

615.338
140 G

MINISTERUL ÎNVĂȚĂMÂNTULUI
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMIȘOARA
FACULTATEA DE HIDROTEHNICĂ

ing. ORLESCU CONSTANTIN MIRCEA

**STUDIUL HIDRAULIC AL REGULATOARELOR
DE NIVELE ȘI DEBITE UTILIZÂND CORPURI
PLUTITOARE CU APLICAȚII ÎN SISTEMELE
HIDROAMELIORATIVE**

- Teză de doctorat -

Conducător științific
Prof.dr.ing. ANDREI WEHRY
m.c. ASAS

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

T I M I Ș O A R A
1996

*"Învățătura îl face pe om întreg,
discuțiile pregătite, scrierea exact".*

FRANCIS BACON

STUDIUL HIDRAULIC AL REGULATOARELOR DE NIVELE ȘI DEBITE UTILIZÂND CORPURI PLUTITOARE, CU APLICAȚII ÎN SISTEMELE HIDROAMELIORATIVE

CAPITOLUL 1. INTRODUCERE

1.1. Generalități asupra sistemelor hidroameliorative (îmbunătățiri funciare), rolul și locul automatizării acestora; perspective ale dezvoltării hidroameliorațiilor, studii și preocupări similare cu tematica tezei în România.

Hidroameliorațiile, suport indispensabil unei agriculturi moderne, intensive și eficiente, începând din a doua jumătate a secolului al XX-lea, au fost gândite, deci și organizate pentru a putea realiza "industrializarea" acestora [13], [41]. Este astfel posibilă [8], [13], [41]:

- asigurarea unor producții planificate, eliberate de caracterul aleator al factorilor climatici;
- reducerea costurilor de producție;
- crearea unei agriculturi de tip contractual, care să se adapteze condițiilor și cerințelor economiei de piață și industriei prelucrătoare.

Sistemele hidroameliorative, ca părți integrante ale amenajărilor hidrotehnice complexe, integrate și ele la rândul lor în bazine hidrografice, trebuie să facă față în funcționare unor situații legate de priorități asupra folosirii resurselor de apă către diferite tipuri de folosințe, de valoarea de utilizare a apei și energiei (electrice și termice), de încadrarea în echilibrul general și conservarea mediului întregului bazin hidrografic [12].

În plus, dezvoltarea impetuoasă a irigațiilor și drenajelor cere, cu prisosință, utilizarea rațională (optimizarea) a consumurilor energetice, de apă, a materialelor de construcții (cu prioritate a celor deficitare) și a forței de muncă umane.

Toate acestea nu sunt posibile fără aportul automatizării în funcționarea acestor sisteme. Ca atare automatizarea sistemelor hidroameliorative și în special a celor de irigație se impune din considerente [41]:

a) **tehnice**, în sensul că numai astfel se pot obține randamente maxime de funcționare, siguranță sporită în funcționarea și exploatarea tuturor subsansamblelor și o funcționare coerentă și performantă a întregului sistem;

b) **economice**, în sensul distribuirii raționale și a evidenței stricte a apei către consumatori cu ajutorul unor dispozitive de control, măsură și eventual limitare a volumelor de apă tranzitate pe rețeaua de transport; se realizează astfel importante economii de apă, un control riguros asupra funcționării sistemului și, în plus, urmărirea corectă a cerințelor și prețurilor aferente fiecărui consumator (se pot astfel evita eventualele fraude sau contestații);

c) **sociale**, prin faptul că se realizează reduceri importante ale forței de muncă și mutații în structura personalului de întreținere-exploatare, în sensul dobândirii unei calificări corespunzătoare.

În contextul celor menționate anterior, se poate sublinia (mai detaliat) că automatizarea sistemelor hidroameliorative permite [8], [41], [80]:

1) funcționarea întregului sistem la parametri înalți calitativ, în conformitate cu cerințele avute în vedere la proiectare, adică:

- asigurarea în orice moment și secțiune a rețelei, a nivelului și debitului necesar fiecărui consumator;

- folosirea rațională (conform programului de funcționare a sistemului hidrotehnic complex) a resurselor de apă disponibile din sistem sau sursă;

- folosirea la maximum a capacității de transport și de înmagazinare a rețelei de canale deschise (evident cu evitarea debordărilor provenite din avarii sau greșeli de exploatare);

2) utilizarea rațională a resurselor de apă și energie disponibile pentru sistem, prin:

- evidența riguroasă a debitelor tranzitate spre consumatori (cu înregistrările aferente), conform planificării sau cererii;

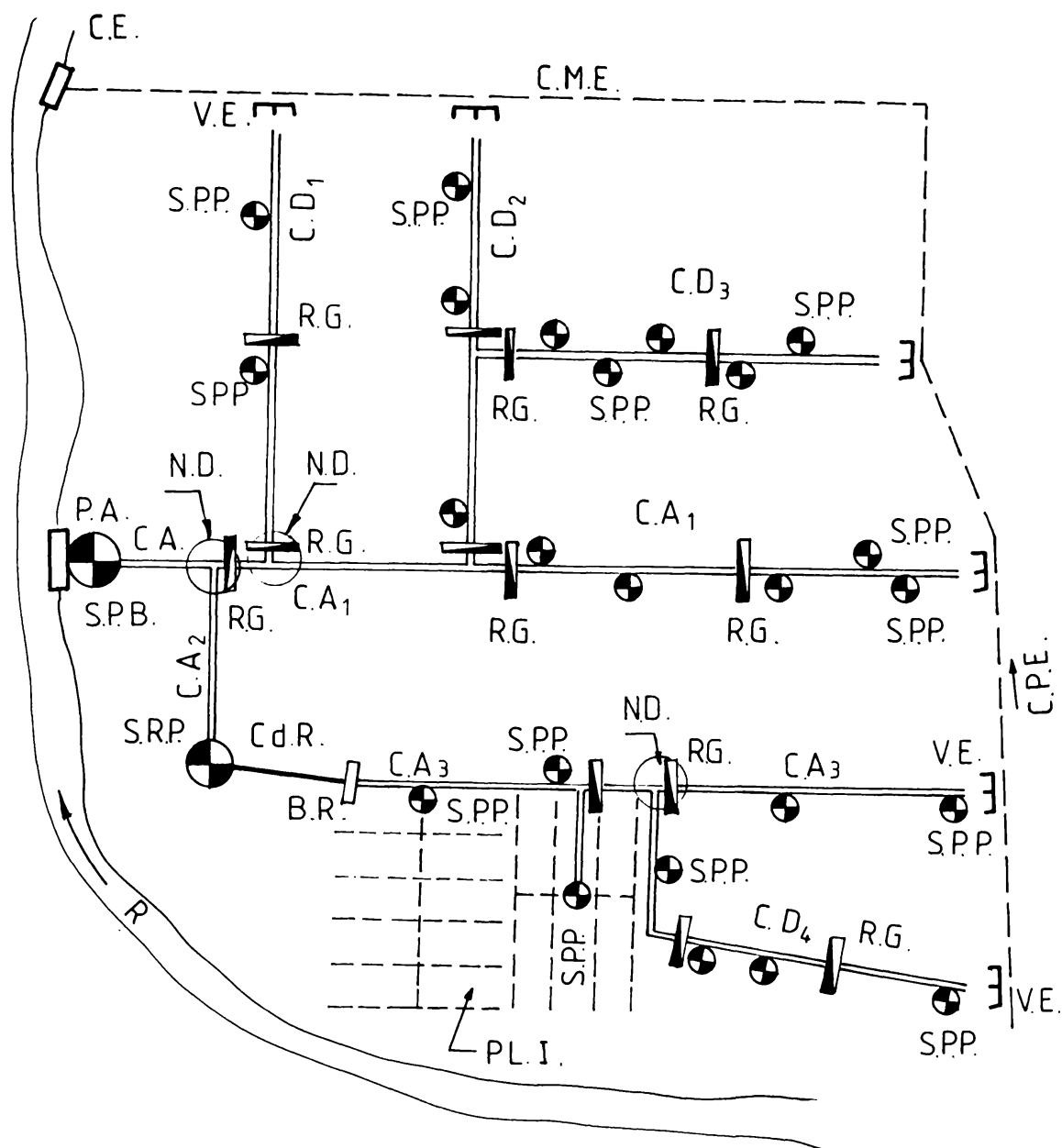
- evitarea reglărilor individuale (subiective) în punctele izolate sau concentrate de distribuție ale rețelei;

- economie de apă față de sistemele clasice, cu reglări individuale (15-20%);

- mărirea siguranței în exploatarea și funcționarea subansamblelor, construcțiilor hidrotehnice și instalațiilor din cadrul sistemului;

3) reducerea și calificarea corespunzătoare a personalului de exploatare.

Automatizarea sistemelor de irigație acționează asupra rețelei de aducțiune și distribuție a apei, asigură măsurarea-evidența-controlul debitelor tranzitate spre consumatori și acționează și asupra colectării și evacuării apelor provenite din eventualele debordări sau cele de la finele sezonului de irigație (drenaj).



- | | | | |
|------|---------------------------------|------|---|
| R | - Sursa de apă | CA | - Canal de aducțiune |
| PA | - Priza (centru) de apă | CD | - Canal de derivație |
| SPB | - Stație pompare de bază | RG | - Regulator de nivel și/sau debit |
| SRP | - Stație de repompare | PL.I | - Plot de irigație cu rețea de conducte subterane |
| SPP | - Stație de punere sub presiune | CPE | - Canal principal de evacuare |
| Cd.R | - Conductă(e) refulare | CME | - Canal magistral de evacuare |
| BR | - Bazin de refulare | VE | - Vană de evacuare |
| ND | - Nod de distribuție | CE | - Centru de evacuare |

Fig.1.1. Schema hidrotehnică generală a unui sistem de irigație

În cadrul automatizării sistemelor de irigație, automatizarea funcționării rețelei de canale deschise (transport și distribuție) ocupă un loc aparte și prezintă o importanță deosebită. Problemele importante ale automatizării funcționării rețelei de canale deschise se referă la:

- reglarea debitelor tranzitate;
- reglarea regimului nivelurilor;
- funcționarea propriu-zisă a rețelei.

În sprijinul **necesității controlului (reglării) debitelor tranzitate** pe rețeaua de transport și distribuție către consumatori stau o serie de argumente, dintre care cele mai importante sunt [8], [41]:

1) conducerea apei la fiecare beneficiar, distribuită în volume bine definite și variabile în timp, în conformitate cu cerințele acestora, declarate prin planurile de udare asigurătoare (programe, scheme de udare, grafice coordonate);

2) prevenirea epuizării premature a resurselor de apă disponibile din rețea (din cota alocată irigațiilor de către sist. hidrotehnic amenajat complex); reducerea la maximum a pierderilor de apă din rețea (mai ales prin infiltrație în subteran) pentru mărirea randamentelor de funcționare (micșorarea costurilor de producție) și protejarea mediului ambiant din sistem;

3) folosirea eficientă a capacității de transport a secțiunilor transversale ale rețelei de canale optim dimensionate (proiectate) și evitarea depășirii capacităților de transport ale acestora;

4) ținerea unei evidențe stricte a volumelor de apă tranzitate în orice derivație (către consumatori) atât pentru asigurarea distribuției în conformitate cu planurile de udare, cu gabaritul secțiunilor de transport ale rețelei și instalațiilor aferente, cât și pentru stabilirea corectă a consumurilor, fără posibilități de fraudă sau contestații din partea consumatorilor.

În același context și **necesitatea controlului (reglării) nivelurilor** este sprijinită de o serie de argumente, care au întâi de toate la bază cerințele extrem de variate de apă ale culturilor, de la an la an sau pe parcursul aceluiași sezon, și modificări ale suprafeței sistemului sau schemei acestuia. Acestea sunt:

- 1) ridicarea nivelului apei (cota de dominație) pentru posibilitatea mării suprafeței irigate;
- 2) limitarea fluctuațiilor de nivele între două valori:

- **minim**, pentru constituirea rezervei minime de apă din rețea și pentru menținerea în bună stare a perimetrului canalelor;

- **maxim**, pentru evitarea deversărilor (debordărilor) de apă, sau pentru a asigura sarcinile hidraulice de alimentare necesare asigurării debitelor minime sau maxime;

3) condiția necesară posibilității realizării biefurilor de canale cu funcționare automatizată.

Un sistem hidroameliorativ, în general, și **rețeaua de transport și distribuție**, în particular, **funcționează eficient**, dacă este ușor adaptabil posibilităților de comandă "la cerere" și resurselor de apă disponibile, dacă este dotat corespunzător cu dispozitive care să asigure reglajele necesare de debit și nivel (răspuns rapid cerințelor de la cote-nivele- cât mai ridicate, cu evitarea debordărilor). Putem spune, în acest context, că rețeaua de canale deschise este corespunzător dimensionată dacă este astfel concepută, dimensionată și echipată încât să fie adaptabilă rapid și eficient fluctuațiilor "cerințelor" și "resurselor", cu minimum de investiții (secțiuni transversale optime - fără debordări sau deficituri -, echipate cu instalații și aparatură ieftină și sigură în exploatare). Sistemele de "comenzi" și "reglaje", cunoscute azi în literatura de specialitate, au rezultat din cerința fundamentală a subordonării sistemului (deci și rețelei de transport și distribuție în principal) cerințelor consumatorilor, ținându-se totodată seama de disponibilitățile sursei de apă. Livrarea apei din sursă către consumatori (satisfacerea "cerințelor" consumatorilor după "disponibilitățile" sursei) se poate face după unul din următoarele principii [13], [41]:

1) livrare **la "cerere"**, adică atunci când sistemul face față în orice moment oricărui consumator aferent (planificat) volumului de apă necesară la parametrii ceruți (debit, sarcină hidraulică, presiune și calitatea apei); este posibil în cazul unei surse de apă abundentă, dar numai în limita capacității de transport și înmagazinare avute în vedere la proiectarea sistemului; cereri peste această capacitate produc dereglări ale întregului proces de distribuție; evitarea unor astfel de situații se obține prin echiparea sistemului cu echipamente care limitează cerințele consumatorilor la debitul maxim de prelevare caracteristic capacității de transport și înmagazinare (se previn astfel și unele "posibilități" de fraudă sau abuzuri);

2) livrare **la cerere cu restricții**, similară celei anterioare, dar cu restricții rezultate din priorități ale altor consumatori (alte ramuri economice) sau cele legate de întreruperea funcționării la vârfuri de sarcină ale sistemului energetic național; aceste restricții pot influența atât gabaritul elementelor sistemului hidroameliorativ cât și automatizarea acestuia;

3) livrarea **după program**, când fiecare consumator poate beneficia de apă doar în cantitățile planificate (alocate), pe intervale de timp impuse și funcție de prioritate; se aplică în cazul surselor de apă limitate, când sursa nu acoperă cererea și când prioritățile economice se impun.

Indiferent de principiul de livrare al apei ales, sistemele hidroameliorative (în special cele de irigație) trebuie concepute în schemă gravitațională, cu consumuri energetice cât mai mici

(în S.P.), și cu **funcționare automatizată**. Numai astfel sunt posibile reglaje corespunzătoare, obținerea unor randamente globale maxime, control riguros în orice moment și o funcționare coerentă a ansamblului sistemului hidroameliorativ și eventual încadrat în amenajarea hidrotehnică complexă. De asemenea știut fiind faptul că sistemele de irigație de azi au suprafețe de zeci și sute de mii de hectare, rețele de transport și distribuție de zeci de kilometri lungime, puteri instalate în S.P.-uri și S.P.P-uri ce depășesc (200-250) MW, nu se poate neglija problematica folosirii raționale a apei, a consumurilor energetice minime, a reducerii și calificării superioare a forței de muncă (chiar și a celei flotante). Și toate acestea, pentru țara noastră, în condițiile cerute de integrarea în principiile economiei de piață. Chiar dacă automatizarea prezintă și unele așa-zise dezavantaje (investiții suplimentare, dar care reprezintă aproximativ 3% din cele totale, dificultăți legate de procurarea, exploatarea și întreținerea aparaturii necesare și pregătirea -calificarea- corespunzătoare a personalului de exploatare sau a celui de proiectare), avantajele pe care le aduce automatizarea în funcționarea sistemelor hidrotehnice merită orice efort.

