} - 0.0214 \right]^2$$

pe când formula lui Bazin No. (4), dă ca valoare pentru v

$$(6) \quad v = \frac{\sqrt{rs}}{\sqrt{0.00028 \left(1 + \frac{1.25}{r} \right)}}$$

Din examinarea acestor două formule, se vede imediat o diferență însemnată.

În adevăr, în loc de produsul rs din formula lui Bazin No. 6, avem în formula (5) produsul $r_1\sqrt{s}$, ceea ce înseamnă că importanța variațiilor lui s la marele fluvii, se găsește micșorată. Apoi, pe când D-l Bazin conserva în formulele sale, considerațiunea razei medii r , câtul diviziunii ariei prin perimetrul muiat, în formula americană (5), raza medie r_1 diferă de cea de mai sus, prin faptul că ea reprezintă același cât, însă numitorul este perimetrul muiat, sporit cu lărgimea cursului de apă.

Rezultatele numerice deduse din aceste formule sunt cu totul deosebite.

Din cele arătate mai sus, rezultă că nu putem pune o coeficiență absolută pe asemenea formule; Cu toate acestea până când alte noi experiențe cu noi descoperiri nu vor face să dispară aceste formule, suntem nevoiți să ne servim de ele pentru utilitățile noastre practice.

De altfel neconcordanța formulelor pentru toate cursurile de apă, eră de prevăzut, de oare ce nu există o relațiune simplă între viteza medie și datele geometrice ale cursurilor de apă. Pentru fiecare trebuiesc studiate fenomenele din alt punct de vedere și căutată legea distribuțiunii vitezelor în secțiunea transversală.

Formula propusă de Prony prin care se stabilește o relațiune între viteza medie și media vitezelor superficiale:

$$\frac{v}{U_0} = \frac{U_0 + 2.37}{U_0 + 3.15}$$

este dovedită de D-l Bazin cu totul greșită.

În adevăr, experiența a arătat că raportul $\frac{v}{U_0}$, pentru canalele tencuite cu ciment, variază între 0.80 și 0.85; pentru canalurile în zidărie de moloane, între 0.70 și 0.75; pentru canalurile de pământ acest raport poate să aibă valori sub 0.60.

D-l Bazin propune în loc de formula de mai sus alta, foarte simplă:

$$(7) \quad U_0 = v + 14\sqrt{rs}$$

Această formulă dacă ținem seamă de relațiunea (6), poate să se scrie :

$$(8) \quad U_o = v + 14v \cdot \sqrt{0.00028 \left(1 + \frac{1.25}{r}\right)}$$

Aceiași expresiune corespunzătoare în cercetările făcute pe râul Mississippi este următoarea :

$$(9) \quad U_o = 0.93 v + 0.016 \cdot \sqrt{v} \cdot \sqrt{\frac{0.285}{\sqrt{r} + 0.457}}$$

Aceste formule diferă în mod esențial una de alta din cauză că cel de al doilea membru din ecuațiunea (9) cuprinde pe \sqrt{v} , pe când formula (8) cuprinde numai pe v .

Iată dar o primă neconcordanță între formule de o mare importanță.

Mai departe D-l Bazin a căutat să rezolve și problema distribuțiunii vitezelor într'o secțiune transversală. Legile emise pe baza experiențelor D-lui, nu apar cu destulă claritate, pe când chestiunea a fost rezolvată în mod complet de inginerii americani.

În adevăr, pentru cazul general al unui canal de secțiune oarecare, D-l Bazin, presupune că viteza maximă este dată prin formula:

$$V_{max.} = V_o - \sqrt{rs} \times \varphi$$

în care V_o este viteza la suprafață și φ o funcțiune a coordonatelor care determină pozițiunea punctului considerat în secțiunea curenului.

Această funcțiune, spune D-l Bazin, depinde nu numai de valorile absolute ale coordonatelor, dar și de dimensiunile generale ale secțiunilor curenului.