În cadrul general al automatizării funcționării sistemelor de irigații, automatizarea funcționării rețelei de transport și distribuție (care reprezintă și tematica de fond a prezentei teze de doctorat) ocupă o importanță deosebită și un loc aparte. Automatizarea funcționării sistemelor de irigație, și ca atare, și a rețelei de transport și distribuție cu nivel liber necesită rezolvarea în prealabil a două mari categorii de probleme:

- a) alegerea schemei de automatizare și legat de aceasta, alegerea dispozitivelor care vor realiza reglajele aferente acesteia;
- b) verificarea funcționării sistemului de irigație automatizat în schema aleasă (în diverse situații funcționale).

În cadrul acestor două mari categorii de probleme se detașează importanța funcțională a dispozitivelor ce realizează reglajele automate propuse prin schema de automatizare. Cum schemele de automatizare sunt concepute pe baza reglajului de nivele, de debite sau mixt (de nivele și debite), aceleași tipuri de reglaje trebuie să le realizeze și dispozitivele aferente (reglatoarele). Atât schema de automatizare, cât și reglatoarele aferente acesteia trebuie să corespundă optim, atât din punct de vedere tehnic cât și economic, adică să țină seama de [8], [13], [41], [80]:

- 1) obiectivele automatizării și natura obiectelor de automatizat;

2) costul general al automatizării și performanțele realizate de aceasta (avantaje tehnice și economice);

3) posibilitățile tehnice ale industriei autohtone sau cele legate de posibilități valutare, în cazul absenței celor dinainte, privind echipamentele de automatizare;

4) posibilități și costuri de întreținere și exploatare;

5) subordonarea sistemului de irigație automatizat cerințelor consumatorilor, deci asigurarea livrării apei fie la cerere, fie la cerere cu restricții (mai ales în condițiile fărămișării fondului funciar prin privatizare).

Verificarea funcționării schemei de automatizare și a reguletoarelor aferente (în soluția aleasă), în diferite situații funcționale, ca și răspunsuri precise la cele cinci probleme expuse anterior, se pot obține doar printr-o foarte bună cunoaștere a modelului fizic și analitic (matematic) al hidraulicii sistemului de irigație automatizat (rețeaua de transport și distribuție biefată cu reguletoarele și aparatele aferente) și al parametrilor funcționali caracteristici dispozitivelor și echipamentelor de automatizare [8], [41]. Un rol important revine aici cercetărilor experimentale de laborator, modelării hidraulice și/sau simulării numerice, și nu în ultimul rând cercetărilor în câmp experimental.

Legat de perspectivele sistemelor hidrotehnice în general și a celor de irigație în particular (sisteme din țara noastră), se pot face, cu certitudine, o serie de considerații. În acest context, având în vedere costurile ridicate cerute de tranziția sistemului economic național către principiile economiei de piață, de mica și marea privatizare, de integrarea în sistemul monetar european și mondial, volumul investițiilor trebuie și va trebui în continuare drastic diminuat. În aceste condiții nici nu poate fi vorba pentru moment, de execuția unor noi sisteme hidroameliorative care să corespundă la zi din punct de vedere tehnic și tehnologic. Tot ceea ce se poate realiza cu maximum de eficiență (costuri minime) este retehnologizarea și automatizarea funcționării acestora. Deci a aduce și în acest domeniu, acolo unde este posibil, avantajele funcționării automatizate cu costuri cât mai mici, prin [8], [13], [41]:

- alegerea unor scheme de automatizare care să necesite modificări constructive cât mai mici față de schema constructivă inițială, neautomatizată;
- găsirea de soluții pentru producerea dispozitivelor și aparatelor de reglaj (necesare automatizării) de către industria autohtonă, care să aibă:

- costuri de fabricația cât mai mici;
- inerție mică în funcționare;
- "pierderi" de energie hidraulică cât mai reduse;
- robustețe, siguranță și precizie în funcționare;
- cheltuieli mici de exploatare și întreținere.

1.2. Necesitatea și oportunitatea studiului propus prin tematica tezei

Este cunoscut faptul că un rol important în automatizarea funcționării rețelei de transport și distribuție cu nivel liber, revine dispozitivelor și aparatelor de reglaj a nivelurilor și debitelor de apă tranzitate către consumatori. Acestea pentru a putea oferi eficiență maximă în funcționarea sistemului trebuie să prezinte proprietățile (calitățile) menționate în finalul paragrafului 1.1. Dintre numeroasele tipuri de dispozitive și aparate de reglaj cunoscute, regulatoarele de nivele și/sau debite cu acționare hidraulică (stavile cu corpuri plutitoare) se bucură de o largă aplicabilitate la realizarea automatizării funcționării rețelelor de canale cu nivel liber, datorită avantajelor esențiale pe care le reprezintă, adică [41]:

- elementul de măsură și supraveghere cât și cel de acționare și comandă formează corp comun cu elementul de execuție al reglajului; se reduc astfel la maximum legăturile dintre subansamble și dispozitive, măbind deci siguranța în funcționare;

- utilizând chiar energia mediului asupra căruia execută reglajul, conduce la investiții sensibil reduse, în condițiile în care transportul energiei electrice în lungul canalelor necesită cheltuieli mari.

Ca atare, în ultimii ani s-au efectuat cercetări intense pentru îmbunătățirea paarametrilor funcționali, sau pentru eliminarea deficiențelor semnalate ale regulatoarelor de nivele și/sau debite consacrate (tip Neyrpic, spre exemplu) sau pentru găsirea de noi soluții constructive superioare din punct de vedere funcțional, mai ieftine și mai sigure în exploatare. În acest context, ultimii zece ani au pus în evidență și în țara noastră preocupări pentru găsirea de noi soluții constructive care să înlocuiască regulatoarele existente în sistemele hidroameliorative din România (tip Neyrpic), uzate fizic și moral, sau să le doteze pe cele vizate pentru automatizarea funcționării. Aceste preocupări au condus (în măsura în care au fost materializate în practică) sau pot să conducă atât la costuri substanțial reduse pentru realizarea automatizării sistemelor hidroameliorative, cât și la încurajarea producției autohtone din domeniu.

Din multitudinea acestor preocupări se detașează cele ale colectivelor de specialitate ale facultăților de Hidrotehnică din Iași și Timișoara, ale SCELIF-urilor Iași, Timiș, Arad, Constanța și Tulcea, ale SUT Timișoara, sau ale unor specialiști consacrați, între care se detașează prof.dr.doc.ing.Valeriu Blidaru, prof.dr.ing.Simion Hâncu, prof.dr.ing.Andrei Wehry, prof.dr.ing.Ioan David, dr.ing.Ilie Sfredel și alții. Rezultatele acestor preocupări s-au materializat prin realizarea a:

- 1) stăvilărilor flexibil autoreglabil;
- 2) regulatorului hidraulic de nivele (tip RHN-1)
- 3) regulatorului de debit cu stavilă plană verticală și oblon mobil acționat de flotor (STREDOMAP),

și impunerea lor în practică, adică pe rețelele de transport și distribuție a apei cu nivel liber, din sisteme hidroameliorative românești.

Cercetările din domeniu continuate în ultimii patru ani de către colectivul de specialitate al catedrei de Îmbunătățiri Funciare din cadrul Facultății de Hidrotehnică din Timișoara și ale subsemnatului prin tematica tezei de doctorat (materializate prin trei contracte de cercetare științifică și numeroase articole de specialitate) au condus la găsirea unei noi soluții constructive de regulator de nivel și/sau debit, mai flexibil funcțional, mai ieftin și mai sigur în exploatare.

Principiul de funcționare al acestuia (stavilă cu corpuri plutitoare - SCP) este de asemenea cel cu acționare hidraulică. Este, principial alcătuit (vezi fig.1.2.) din:

- 1) doi plutitori cilindrici (organ de comandă și control);
- 2) tablîer de formă trapezoidală (cu aceleași caracteristici geometric principale cu ale secțiunii transversale controlate);
- 3) cabluri de ancorare pentru fixarea în secțiunea de control (biefare).

Funcțional poate înlocui cu eficacitate reglatoarele AMIL și RHN-1 (cumpăna racordată doar la plutitorul din bieful amonte) dacă are tablîerul montat în bieful aval, sau într-un domeniu mai restrâns de aplicabilitate (al mărimilor hidraulice reglate), reglatoarele AVIS și RHN-1 (cumpăna racordată doar la plutitorul din bieful aval), dacă tablîerul este montat în bieful amonte.

Pe scurt, avantajele și noutățile pe care le aduce stavila cu corpuri plutitoare (SCP) față de reglatoarele tip Neyrpic sau RHN-1 sunt următoarele:

- nu necesită modificări de ordin constructiv ale secțiunii de control, căci mărimile geometrice principale ale tablîerului sunt "luate" după cele ale secțiunii transversale ale canalului;

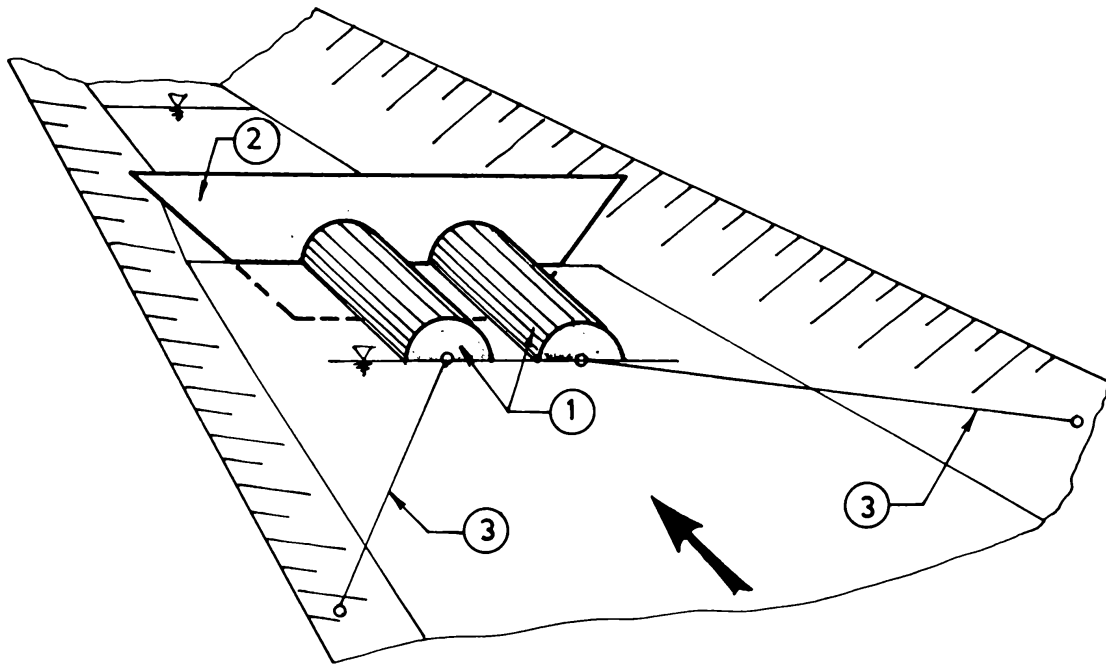


Fig. 1.2.

- inerție redusă în funcționare datorită numărului redus de angrenaje;
- simplitate constructivă, deci și simplitate și siguranță sporită în exploatare și întreținere;
- mobilitate, independență față de secțiunea de control, în sensul că poate fi deplasată cu ușurință prin plutire ("navigare") într-o altă secțiune funcție de necesități;
- posibilitatea culisării (pe verticală) a tablierului ("măștii") față de suprafața de plutire (luciu a apei), permite modificarea sarcinii hidraulice (p) a stăvilii, deci reglarea conform necesităților a stăvilirii realizate de aceasta.

Larga aplicabilitate practică, rezultatele obținute (descrise pe larg în capitolele următoare), avantajele tehnice și economice pe care le aduce acest tip de regulator (SCP) justifică oportunitatea și susține necesitatea atât a studiilor efectuate (atât prin activitatea de cercetare științifică contractuală cât și prin tematica prezentei teze), cât și eforturile făcute de sectorul productiv (pentru realizarea standului experimental de laborator și a prototipului din sistemul de irigații Pecica). Mai mult, aceste rezultate conduc la recomandarea introducerii SCP către producția de serie.

1.3. Obiectivele tezei de doctorat

Având în vedere elementele de noutate (față de regulatoarele de nivel și/sau debit consacrate până în prezent) pe care le aduce acest tip de stavilă (regulator), elemente date de:

- modelul fizic și analitic al curgerii apei în zona secțiunii de control a tablierului ("măștii");

- particularități ale plutirii și sistemului de montare ("ancorare") în secțiunea de control și de avantajul nemodificării din punct de vedere constructiv a secțiunii transversale a canalului (cea inițială, caracteristică regimului permanent și uniform) în zona de lucru (control) a stavilei,

obiectivele tezei de doctorat în conformitate cu cele subliniate mai sus și cele menționate în paragraful 1.2. sunt următoarele:

1) încadrarea din punct de vedere funcțional a SCP între regulatoarele de nivel și/sau debite consacrate;

2) stabilirea relațiilor de dimensionare a SCP (ca tipodimensiune), relații date de condițiile de plutire stabilă a întregului ansamblu;

3) definirea modelului fizic și analitic al curgerii apei în secțiunea de control a SCP, și funcție de aceasta, stabilirea programului experimental de evaluare a coeficienților nedeterminați caracteristici;

4) evaluarea coeficienților caracteristici relației capacității de transport a stavilei pe tipuri de regimuri de curgere din bieful aval (de contracție în plan orizontal - σ_c și vertical - ψ , de viteză - φ , de debit - μ și de înecare - σ_n);

5) stabilirea relațiilor "pierderilor" de sarcină produse de S.C.P.;

6) definirea rolului funcțional și în consecință al locurilor posibile de amplasare a S.C.P. pe rețelele de canale de transport și distribuție cu nivel liber din sistemele hidroameliorative;

7) furnizarea datelor și caracteristicilor necesare proiectării și introducerii S.C.P. în scheme specifice de automatizare a funcționării rețelelor de canale;

8) recomandări generale referitoare la exploatarea și întreținerea S.C.P.

CAPITOLUL 2 CONSIDERAȚII ASUPRA MODALITĂȚILOR DE CONTROL (REGLARE) A NIVELELOR ȘI DEBITELOR PE REȚELELE DE TRANSPORT ȘI DISTRIBUȚIE CU NIVEL LIBER DIN SISTEMELE HIDROAMELIORATIVE

2.1. Generalități asupra sistemelor automate, sisteme hidroameliorative și sisteme de irigație cu funcționare automatizată; locul și rolul reguletoarelor de nivel și debit pe rețelele de transport și distribuție cu nivel liber

Definit la modul general, un sistem reprezintă un ansamblu de elemente (componente) care se intercondiționează reciproc și care formează un tot organizat în vederea atingerii unui scop [41]. Scopul, în cazul particular al hidroameliorațiilor, este aducerea umidității solului (stratul radicular) în intervalul umidității active. În acest context sistemul hidroameliorativ corespunde pe deplin noțiunii de sistem, acesta fiind alcătuit dintr-un complex de construcții hidrotehnice și instalații intercondiționate funcțional, cu scopul asigurării cantității optime de apă necesară dezvoltării rentabile a plantelor [41].

Situația în care se găsește economia națională în general și agricultura în particular cere găsirea de soluții care să conducă la scăderea costurilor de producție, chiar la "industrializarea" acesteia. Aceste deziderate, pe lângă soluții agrotehnice adecvate, sunt asigurate de irigații. În plus, fărâmițarea fondului funciar ca efect al privatizării acestuia impune cu prioritate asigurarea apei către beneficiari după principiul livrării "la cerere" sau "la cerere cu restricții". Soluția asigurării cu eficiență a apei necesare după aceste principii, după cum am mai menționat, nu poate fi dată decât de automatizarea funcționării sistemelor hidroameliorative (de irigație în primul rând). Automatizarea funcționării lor, care chiar dacă reclamă fonduri și eforturi profesionale suplimentare, oferă avantaje care susțin în mod evident această soluție. Dintre cele mai importante avantaje, de menționat, în primul rând, sunt:

- funcționarea întregului sistem la parametrii înalți calitativ din punct de vedere tehnic, și eficient din punct de vedere economic;
- utilizarea rațională a resurselor de apă și energie disponibile pentru sistem, chiar și încadrat într-un sistem hidrotehnic cu folosințe complexe;

- reducerea numerică și calificarea profesională corespunzătoare a personalului de exploatare (forța de muncă);

- posibilitatea re tehnologizării sistemelor clasice existente, în condițiile în care volumul investițiilor a fost drastic redus în toate sectoarele economiei naționale.

În cadrul sistemelor hidroameliorative rețelele de canale deschise (ce asigură transportul și distribuția apei) ocupă un loc deosebit de important. Deci funcționarea lor corespunzătoare se impune cu prioritate, adică:

- să asigure, în orice condiții de cerere a apei, nivelul și debitul necesare la fiecare punct de consum;

- să "conlucreze" corespunzător cu alte construcții hidrotehnice aferente funcționării coerente sistemului (podețe, subtraversări, stăvilare etc.). În condițiile automatizării funcționării rețelei de canale, funcțiunile de măsurare, comandă și control sunt preluate de către dispozitive tehnice speciale, și anume **regulatele de nivel și/sau debit**. Acestea se amplasează în punctele determinante ale rețelei de canale de distribuție și transport:

- în aliniament (pe porțiuni aferente transportului) în vederea realizării biefării;

- în noduri (prize ale canalelor de derivație) pentru realizarea nivelului și debitului de proiectare;

- pe traseul (aliniament) canalelor de distribuție, în dreptul consumatorilor (SPP) pentru asigurarea nivelurilor și debitelor de apă solicitate de aceștia.

2.2. Clasificări ale regulatele de nivel și/sau debit, generalități asupra regulatele de nivel și/sau debit cu acționare hidraulică

Regulatele de nivel și/sau debit sunt dispozitive tehnice cu acționare și comandă mecanică sau electronică, care au drept rol asigurarea cvasiconstanței nivelului și/sau debitului curenților de apă. Clasificarea acestora se poate face după mai multe criterii. Cele mai importante dintre acestea sunt [41]:

a) după natura sistemului hidraulic

- regulatele pentru sisteme hidraulice sub presiune;

- regulatele pentru sisteme hidraulice cu nivel liber;

b) după natura energiei care se consumă la realizarea reglajului

- regulatele cu acționare hidraulică;

- regulatele cu acționare electrică;

- regulatele cu acționare mixtă;

c) după felul acțiunii la reglarea comenzilor

- regulatoare cu acționare continuă;
- regulatoare cu acționare discontinuă;

d) după natura mărimii reglate

- regulatoare de nivel;
- regulatoare de debit;
- regulatoare de presiune etc.

Dintre acestea, cel mai adesea utilizate în reglarea nivelelor și/sau debitelor pe rețele de transport și distribuție cu nivel liber (pentru avantajele esențiale pe care le prezintă) sunt regulatoarele cu acționare hidraulică. Acestea sunt, în genere, alcătuite dintr-un flotor și o capacitate hidraulică cu rol de integrator al oscilațiilor de nivel. Caracteristic lor este faptul că utilizează în procesul de măsură, cât și în cel de comandă și execuție energia hidraulică, adică chiar energia mediului asupra căruia efectuează reglajul. De aici se obține **avantajul** unor investiții mai mici (față de cele cu acționare electrică), în condițiile în care costurile energiei electrice sunt în continuă creștere și în condițiile în care transportul energiei electrice în lungul rețelelor de canale necesită mari cheltuieli. Pe de altă parte, o particularitate constructivă a regulatoarelor cu acționare hidraulică constă în faptul că atât elementul de măsură și supraveghere cât și cel de acționare și comandă formează corp comun cu elementul de execuție al reglajului. Datorită acestui fapt se pot reduce la maximum numărul legăturilor dintre subansamble și dispozitive, fapt care generează un nou **avantaj**, și anume acela al sporirii siguranței în funcționare.

Funcție de poziția flotorului, față de elementul de execuție, aceste regulatoare se împart în două mari grupe:

- 1) regulatoare hidraulice cu comandă din amonte;
- 2) regulatoare hidraulice cu comandă din aval.

2.3. Tipuri de regulatoare de nivel și debit; funcțiuni , descriere, relații analitice și caracteristici de funcționare

Acest scurt studiu bibliografic referitor la principalele tipuri de regulatoare cu acționare hidraulică este desfășurat după următoarea schemă:

1. regulatoare de nivel cu acționare hidraulică
 - 1.1. cu comandă din amonte;

1.2. cu comandă din aval;

1.3. cu comandă mixtă

2. reglatoare de debit cu acționare hidraulică

2.1. modulul cu mască;

2.2. cu stavilă plană verticală și oblon mobil acționat de flotor.

Pentru fiecare dintre acestea se prezintă pe scurt rolul funcțional, alcătuirea (elemente componente), principalele relații analitice și curbe caracteristice de funcționare.

2.3.1. Reglatoare de nivel cu acționare hidraulică

2.3.1.1. Reglatoare de nivel cu acționare hidraulică și comandă din amonte

Sunt stările solidare cu un flotor și au drept principal rol funcțional menținerea și controlul automat al nivelului apei în bieful amonte de acestea (secțiunea de control) la o valoare constantă.

1. Regulatorul de nivel amonte constant tip AMIL (AM)

Produs al firmei Neyrpic (Franța), regulatorul tip (AM) este un regulator cu acționare hidraulică, comandă din amonte, cu rolul de a menține și controla automat nivelul apei în bieful amonte la o valoare constantă, indiferent de variația debitului consumat în bieful aval.

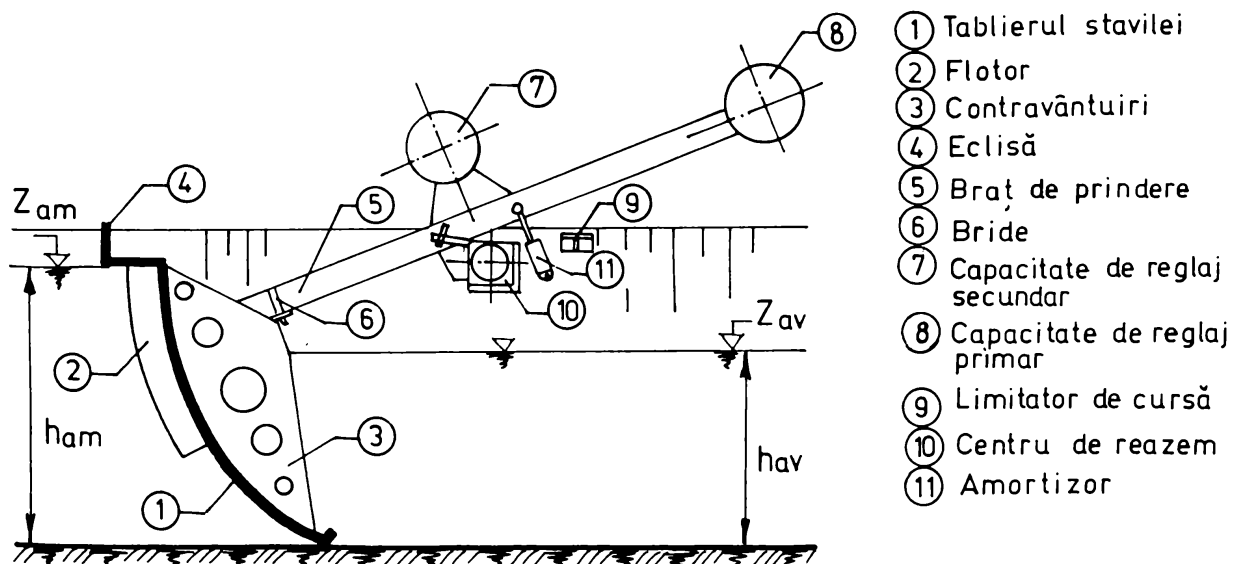


Fig.2.1.

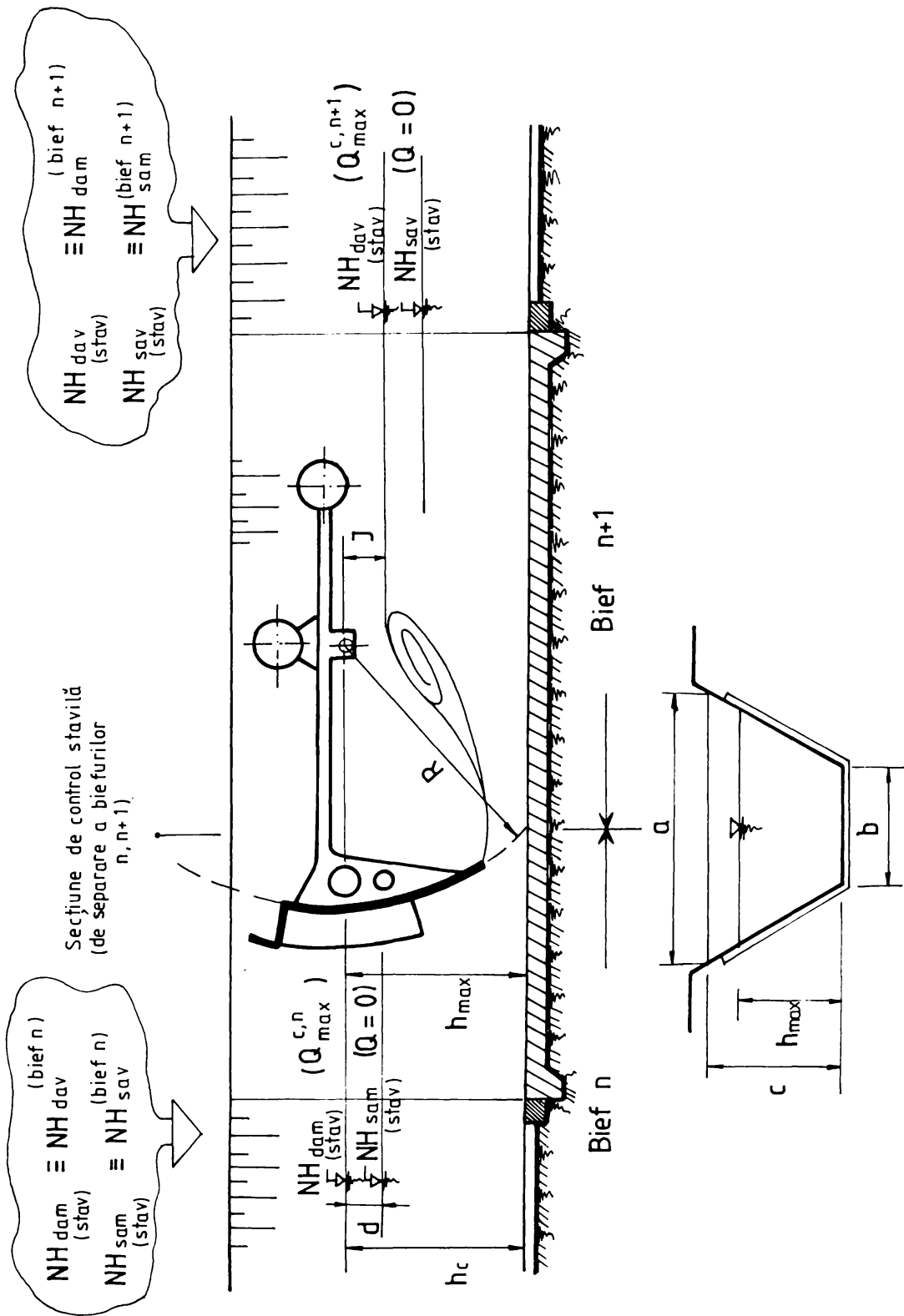


Fig. 2.2. Structura secțiunii de control a stăvilărilor AMIL (comandă din amonte și distribuție din aval)

Controlează o secțiune de formă trapezoidală, dar modificată față de cea transversală curentă (inițială) a canalului. Este doar un dispozitiv de reglare a nivelului nu și de închidere completă a secțiunii controlate [8], [41], [80].

Se amplasează transversal pe cursuri de apă sau canale cu rol de biefare și menținere constantă a nivelului din bieful amonte, pentru:

- a conduce debitele derivate la distanțe cât mai mari (gravitațional);
- protejarea malurilor, atât la debitul de etiaj, cât și la viituri;
- evitarea fluctuației debitelor pe derivații. cu fluctuația scurgerilor din amonte;
- menținerea nivelurilor în lacurile naturale și artificiale, prin controlul evacuărilor;
- evitarea debordărilor la manevre greșite și la furturi.

Elementele componente ale regulatorului AMIL sunt prezentate în fig.2.1.

Stabilirea tipodimensiunii stavilei se face funcție de debitul maxim de calcul tranzitat (către bieful aval, $Q_{\max}^{c,n+1}$) și de pierderea de sarcină aferentă acestuia ($J = NH_{d,am(stav)} - NH_{d,av(stav)}$) sau $J = NH_{d,av}^n - NH_{d,am}^{n+1}$ și cu ajutorul diagramei pierderilor de sarcină $Q=Q(D,J)$. Dimensiunea D definește tipodimensiunea și reprezintă lățimea apei în amonte de tablierul stavilei.

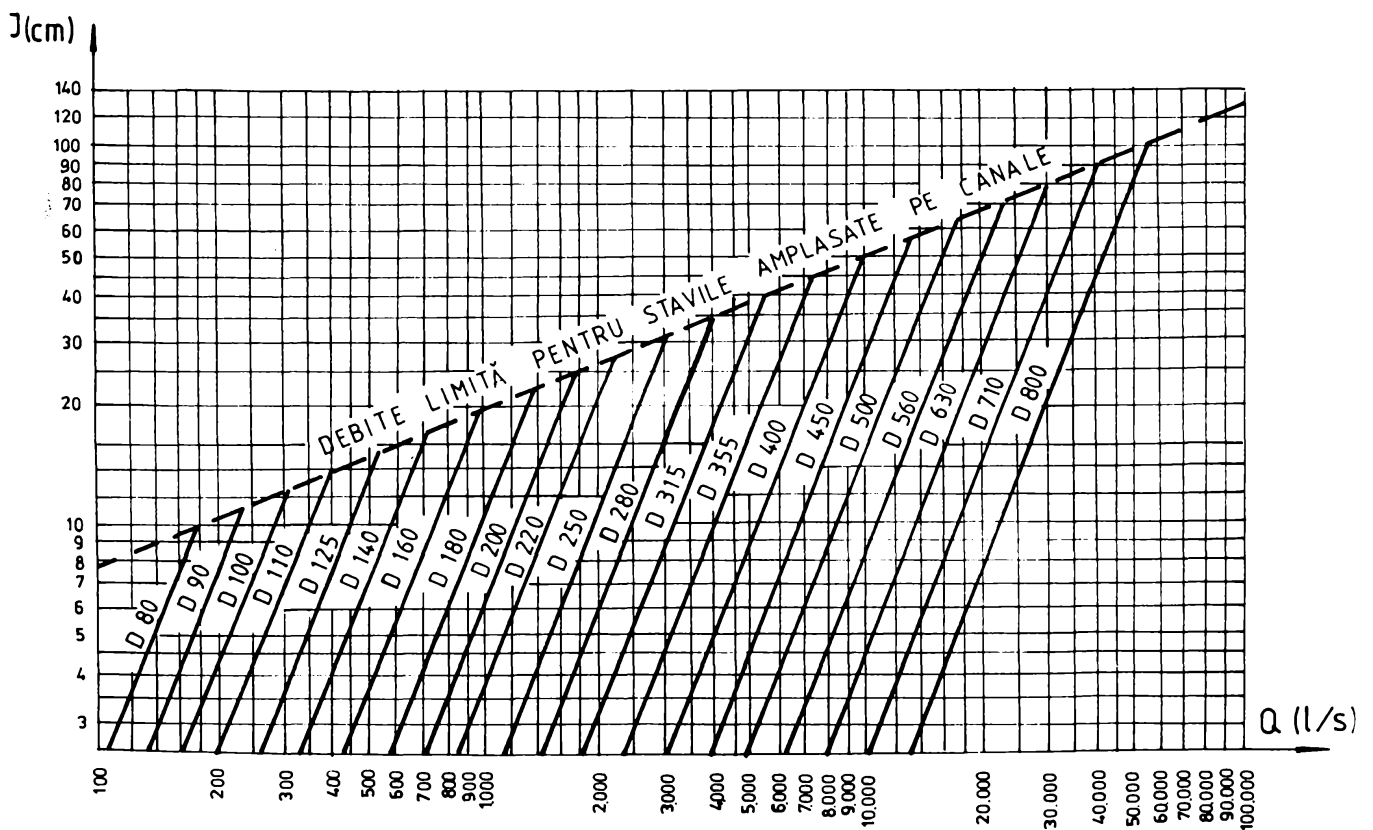


Fig. 2.3. Diagrama pierderilor de sarcină minime la debite maxime pentru stavila (vana) AMIL

Important de subliniat este faptul că, dacă nivelul apei în amontele stavilei depășește cota axului ($> h_{\max}$) cu 2%, 5% sau 10% din D , debitul maxim tranzitat crește cu 6%, 12% respectiv 18%, iar pierderea de sarcină J , crește cu 4%, 11% și respectiv 20%.