Astfel într'o secțiune dreptunghiulară, cu lărgimea L și cu adâncimea H , φ ar fi funcțiune nu de coordonatele x și y , dar mai mult de rapoartele $\frac{x}{L}$ și $\frac{y}{H}$, pe care le putem numi coordonatele relative ale punctului considerat.

Când voim să studiem legea repartițiunii vitezelor într'un curent, trebuie să se facă abstracțiune de dimensiunile absolute și de

valorile absolute ale vitezelor, și se va considera numai coordonatele relative ale fie cărui punct și vitezele relative $\frac{V}{v}$.

Din relațiunea, $V_{max.} = V_o - \sqrt{rs} \cdot \varphi$,

rezultă:

$$\frac{V_o - V_{max.}}{v} = \sqrt{\frac{rs}{v^2}} \cdot \varphi$$

relațiune care după D-l Bazin. trebuie să rămâie aceiași pentru canaluri de aceleași forme.

Forma funcțiunei φ , scapă cercetărilor autorului și nu poate să îmbrățișeze rezultatele obținute prin experiențele făcute în America, adică că viteza maximă este adesea sub suprafața lichidului.

De altfel însuși autorul, în memoriul său, renunță să rezolve chestiunea, exprimându-se astfel:

„Chestiunea se complică și se întunecă mai mult cu cât noi experiențe, mai numeroase și mai precise, păreau că trebuie să arunce o mai mare lumină. Ce concluziuni trebuie să tragem din rezultate așa de diverse și în aparență contradictorii, de cât că nu posedăm noțiuni sănătoase asupra mișcării interioare ale fluidelor și asupra acțiunilor mutuale ale moleculelor lor? Poate că această parte așa de delicată a științei trebuie să rămâie mai multă vreme în domeniul empirismului“.

Dacă se examinează cu băgare de seamă curbele de egală viteză, trasate de D-l Bazin în atlasul său, se observă anomalii, de natură a face să se piardă speranța de a găsi o lege a unor fenomene așa de bizare, dacă ele nu s'ar atribui în mare parte modului de măsurare al vitezelor, făcute cu tubul lui Pitot-Darcy :

D-l Bazin descrie efectele observate, astfel :

„Variațiunile vitezei sunt subite, ele se operează prin săltături foarte vii și sunt însoțite de mici schimbări de nivel în suprafață. Aceste fluctuațiuni continui au fost deja semnalate de mai mulți observatori și D-l *Baumgarten* le a constatat cu morișca, pe Garona. Apreciabile chiar cu un instrument ca morișca, care trebuie să se învârtească câteva secunde înainte de a da o indicațiune, ele sunt cu mult mai apreciable cu instrumente mai sensibile ca tubul lui Darcy, care dă viteza printr'o impulsione vie exercitată într'un timp

foarte scurt. Se vede dar că ele sunt aproape instantanee, că constituiesc adevărate rupturi de echilibru, care se reproduc periodic. Viteza dar într'un punct dat nu este de cât o adevărată abstracțiune“.

Aceste perturbațiuni, maschează adevăratele legi și pe când noi căutăm adevărata viteză, instrumentele nu dau o viteză instantanee, cu totul alta de cât cea căutată. Dacă de exemplu într'un punct există o pulsație reprezentată printr'o curbă sinusoidă, ordonata pe care o observăm, este o ordonată oricare luată la întâmplare, pe când viteza este reprezentată prin aria curbei.