2. Stăvilarul flexibil autoreglabil (FL)

Conceput prin cercetare științifică contractuală de un colectiv condus de prof.dr.ing.Andrei Wehry, din catedra de Îmbunătățiri Funciare, Facultatea de Hidrotehnică Timișoara, stăvilarul flexibil autoreglabil realizat din materiale flexibile (ex.:PVC cu două inserții textile) poate îndeplini următoarele roluri funcționale [82], [96]:

- reținerea (stocarea) apei pe canalele sistemelor de drenaj, în perioadele cu exces de umiditate, cu scopul folosirii ulterioare la irigații în perioadele secetoase ale anului (subirigație);
- reținerea apei pe canalele sistemelor de irigații (volum tampon), în sensul eliminării pericolului pierderii acesteia în aval, pe perioadele întreruperii furnizării energiei electrice la SP și SPP;
- biefarea rețelei de canale deschise, deci menținerea constantă a nivelului apei în bieful amonte (similar regulatorului tip AMIL , vezi fig.2.4.)

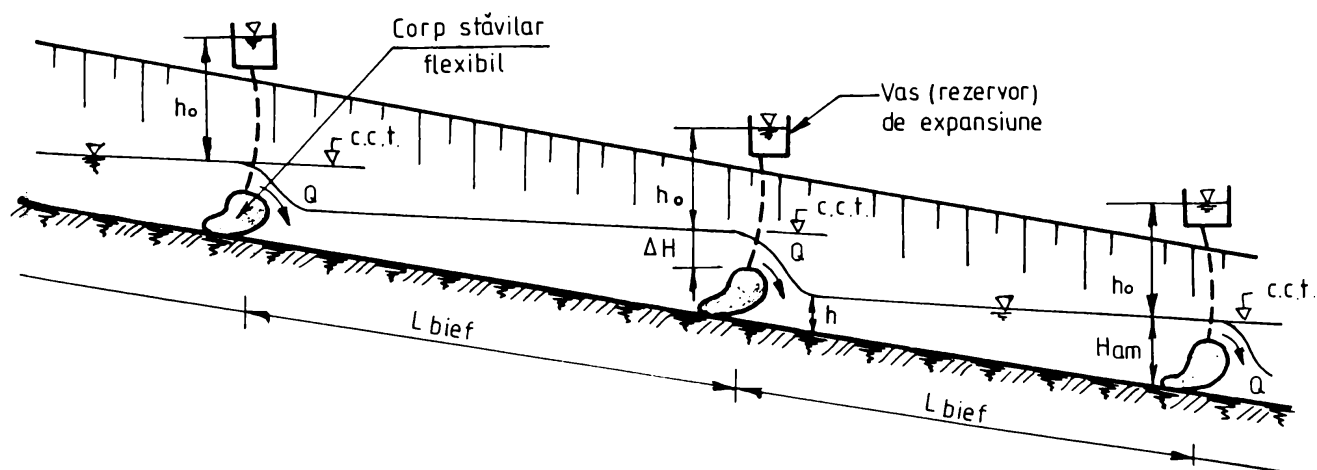
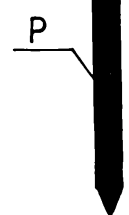
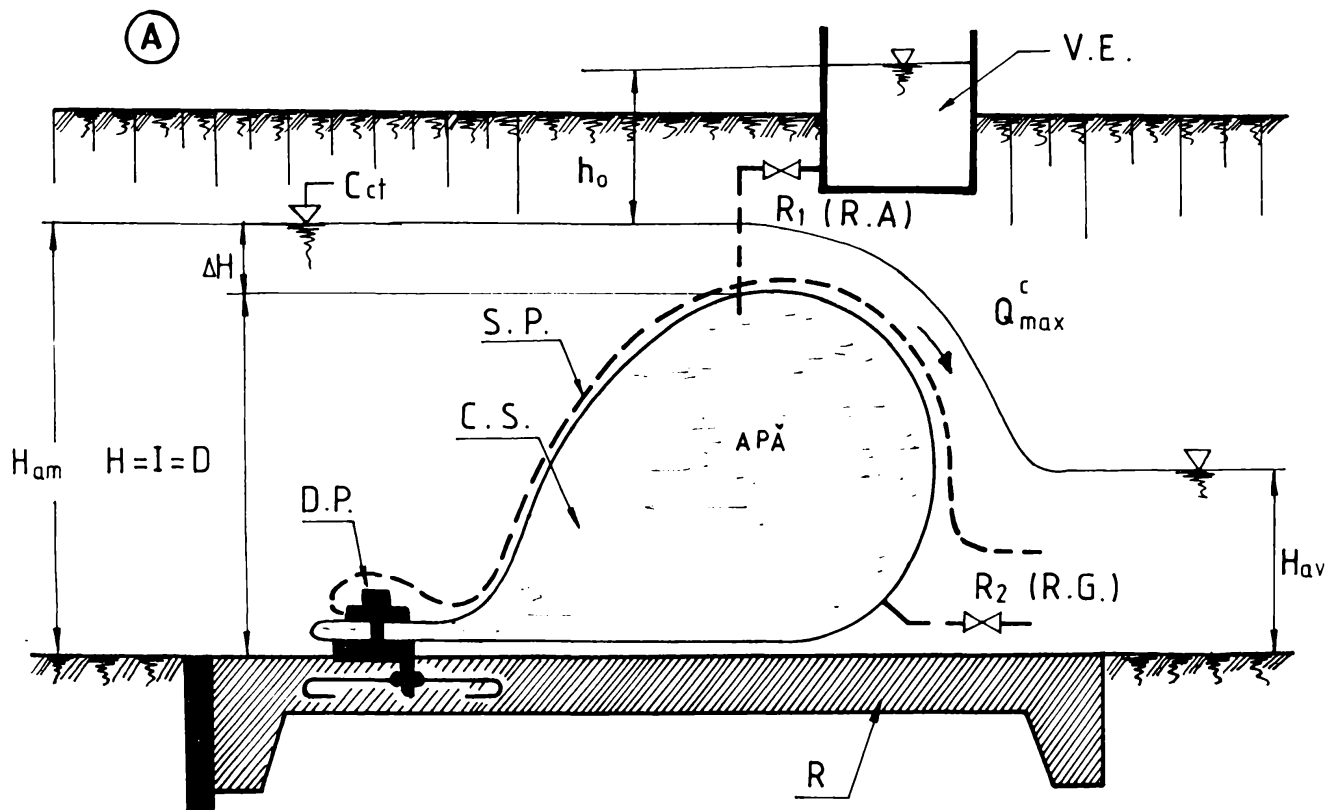
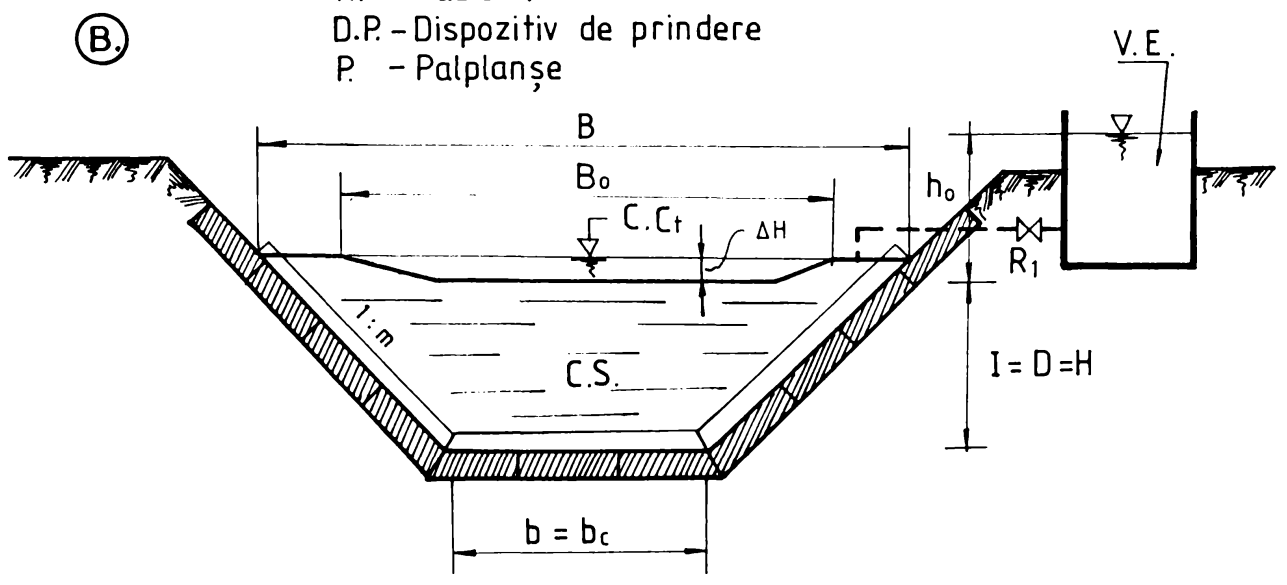


Fig. 2.4 .

Elementele componente și principalii parametrii geometrici și hidraulici ai stăvilarului flexibil sunt prezentați în fig.2.5.



- V.E. - Vas (rezervor) de expansiune
- RA. - Robinet de alimentare
- RG. - Robinet de golire
- S.P. - Șorț de protecție
- C.S. - Corp stăvilar
- R. - Radier (beton)
- D.P. - Dispozitiv de prindere
- P. - Palplanșe



Funcțional, acest regulator permite menținerea constantă a nivelului apei în bieful amonte ($H = H_{am} = \text{const.}$), cu asigurarea concomitentă a debitului maxim de calcul a biefului aval, debit asigurat de lama deversantă (sarcina ΔH). Autoreglarea, deci menținerea constantă a nivelului în bieful amonte este realizată datorită flexibilității corpului stăvilărilor și schimbului de apă între vasul (rezervorul) de expansiune cu sarcina h_0 și corpul (burduful) stavilei.

Stabilirea tipodimensiunii stavilei (dimensionarea) se face funcție de:

1) destinația acesteia (stocare - regim hidrostatic; biefare - regim hidrodinamic, cu deversare);

2) dimensiunile secțiunii transversale ale canalului în secțiunea de control (n, bc, B) și debitul unitar necesar de deversare ($q = Q_{\max}^{c.n+1} / B_0$);

3) caracteristicile fizico-mecanice ale materialului de execuție (rezistența la rupere, alungire, desprindere etc.) și cele geometrice ale foliei în care se livrează.

Toate acestea în diverse ipoteze de încărcare, conform destinației [96]:

a) pentru rolul de stocare a apei în bief

Ip 1: stăvilă fără apă în bief ($l = H$)

Ip 2: stăvilă cu reținerea unui nivel hidrostatic în bieful amonte (H);

b) pentru rolul de menținere constantă a nivelului apei în bieful amonte:

Ip 1: stăvilă fără apă în biefuri ($l = H = H_{am} - \Delta H$);

Ip 2: stăvilă cu reținerea apei în bieful amonte ($l = H$);

Ip 3: stăvilă în regim de deversare (cu lamă deversantă $\Delta H = H_{am} - l$ și adâncimi H_{am} și H_{av} rezultate din calculul de biefare).

Calcululele de dimensionare sunt verificate de verificări experimentale ale corelațiilor:

$$l = f(h_0), \text{ pentru ipoteza 1 (vezi fig.2.6.)}$$

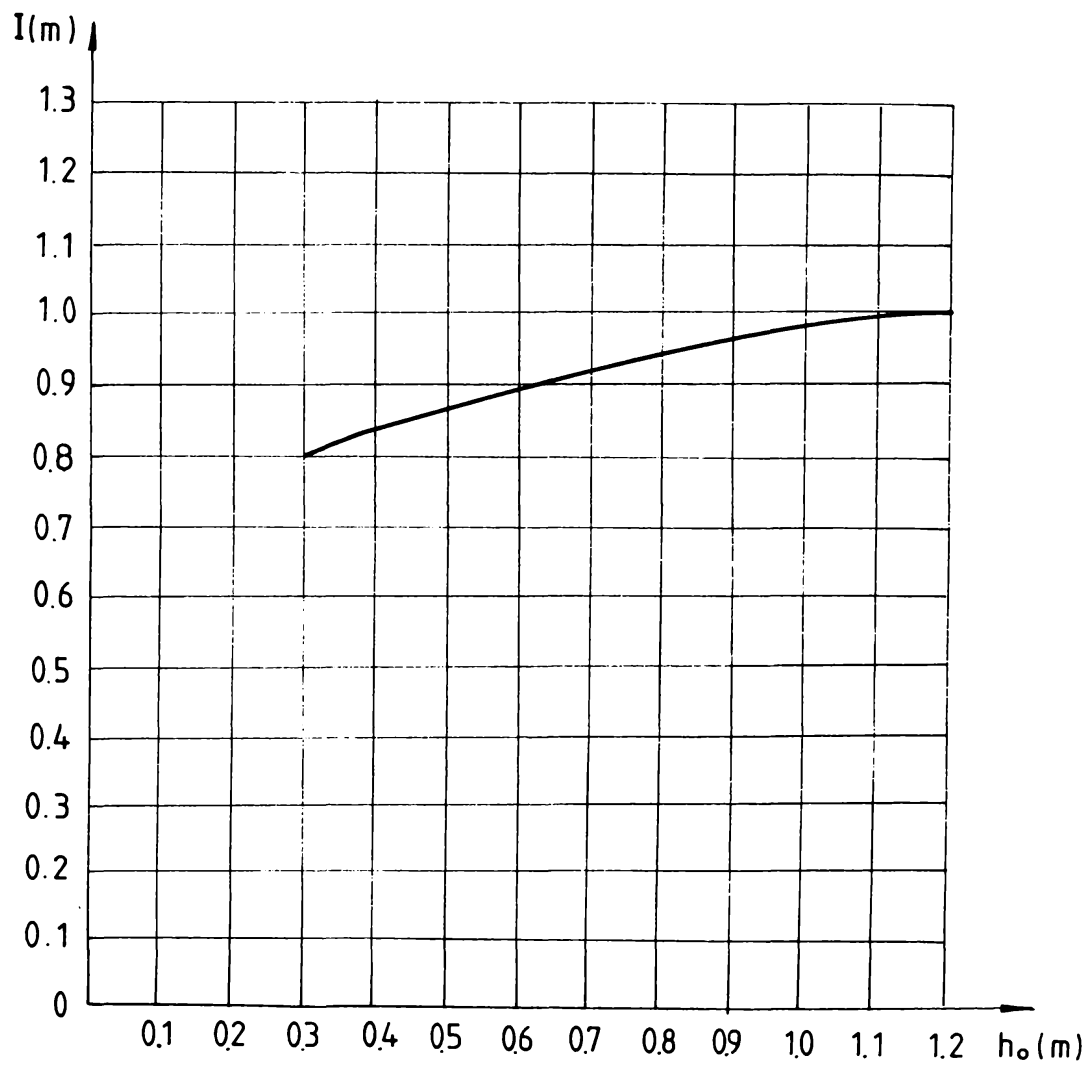


Fig. 2.6. Curba de corelație $I = f(h_o)$ la stăvilarul flexibil fără apă în biefuri

$H = f(h_0)$, pentru ipoteza 2 (vezi fig. 2.7)

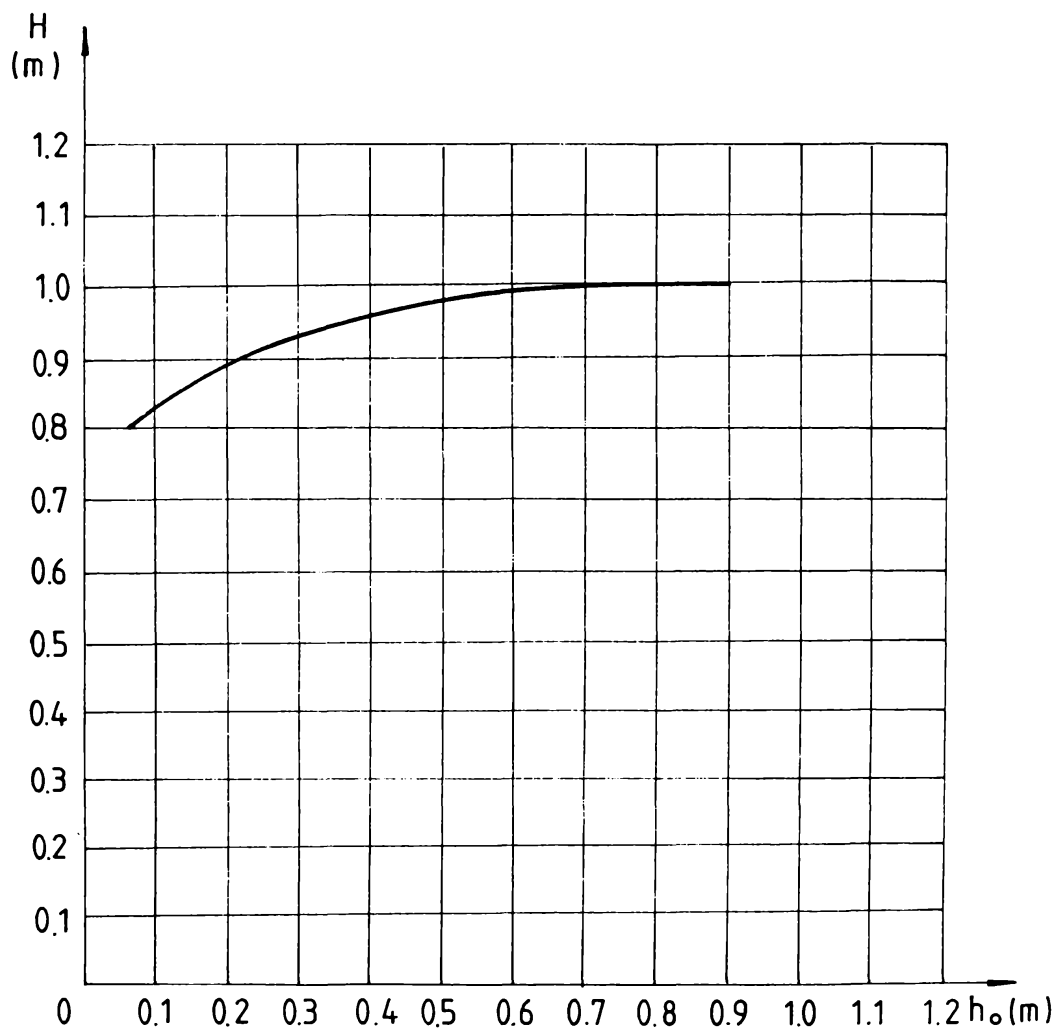


Fig. 2.7. Curba de corelație $H=f(h_0)$ pentru un nivel hidrostatic menținut de stăvilarul flexibil

$H = f(h_0)$ și $I = f(h_0)$ pentru ipoteza 3 (vezi fig.2.8.)

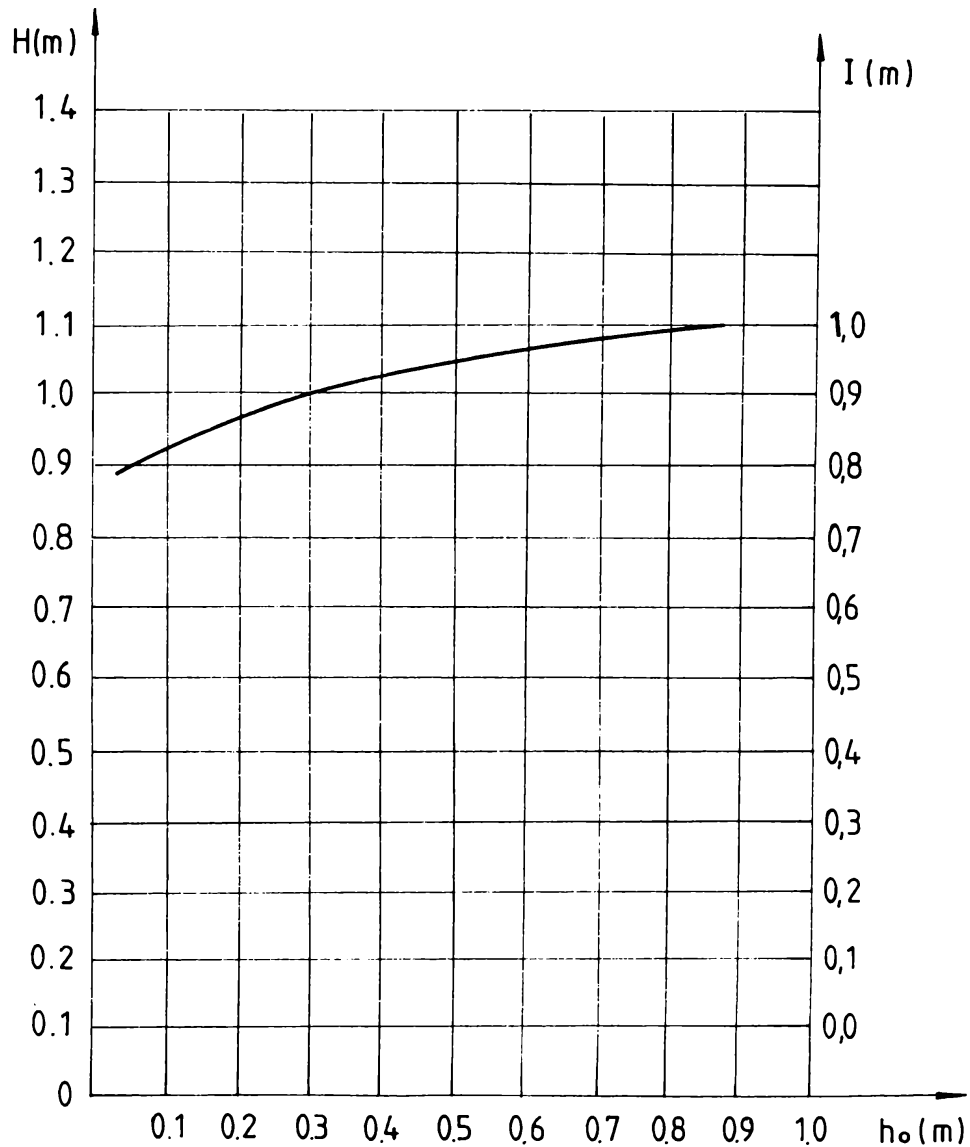


Fig. 2.8. Curba de corelație a parametrilor hidraulici ai stăvilărilor flexibile în regim de deversare, ($0 < h < 0,5$)

2.3.1.2. Regulate de nivel cu acționare hidraulică și comandă din aval

Alcătuite după aceleași principii generale ca și regulatele cu comandă din amonte (tip AMIL), aceste regulate, prin poziționarea opusă flotorului față de tablău stăvilărilor au drept principal rol funcțional menținerea și controlul automat al nivelului apei în bieful aval la o valoare constantă [93], [94].

1. Regulatorul de nivel aval constant, tip AVIS ("T") (AV)

Produs de firma Neyrpic (Franța), regulatorul tip AVIS (T) este un dispozitiv cu acționarea hidrolică, comandă din aval, cu rolul funcțional de menținere și control automat al nivelului apei din bieful aval la valori constante, indiferent de variațiile de debit ale consumatorilor din bieful aval, de nivelul din bieful amonte și de gradul de obturare al secțiunii canalului. Ca și regulatorul AMIL, este doar un dispozitiv de reglare a nivelului, nu și de închidere totală a secțiunii controlate [93]. De asemenea, controlează o secțiune de formă trapezoidală, dar modificată față de cea transversală curentă (inițială) a canalului (vezi fig.2.10.).

Se amplasează transversal pe cursuri de apă sau de canale deschise, în secțiuni de biefare, în care ecartul dintre nivelurile maxim și cel minim din bieful amonte ($\Delta H_{am,stav}^n = NH_{s,av}^n - NH_{d,av}^n$) este mai mic cel mult egal valorii de 1m (vezi fig.2.10.). Regulatorul AVIS mai poate fi folosit și ca stavilă a prizelor de derivație, dar numai dacă derivația are același grafic de funcționare ca și canalul din care pleacă.

Elementele componente ale acestui regulator sunt prezentate în fig.2.9 [93].

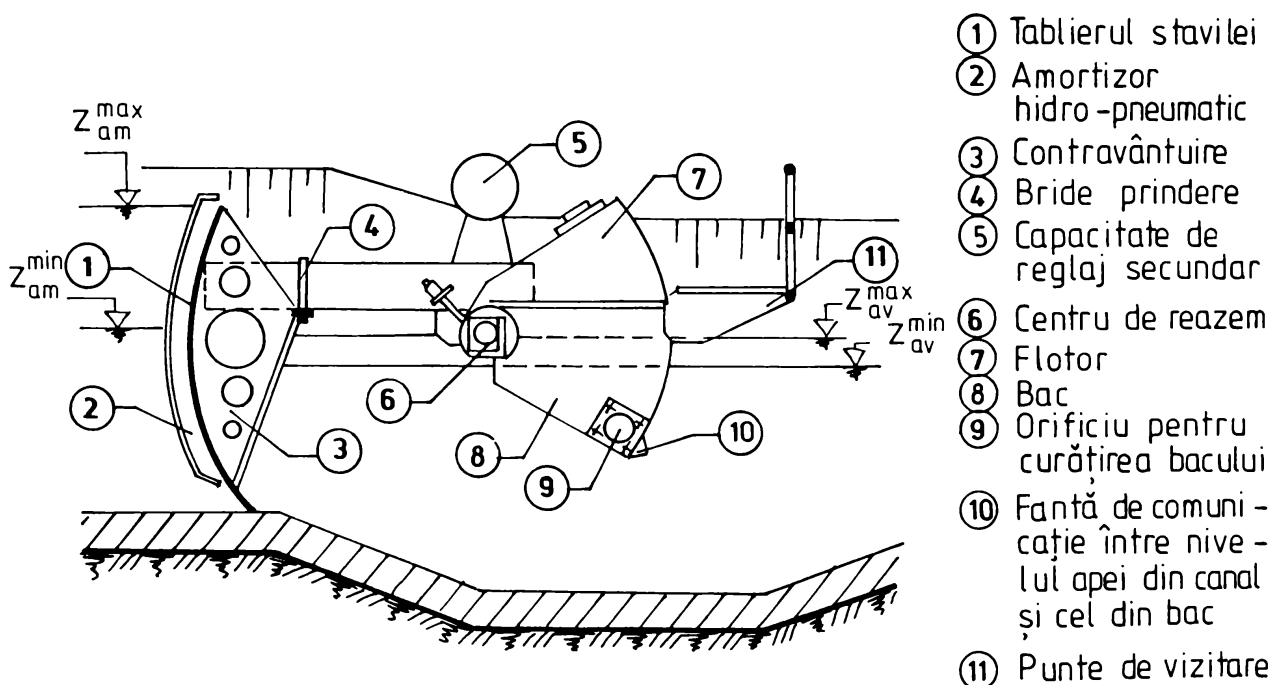


Fig. 2.9.

Tipodimensiunile acestei stavile sunt caracterizate de raportul r/b_v (vezi fig.2.10.), iar alegerea acestora se face funcție de:

1) debitul maxim de calcul al biefului controlat (aval, $n+1$), $Q_{max}^{c,n+1}$ rezultat din calculele de biefare;

2) pierderea de sarcini minim admisă pentru debitul menționat ($J_{min} = NH_{d,am(stav)} - NH_{d,av(stav)}$ vezi fig.2.10.);

3) pierderea de sarcină aferentă debitului tranzitat nul ($J_{max} = NH_{s,am(stav)} - NH_{s,av(stav)}$, vezi fig.2.10.),

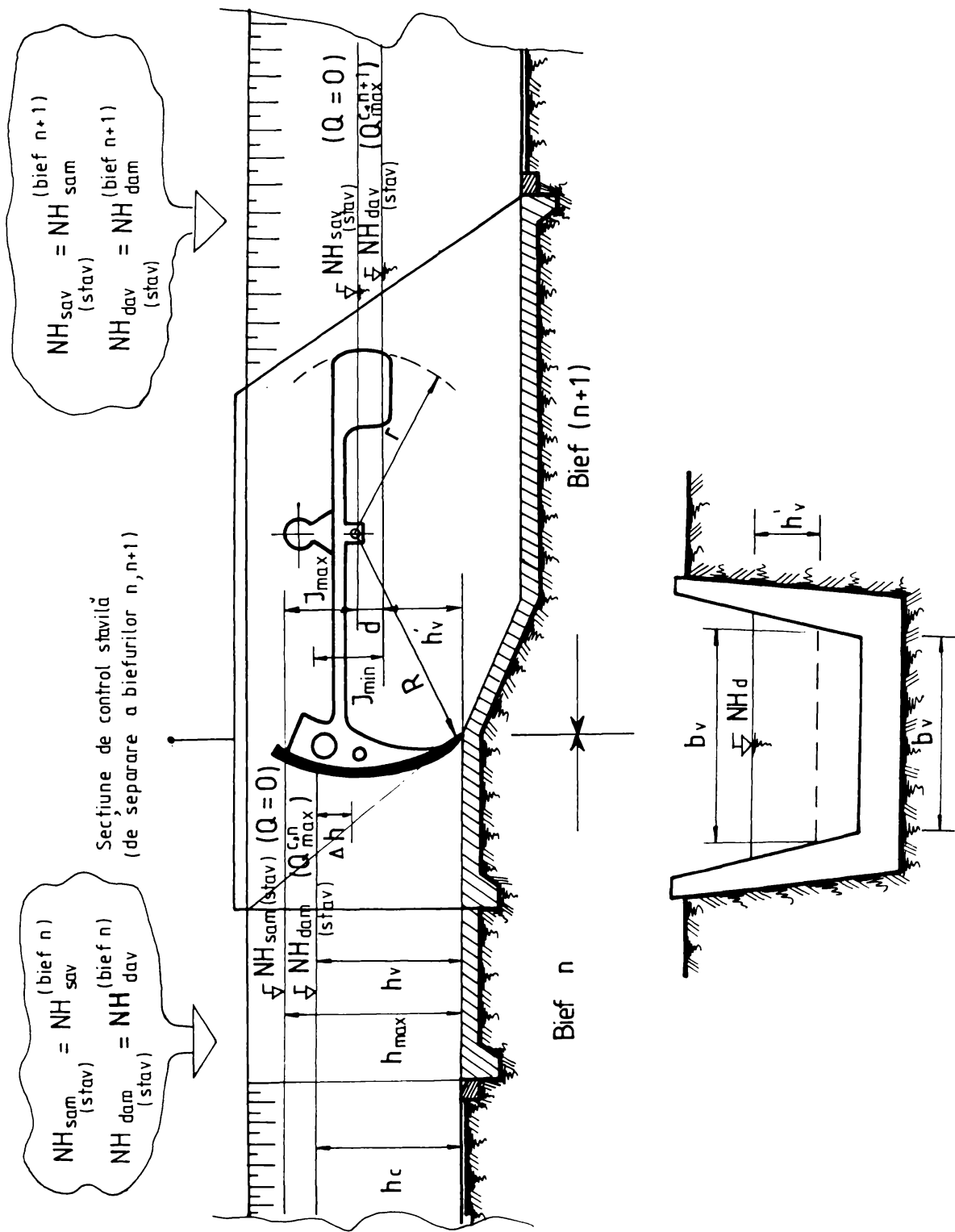


Fig. 2.10. Structura secțiunii de control a stăvilărilor AVIS („I”) - comandă din aval și distribuție din amonte

și cu ajutorul diagramei pierderilor de sarcină $Q = Q(r/b, J_{\min}, J_{\max})$, prezentată în fig.2.11.