Aceste observațiuni deci, prin ajutorul instrumentelor cunoscute, dau loc la îndoeli asupra rezultatelor obținute. Cu cât strângem cercul raționamentelor noastre, cu atât ne găsim într'o mai mare încurcătură, cu atât vedem că suntem lipsiți de baze experimentale! Căci oare de ce s'au servit hidraulicianii până acum, pentru aflarea elementelor indispensabile studiului regimului unui curs de apă, dacă nu de instrumentele de mai sus pentru măsurarea vitezei curenților? Dar iată ce zice D-l Bazin relativ la rezultatele acestor măsurători:

„Se știe că viteza la suprafața unui curent este de obicei mai mică de cât la o profunziune oarecare dedesubt. Rezistența aerului nu explică în destul această detreștere la suprafață, căci ea persistă chiar la un vânt din amonte, care ar trebui să accelereze pătura superficială“. Care este dar cauza acestei rezistențe la suprafață? D-l Bazin o atribuie curenților tumultuoși împrejurul suprafeței și al cărui studiu D-sa 'l consideră ca imposibil.

Concluziunea dar foarte simplă este că ne lipsesc bazele experimentale și deci trebuie să ne reîntoarcem la origina cunoștințelor noastre în hidraulică.

Pentru a scăpa de această mare nedumirire, de acest punct negru în explicațiunea fenomenilor care ne preocupă, americanii au adoptat o metodă radicală. Ei admit că rezistența la suprafață este aceeași ca rezistența fundului și că lichidul curge ca într'un tub ai cărui pereți sunt jumătate solizi, jumătate gazoși.

Este în adevăr o concepțiune hazardată și ar fi prematur a se adopta această teorie ca o lege fizică pentru a trage concluziuni din trânsa. Trebuie să pătrundem mai profund fenomenul și să cerem experienții directe ca să ne confirme rezultatele la care am ajunge bazându-ne pe teoriile de mai sus și anume relative la măsura și

modul de variațiune a rezistenței ce opun mișcării permanente uniforme a unui lichid pereții solizi, lichizi sau gazoși.

Această interesantă problemă, adică aflarea rezistenței produse prin frecarea lichidelor pe solide sub influența presiunilor, și a propus-o ilustrul *du Buat*, care punându-se de la început pe un teren greșit a tras niște concluziuni inadmisibile și anume că efectele rezistenței produse de frecarea liquidelor pe solide, sunt independente de presiuni.

Cu alte cuvinte presiunea exercitată deasupra unui lichid care se mișcă într'un pat al unui curs de apă, sau înălțimea coloanei de apă, nu influențează asupra intensității rezistenței în paturile pe care se mișcă apa, sau că frecarea fluidelor nu se referă de cât la întinderea suprafeței și nu la înălțimea fluidului.

La aceste rezultate *Du Buat* a ajuns după ce a făcut niște experiențe cu două sifoane de diametre diferite și puse în condițiuni de a suporta presiuni deosebite. Dânsul însă a neglijat un fapt important și anume că presiunea atmosferică exercitându-se în mod egal pe suprafața ambelor sifoane și mișcărilor produse în cele două sifoane fiind numai niște fracțiuni inapreciabile din presiunea atmosferică, coloanele de apă în cele două sifoane reveneau în stare de echilibru aproape în acelaș timp, de unde concluziunea eronată de mai sus. De altfel însuși acest mare hidraulician nu prea crede în rezultatul de mai sus, căci, iată cum se exprimă el în această privință: „Efectul compresibilității apei dacă ar exista, ea este prea puțin sensibilă ca să ținem compt de dânsa. Este dar sigur că incompresibilitatea apei, dacă nu absolută cel puțin sensibilă, face ca moleculele sale să aibă totdeauna aceiași facilitate de mișcare, oricare ar fi încărcarea superioară“.

Iată ce erezii științifice se susțineau în acele vremuri de un mare hidraulician de la care ne-a rămas atâtea lucrări folositoare, din care unele nu se mai potrivesc cu starea la care a ajuns știința.

Se știe că frecarea solidelor pe solide este proporțională cu presiunea normală și că ea se micșorează sensibil când viteza crește mult.

În ceiace privește frecarea unui liquid pe un solid, lucrurile nu se întâmplă tot astfel, căci avem a face cu o mișcare permanentă, așa că fiecare moleculă lichidă întâlnește fundul solid într'o

stare de echilibru apropiat și nu se întâmplă ca la începutul mișcării, să crească contant cu presiunea.