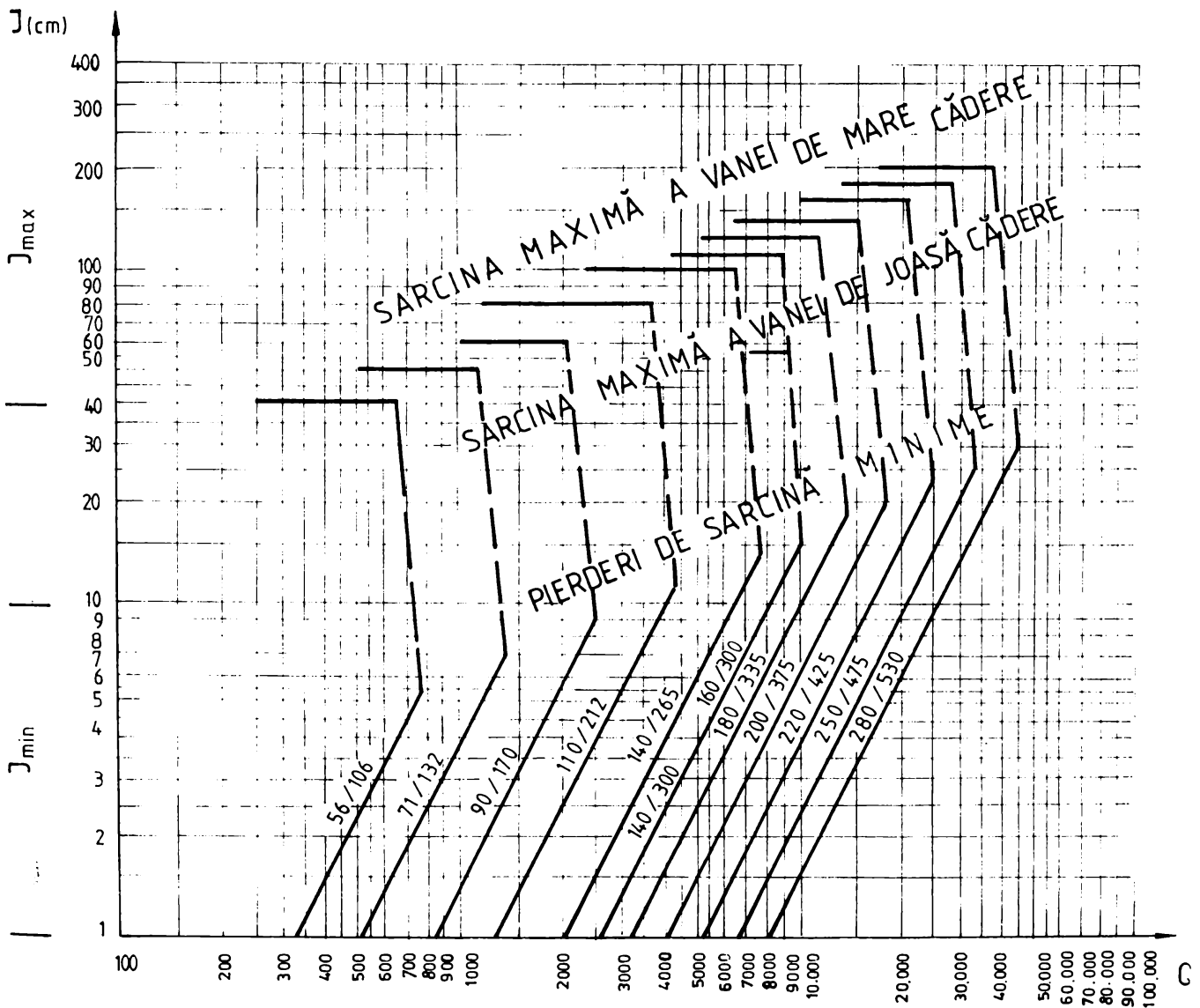


Fig.2.11. Diagrama pierderilor de sarcină ale vanelor (stavilelor) Avis (T)

De remarcat, că o bună alegere a tipodimensiunii trebuie să îndeplinească condițiile:

- 1) $J_{\min} \leq 0,1 \text{ m}$;
- 2) nici un punct de funcționare să nu se găsească la dreapta liniei frânte ce o caracterizează;
- 3) $\Delta h \leq J_{\min}$ (vezi fig.2.10.)

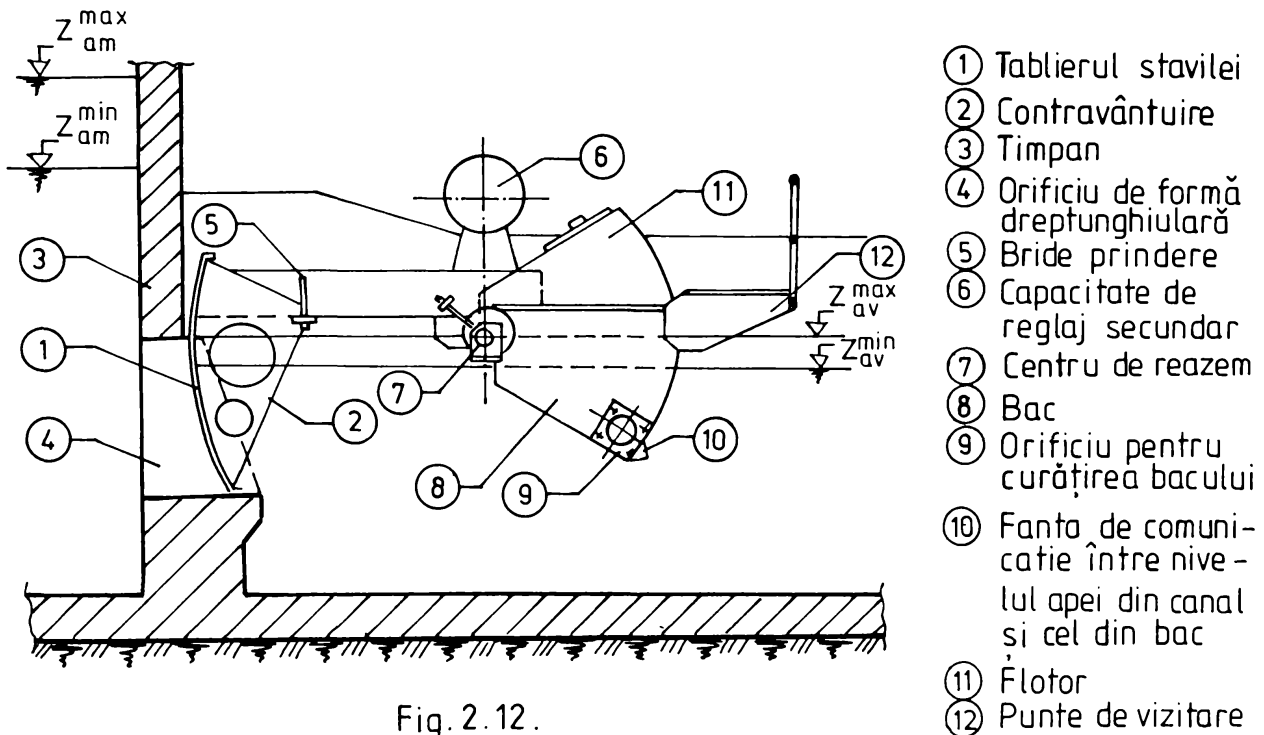
2. Regulatorul de nivel aval constant, tip AVIO ("D") (AO)

Similar regulatorului AVIS (T), atât în ceea ce privește producătorul cât și rolul funcțional.

Caracteristici suplimentare ale regulatorului AVIO (D), sunt [8], [41], [94]:

1. controlează un orificiu de fund cu formă dreptunghiulară (de arie ω);
2. ecartul dintre nivelurile extreme ale biefului amonte ($\Delta H_{am,sta}^n$) poate avea valori mai mari decât 1m;
3. pot fi folosite atât ca stavile de biefare, cât și în punctele de derivație, ca stăvilare ale prizelor de derivație.

Elementele componente ale regulatorului AVIO (D) sunt prezentate în fig.2.12.



- ① Tablierul stavilei
- ② Contravântuire
- ③ Timpan
- ④ Orificiu de formă dreptunghiulară
- ⑤ Bride prindere
- ⑥ Capacitate de reglaj secundar
- ⑦ Centru de reazem
- ⑧ Bac
- ⑨ Orificiu pentru curățirea bacului
- ⑩ Fanta de comunicație între nivelul apei din canal și cel din bac
- ⑪ Flotor
- ⑫ Punte de vizitare

O particularitate este și dotarea cu o vană de gardă, utilizabilă pentru închiderea derivațiilor care au o funcționare mai scurtă decât 24 de ore, și ca dispozitiv de siguranță în caz de avarii.

Tipodimensiunile sunt caracterizate prin raportul Γ/ω (vezi fig.2.13.), iar alegerea lor se face funcție de $Q_{max}^{c,n+1}$, J_{min} , J_{max} , ca și în cazul regulatorului AVIS (T), și cu ajutorul diagramei

SECȚIUNEA DE CONTROL
A STĂVILEI (bief n / n+1)

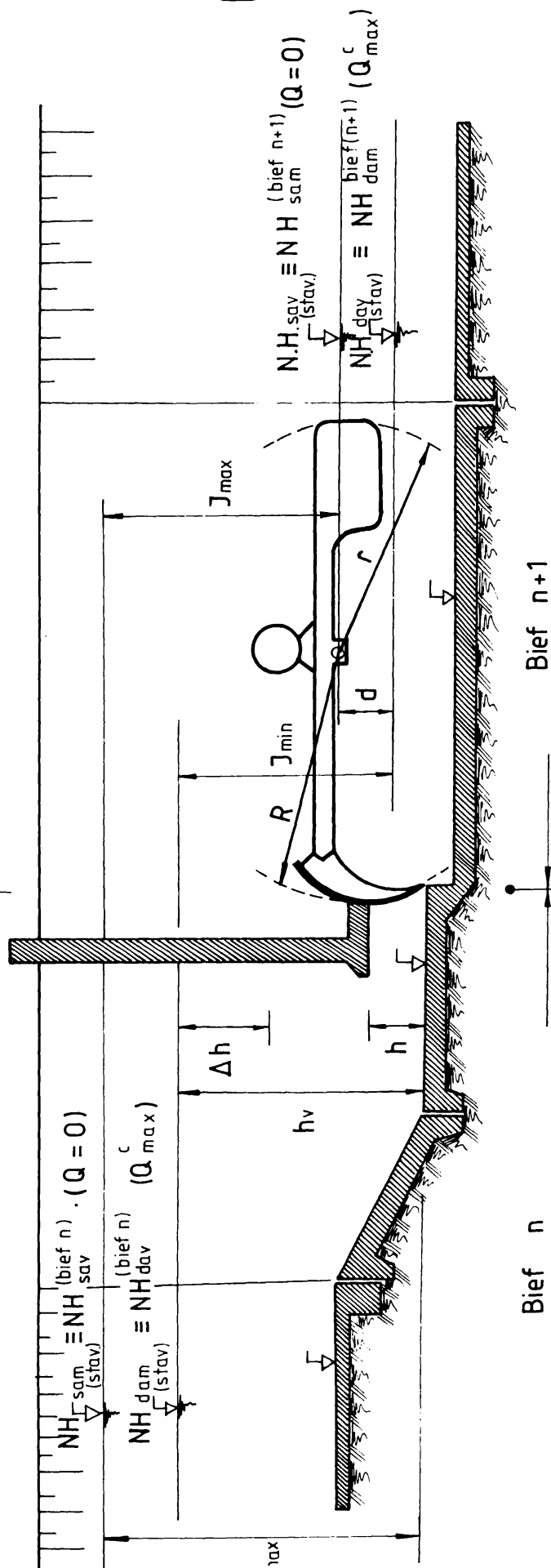


Fig. 2.13. Structura secțiunii de control a stăvilorului AV10 („D”) – comandă din amonte și distribuție din aval.

pierderilor de sarcină $Q = Q(\Gamma/\omega, J_{\min}, J_{\max})$ prezentată în fig.2.14.

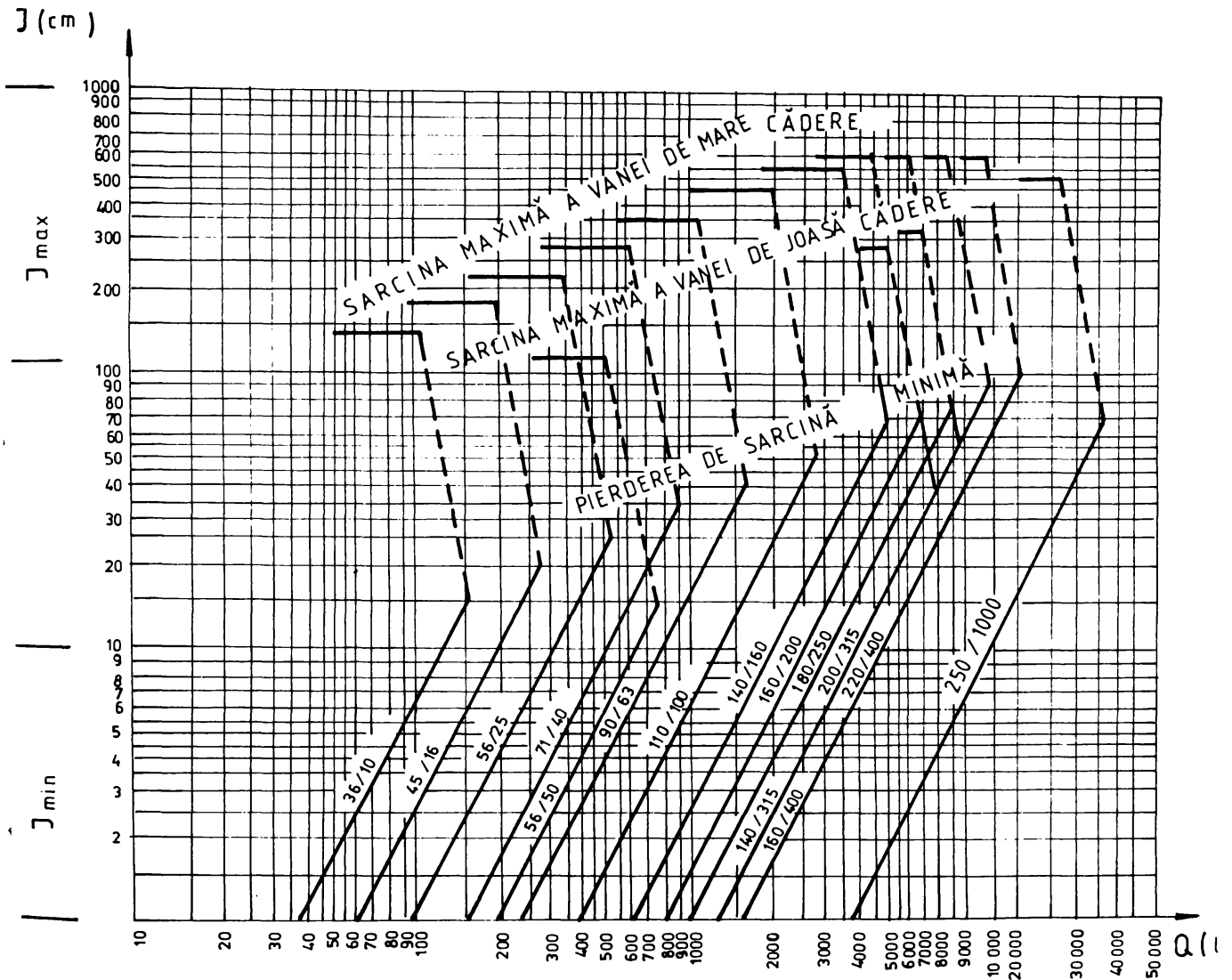


Fig. 2.14. Diagrama pierderilor de sarcină ale vanelor (stavilelor) AV10 (D)

O bună alegere a tipodimensiunii r/ω trebuie să îndeplinească condițiile [94]:

1) nici un punct de funcționare să nu se găsească la dreapta liniei frânte ce o caracterizează;

$$2) \Delta h \leq J_{\min}$$

unde:

$$\Delta h = \frac{Q_{\max}^{c,n+1}}{2g\mu^2 \times \omega^2}$$

μ - coeficient de debit ($\mu = 0,85$)

2.3.1.3. Regulatele de nivel cu acționare hidraulică și comandă mixtă (am/av)

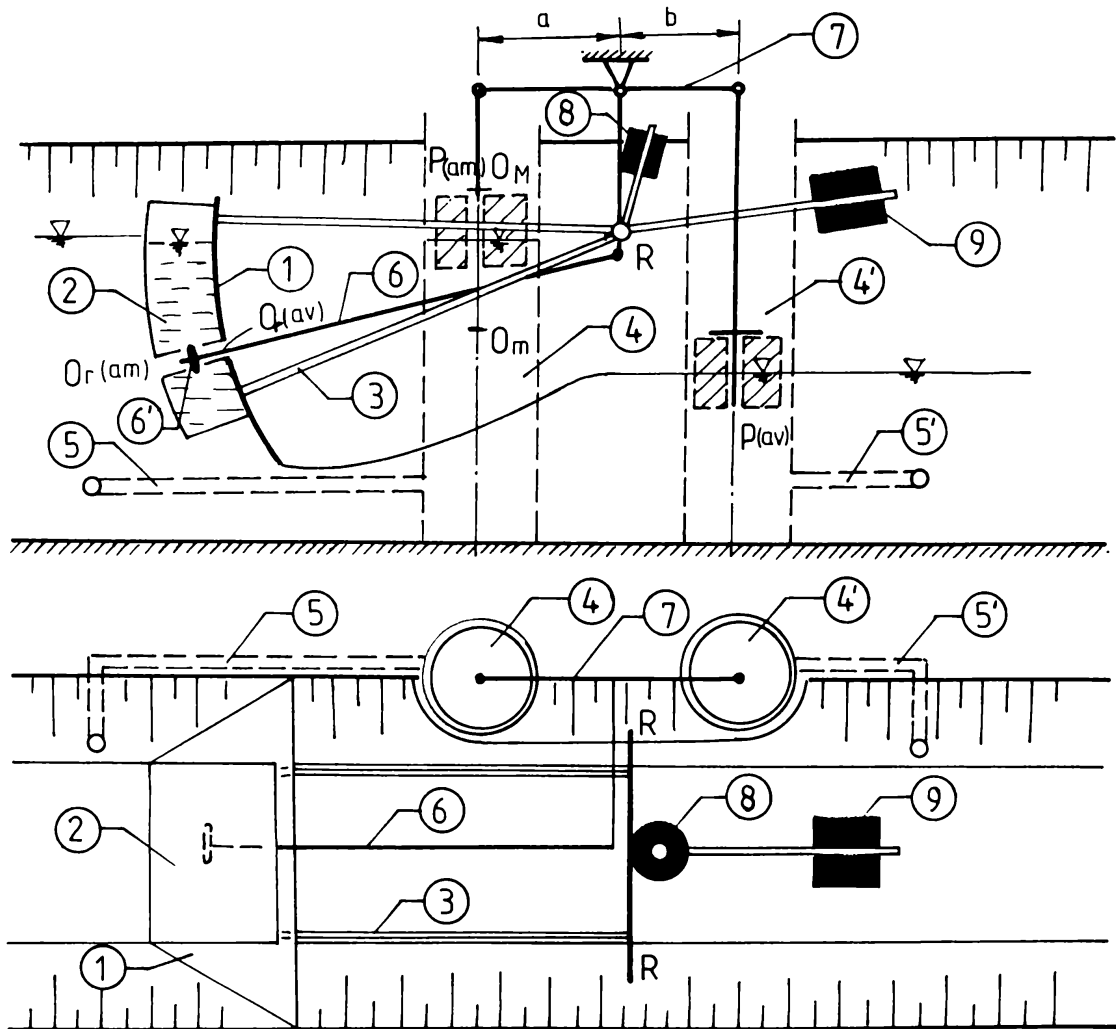
Regulatorul de nivele RHN-1 este rezultatul invenției d-lui sing. Profir Constantin (dosar OSIM nr.79363) și al cercetărilor efectuate de colectivele de specialitate de la Facultățile de Hidrotehnică din Iași și Timișoara și ISPIF București. Aceste cercetări s-au materializat prin realizarea și instalarea mai multor tipodimensiuni prototip în sisteme de irigații ale SCELIF Arad, Timiș, Constanța, Vrancea și Argeș.

RHN-1 este un dispozitiv de reglare a nivelurilor, cu acționare hidraulică și comandă mixtă, deci din amonte/aval sau aval cu limite restrictive de nivel (maxim-minim) în bieful amonte, pentru canalele de transport și distribuție cu nivel liber. Practic RHN-1 poate realiza o cumulare a rolurilor funcționale ale regulatelelor AMIL și AVIS (T). În consecință poate îndeplini următoarele comenzi (roluri funcționale) [11], [81], [84], [85]:

1) menține și controlează automat nivelul apei în bieful amonte, indiferent de debitul consumat în bieful aval (similar regulatorului AMIL), dacă se fixează pe tija sa de culisare doar plutitorul care comunică cu bieful amonte (la nivelul dorit), cel aferent biefului aval lipsind sau culisând liber (nefixat) pe tija sa (vezi fig.2.15.);

2) menține și controlează automat nivelul apei în bieful aval, indiferent de variațiile de debit ale consumatorilor din bieful aval și de nivelul apei în bieful amonte (similar regulatorului AVIS) dacă se fixează pe tija sa de culisare la nivelul dorit doar plutitorul care comunică cu bieful aval, cel din amonte lipsind sau culisând liber (nefixat) pe tija sa (vezi fig.2.15.);

3) menține și controlează automat nivelul apei în bieful aval și simultan nivelul apei în bieful amonte între două limite (**maxim** pentru deschidere cu prioritate în vederea împiedicării *deferlărilor sau pentru asigurarea debitului maxim tranzitat $Q_{\max}^{c,n+}$ și **minim** pentru asigurarea debitului minim tranzitat), dacă se fixează pe tija sa de culisare la nivelul dorit, plutitorul care comunică cu bieful aval, iar cel care comunică cu bieful amonte culisând limitat pe tija sa între cele două nivele menționate, nivele materializate prin doi opritori (limitatori de cursă) montați corespunzător pe tijă.



- (1) Tablierul stavilei
- (2) Flotor cu orificii de comunicație în bieful amonte ($O_{r(am)}$) și în cel aval ($O_{r(av)}$)
- (3) Contravântuirea
- (4), (4') Camere de urmărire a nivelului apei din cele două biefuri cu plutitori (P^{am} , P^{av})
- (5), (5') Conducte de comunicație între camerele 4 și 4' respectiv cu biefurile amonte și aval
- (6), (7) Tijă cu ventil și pârgă de transmitere a comenzilor
- (8) Capacitate de reglaj secundar
- (9) Capacitate de reglaj primar

O_{M} , O_m - opritori montați pe tija de culisare ai plutitorului amonte, respectiv pentru nivelul maxim (M) și minim (m)

R - reazeme

Figura 2.15. Regulatorul de nivele RHN-1

Controlează la fel ca și stavilele pe care le poate substitui, o secțiune de formă trapezoidală, dar modificată față de cea inițială a canalului. Este de asemenea doar un dispozitiv de reglare nu și de închidere a secțiunii controlate.

Se amplasează transversal pe cursuri de râuri sau canale deschise în secțiuni de biefare sau la prizele canalelor de derivație.

Elementele componente ale acestui regulator sunt prezentate în fig.2.15 [95], [97].

Alegerea tipodimensiunii se face diferențiat funcție de rolul pe care urmează să-l îndeplinească RHN-1. Pentru menținerea și controlul nivelului în **bieful amonte**, funcție de:

- debitul de calcul maxim tranzitat (către bieful aval $Q_{\max}^{c,n+1}$);
- pierderea de sarcină corespunzătoare acestui debit ($J = NH_{d,am(stav)} - NH_{d,av(stav)}$)

sau $J = NH_{d,av}^n - NH_{d,am}^{n+1}$, vezi fig.2.16)

Pentru menținerea și controlul nivelului în **bieful aval**, funcție de:

- debitul de calcul maxim tranzitat (al biefului aval, $Q_{\max}^{c,n+1}$);
- pierderea de sarcină minim admisă pentru debitul $Q_{\max}^{c,n+1}$ ($J_{\min} = NH_{d,av}^n - NH_{d,am}^{n+1}$);
- pierderea de sarcină maxim admisă pentru debitul nul ($Q=0$),

($J_{\max} = NH_{sav}^n - NH_{sam}^{n+1}$).

În condițiile în care producția de serie va trece la execuția unor tipodimensiuni similare reguletoarelor AMIL și/sau AVIS (conform propunerilor proiectului ISPIF București nr.2327 din 03.12.1977) la alegerea tipodimensiunilor RHN-1 se vor putea folosi diagramele pierderilor de sarcină $Q = Q(D,J)$ și/sau $Q = Q(r/b_v, J_{\min}, J_{\max})$.

O bună alegere a tipodimensiunilor trebuie să îndeplinească condițiile:

- $J_d \leq J$, unde J_d reprezintă pierderea de sarcină efectivă realizată de regulator, iar J pierderea de sarcină cerută (prin calcul) de biefare ($J = NH_{d,av}^n - NH_{d,am}^{n+1}$), la îndeplinirea comenzii $h_{am} = \text{const.}$;

- $J_{\min} \leq 0,1$ și $\Delta h \leq J_{\min}$ (vezi fig.2.10.), pentru îndeplinirea comenzii $h_{av} = \text{const.}$

2.3.2. Reguletoare de debit cu acționare hidraulică

Sunt dispozitive cu acționare hidraulică destinate menținerii cvasiconstante a debitului tranzitat ($\Delta Q = \pm(5-10)\%$) dacă sarcina lor hidraulică se menține aproximativ constantă [8], [80].

1. Modulul cu mască

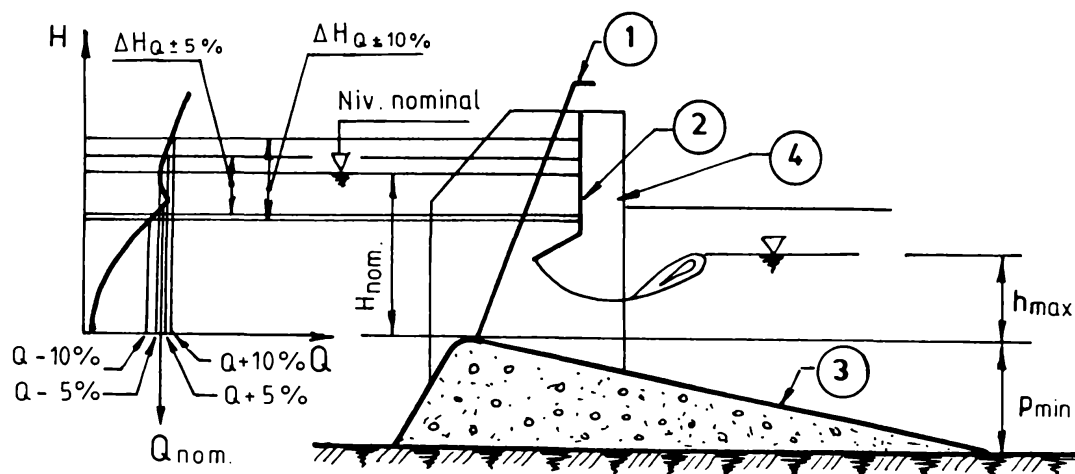
Este un regulator de debit produs tot de firma Neyrpic (Franța), destinat tranzitării unui debit aproximativ constant pe canalele de derivație cu nivel liber. Constanța debitului tranzitat în avalul său (la valoarea nominală, Q_{nom}) este realizată dacă sarcina hidraulică se menține constantă la valoarea sa nominală (H_{nom}). Oscilații ale sarcinii hidraulice față de valoarea H_{nom} cu $\Delta H_{nom} = \pm 20\%$ conduc la variații ale debitului tranzitat cu $\Delta Q_{nom} = \pm(5-10)\%$.

Din punct de vedere hidraulic cvasiconstanța debitului este asigurată de prezența imediat în aval a saltului hidraulic, salt creat de un prag de fund și de o "mască" plasată imediat deasupra pragului. Atât timp cât nivelul liber al apei nu atinge muchia inferioară a măștii, modulul

funcționează ca un deversor, relația debitului urmărind legea specifică acestuia ($Q = \alpha \cdot h^{3/2}$).
O dată cu înecarea muchiei inferioare a măștii modulul funcționează ca un orificiu, relația debitului urmărind legea $Q = \beta \cdot h^{1/2}$.

Din punct de vedere constructiv modulul poate fi cu o mască sau cu două măști (mască dublă). Cea de a doua mască permite mărirea ecartului variațiilor sarcinii hidraulice față de valoarea sa nominală în condițiile menținerii preciziei debitului tranzitat (deci cu $\Delta Q_{\text{nom}} = \pm(5-10)\%$).

Principalele elemente ce alcătuiesc modulul și caracteristica de funcționare (calitativ) sunt prezentate în fig.2.17 [8], [80].