În studiul frecării unui lichid *în mișcarea permanentă*, pe un solid, nu trebuie să presupunem că frecarea e proporțională cu presiunea, căci lucrurile se petrec cu totul altfel.

Trebuie de asemenea să remarcăm că frecarea într'o mișcare oscilatorie care nu este prea înceată, nu este aceiași ca frecarea lichidelor în mișcarea permanentă, după cum de mult a fost remarcată de D-l Coligny.

Frecarea unui lichid pe un solid este cert că depinde și de presiune și mai cu seamă de viteză.

În această privință există oarecare apropiere între frecarea solidelor pe solide și între cea a lichidelor pe solide, fără însă să se cunoască în mod neîndoios legile acestei frecări în raport cu presiunea.

În adevăr, o mică comparațiune poate arăta această apropiere între frecarea solidelor pe solide și între cea a lichidelor pe solide.

Este știut că rezistența se micșorează când viteza unui solid în mișcare devine considerabilă, ca la frecarea bandagelor pe șine; de asemenea când se lansează pe apă un vapor, cu mare viteză, el se ridică peste suprafața apei și nu arată de cât o foarte mică rezistență, de aceia se iau precauțiuni deosebite la lansarea vaselor pe apă.

Așa dar nu pot fi legi prea deosebite între frecarea solidelor pe solide și între a lichidelor pe solide.

Când se va cunoaște cu precizie legile frecărilor lichidelor pe solide, se va putea ușor reveni la rezistențele ce se produc pe suprafața lichidelor, analoage cu acele ce se produc pe funduri și pe taluze.

Hipoteza inginerilor americani de a presupune că apele unui curs de apă se mișcă ca într'un tub închis în care partea de deasupra apei este considerată ca o pătură gozoasă, nu are nimic extraordinar, însă trebuie să se precizeze natura acestor rezistențe de la suprafață dacă nu cum va ele consistă în mișcările turbilante care dau loc la o pierdere de forță vie translatorie după cum spunea D-l Bazin.

Iu prezența unei așa profunde ignoranțe a fondului chestiunii, orice ipoteză este periculoasă și trebuie recurs numai la experiențe.

După cum am văzut, principiile puse de du Buat și dezvoltate

de Prony sunt doborâte prin studii ulterioare, însă metodele acestor mari hidraulicieni rămân în picioare și servă la luminarea căilor altor savanți cari au aprofundat chestiunile.

Este necesar dar ca să se înceteze cu enunțarea problemelor și teoriilor greșite care împiedică orice progres și să se întreprindă lucrări experimentale laborioase, conduse cu multă paciență, cum au făcut inginerii americani, din cari apoi să se tragă concluziunile necesare.

Trebue ca inginerii să afle că nu știm nimic în mod indiscutabil din hidraulica cursurilor de apă, de cât aplicațiunea unor formule uzuale, care de multe ori conduc la rezultate false, pentru că falsă a fost de multe ori și baza după care s'au emis acele formule.

Cea mai bună formulă este cea dedusă din observațiunea făcută timp îndelungat anume la cursul de apă al cărui regim se voiește a se stabili, căci, repet din nou, că fără această condițiune, lucrările concepute prin analogii, nu pot conduce la rezultatele sigure.

Dacă dar savanți ca *Darcy*, *Dupuit*, *Bazin*, *Humphreys* și *Abboitt* și alții au făcut tot ce au putut pentru epoca lor, apoi nu trebue să ne folosim cu ușurință de formulele lor la toate cursurile de apă, căci ele pot fi inaplicabile după cum au probat'o inginerii americani, care după un studiu de 10 ani pe râul Missisipi au întocmit alte formule noi și au emis teorii deosebite de acelorlalți savanți.

București, 25 Februarie, 1906.

G. Popescu
Inginer-șef.