① Vană ; ② Mască ; ③ Prag ; ④ Perete de separație

Fig. 2.17. Schema de principiu și caracteristica de funcționare a modulului cu o mască

Modulele cu mască sunt realizate sub formă de casete, fiecare cu vanetă individuală, fapt care permite fracționarea debitului tranzitat după dorința consumatorului. Firma constructoare produce aceste module în patru tipuri, caracterizate prin debitul nominal (l/s) care poate trece pe unitatea de lățime (dm)

Seria $X_{1(2)}$	10 l/s/dm
Seria $XX_{1(2)}$	20 l/s/dm
Seria $L_{1(2)}$	50 l/s/dm
Seria $C_{1(2)}$	100 l/s/dm

Obs: indicele 1 sau 2 reprezintă numărul de măști ale aparatului

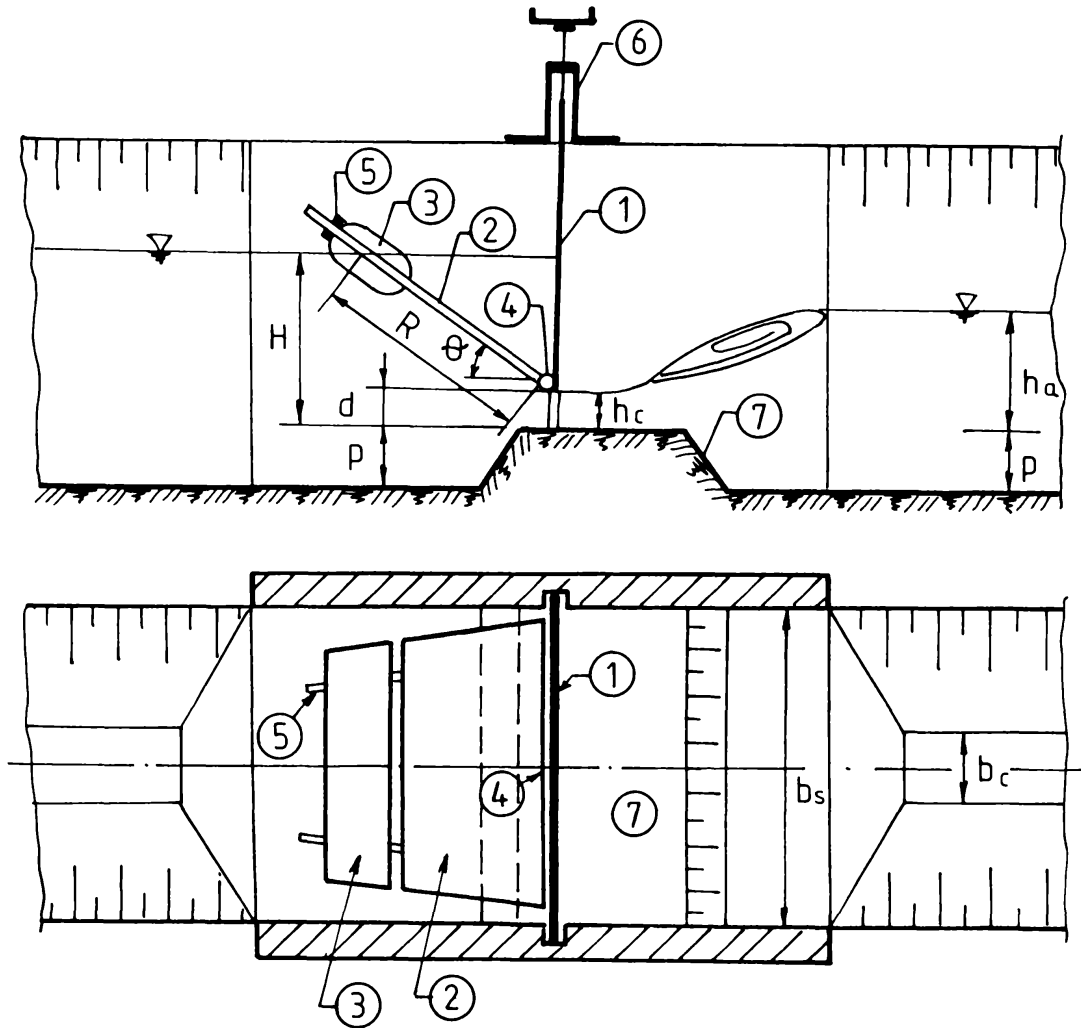
Debitul nefiind dependent de variația nivelurilor din bieful amonte (bineînțeles în limitele precizate de firma constructoare), determinarea volumului de apă tranzitat se face printr-o simplă evidență a timpului de funcționare cu modulul deschis într-o anumită combinație a vanetelor.

2. Regulatorul de debit cu stavilă plană verticală și oblon mobil acționat de flotor (SMF)

Rezultat al cercetărilor d-lui dr.ing. Ilie Sfredel (prin teza de doctorat), acest regulator este un dispozitiv cu acționare hidraulică destinat reglării și urmăririi corecte a consumurilor de apă (debite tranzitate de pe derivațiile rețelelor de canale deschise). Similar modulului produs de firma Neyrpic, regulatorul cu stavilă plană verticală și oblon mobil acționat de flotor poate menține constant debitul tranzitat (la valoarea nominală) dacă se menține constantă și sarcina hidraulică a acestuia. Noutatea (superioritatea) acestui regulator constă în faptul că sarcina hidraulică (nivelul amonte) poate varia cu până la 50% din valoarea sa nominală ($\Delta H_{nom}=50\%$), în aceleași condiții de precizie a debitului tranzitat, comparativ modulului cu două măști.

Principiul hidraulic de funcționare (reglarea debitului) constă în creerea posibilității modificării favorabile a coeficienților de debit și contracție o dată cu schimbarea unghiului de înclinare (θ) față de orizontală a unei măști plane de dirijare a liniilor de curent (vezi fig.2.18) [77]. Modificări ale debitului tranzitat se pot obține și prin schimbarea deschiderii stavilei (d). Cvasiconstanța debitului și reglaje corecte (de precizie) sunt asigurate numai de regimul neînecat în bieful aval (deci prezența saltului hidraulic). Regimul cu salt hidraulic este asigurat de amplasarea în secțiunea controlată a unui prag de fund.

Elementele componente ale acestui regulator sunt prezentate în fig.2.18 [3], [77].



(1) Stavilă plană verticală; (2) mască mobilă; (3) flotor; (4) articulație mască; (5) șuruburi de reglaj ale flotorului; (6) mecanism de manevrare a stavilei; (7) prag de fund

Fig. 2.18. Schema stăvilărilor cu mască flotabilă

Este ușor realizabil pentru derivații sau adaptabil stăvilărilor plane verticale existente.

Având în vedere că acest tip de regulator controlează o secțiune de formă dreptunghiulară și că este ușor adaptabil stăvilărilor plane verticale existente, tipodimensiunile posibile ale acestuia pot fi cele ale stăvilărilor plane verticale cu oblon (cu principala caracteristică geometrică, lățimea (b) a radierului canalului). În acest context determinarea tipodimensiunii (dimen-

sionarea, reglajul), se reduce la determinarea deschiderii ($d = Q_{\max}^{c,n+1} / \mu \cdot b \sqrt{2gH}$; $\mu = 0,611 \dots 0,625$) care realizează debitul maxim tranzitat ($Q_M \leftrightarrow Q_{\max}^{c,n+1}$ al derivației deservite, pentru $\theta = 90^\circ$) al unghiului intermediar de înclinare a măștii θ_{Q_M} pentru care se obține debitul $Q_{M_i} > Q_M$ și al unghiului $\theta_{Q_{m_i}}$ de înclinare a măștii pentru care se obține debitul minim tranzitat (Q_{m_i}). Se determină astfel (din ecartul debitelor $\Delta q, \Delta Q$) domeniul de variație al sarcinii hidraulice (ΔH , vezi fig.2.19.) și sarcina nominală $H_n = f(\theta_{Q_M})$. Funcție de acestea se poate calcula corect distanța de pozare al flotorului măștii :

$$R = (H_n - d) \sin \theta_{Q_M}$$

Toate aceste elemente (hidraulice și geometrice) se obțin din ridicarea experimentală a caracteristicilor funcționale și de reglare (curbe "chei") $q = q(H, d, \theta)$ de forma celor prezentate în fig.2.19 [3].

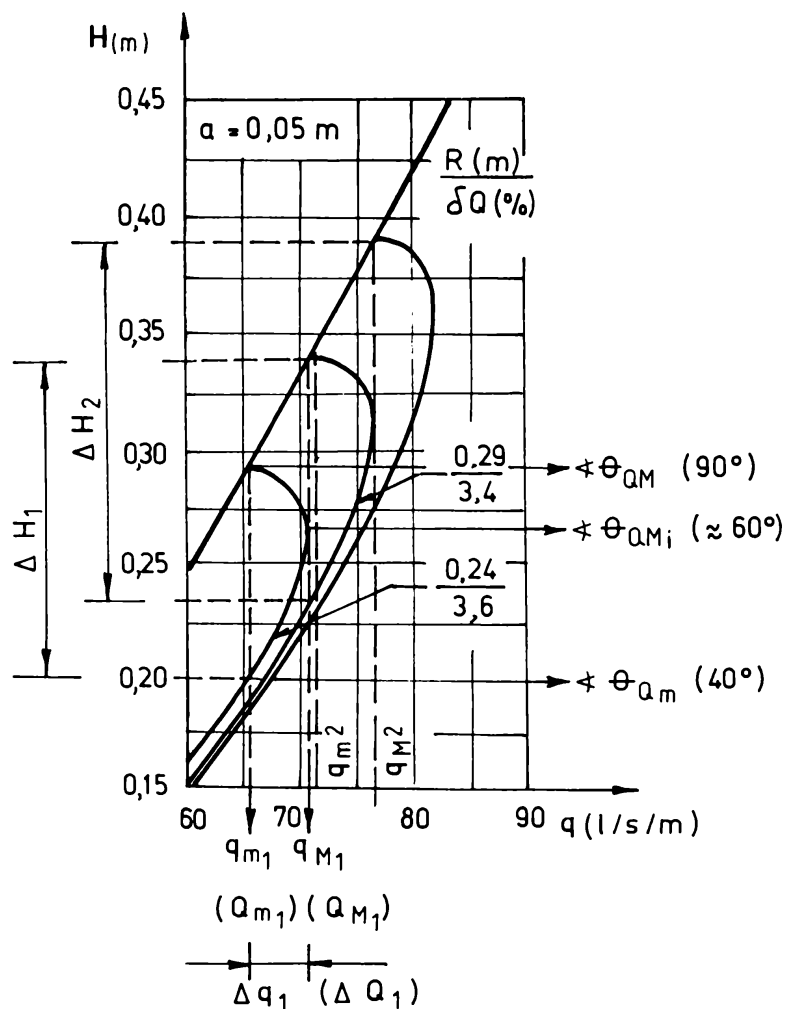


Fig. 2.19. Variația caracteristicii de reglare funcție de raza de pozare a flotorului (R)

Obs: Domeniul practic al valorilor variabilelor debitului unitar q este

$$\theta \in [90^\circ \dots 30^\circ]; \Delta\theta = 5^\circ \dots 10^\circ$$

$$d \in [0,05\text{m} \dots 0,80\text{m}]; \Delta d = 0,05\text{m}$$

$$\in [0,2\text{m} \dots 3,0\text{m}]$$

Relațiile analitice caracteristice regulatorului de debit cu stavilă plană verticală și oblon mobil acționat de flotor, sunt:

- relația debitului tranzitat (unitar)

$$q_i = \mu_i(d/H_i; \theta_i) \cdot d \sqrt{2g[H_i - d \cdot q_i(d/H_i; \theta_i)]}$$

- relația coeficientului de debit

$$\mu_i = (1,0256 - 0,05055 \cdot \theta_i) \cdot (a/H_i)^{0,151 - 0,00178\theta_i}$$

unde: $\varepsilon_i(d/H_i; \theta_i)$ este coeficientul de contracție dependent de deschiderea relativă (d/H_i) și de unghiul de înclinare al măștii (θ_i), ale cărui valori se pot determina prin calcul sau din graficul prezentat în figura 2.20.

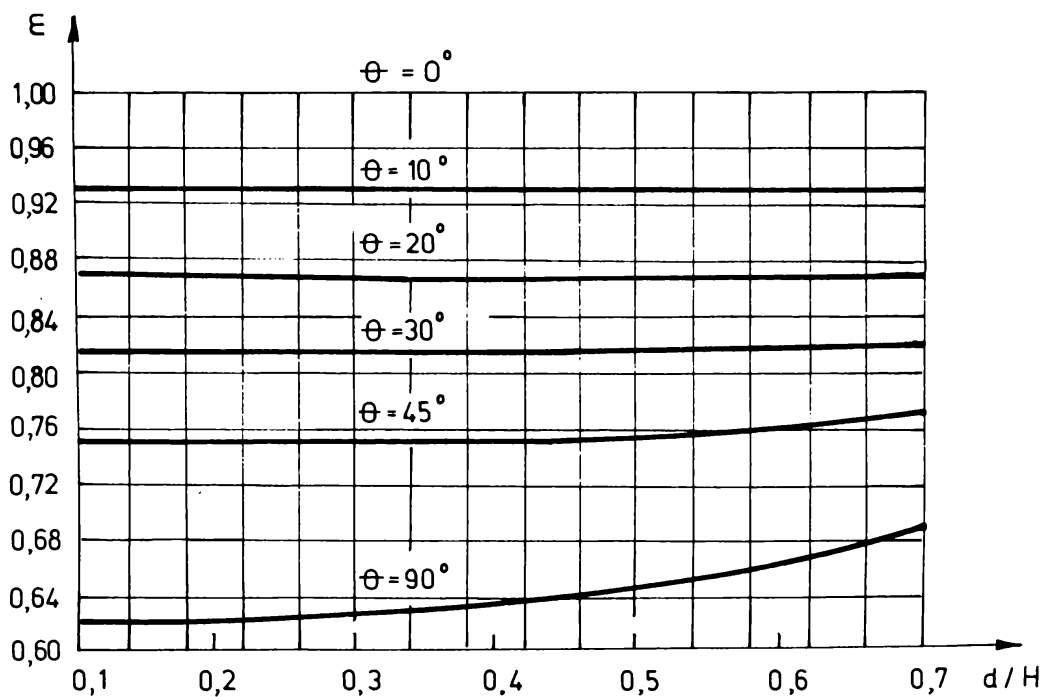


Fig. 2.20 Graficul funcției $\varepsilon_i = f(d/H_i; \theta_i)$

2.4. Concluzii

Concluziile care se impun studiului bibliografic prezentat în acest capitol trebuie să se refere la o analiză comparativă între regulatoarele consacrate pe plan european și național produse de firma Neyrpic (Franța) și cele propuse de cercetările autohtone de specialitate, desfășurate pe parcursul ultimilor zece ani.

Referitor la **regulatoarele de nivel**, analiza comparativă se impune a fi deci efectuată între regulatoarele AMIL, AVIS (T) pe de o parte și regulatoarele FL și RHN-1 pe de altă parte. Observațiile și cercetările efectuate asupra regulatoarelor AMIL și AVIS (T), de-a lungul anilor de exploatare în sisteme hidroameliorative din țară, au condus în afară de confirmarea performanțelor și calităților lor incontestabile, la semnalarea unor deficiențe deloc neglijabile. În acest context, s-a putut stabili că regulatoarele de nivel, tip Neyrpic:

- sunt mari consumatoare de metal;
- sunt dificil de realizat (din punct de vedere constructiv) și întreținut (piese de schimb);
- sunt dificil de procurat, în sens financiar (necesită valută);
- datorită producerii inevitabile a coroziunii, a numărului mare de angrenaje și articulații, se pot produce fenomene de înțepenire sau funcționare necorespunzătoare (mărirea inerției).

Luând în considerare aceste deficiențe se poate afirma că:

1) regulatorul de nivel tip FL poate înlocui regulatorul AMIL:

- pe rețelele de canale ale sistemelor de irigații pentru menținerea și controlul adâncimii în bieful amonte sau pentru evitarea pierderilor de apă (în aval) prin retenție (volum tampon minime) în perioadele de nefuncționare ale sistemului (restricție ale consumurilor energetice-electrice- sau de intervale dintre udări) sau de pană în alimentarea cu energie electrică din sistemul național;
- pentru retenția apelor de drenaj în perioadele cu exces de umiditate, pe rețelele de canale, în vederea folosirii acestora la subirigație în perioadele de deficit de umiditate ale anului,

pentru că sunt mai ușor de realizat, întreținut și exploatat și pentru că sunt mult mai ieftine, chiar dacă sunt mai puțin rezistente în exploatare (realizate din materiale plastice);

2) regulatorul RHN-1 poate înlocui cu succes regulatoarele AMIL sau AVIS (T):

- pe porțiunile de transport ale rețelei de canale cu nivel liber în secțiuni de biefare;

- pe canale de derivație în zona prizelor pentru asigurarea nivelurilor de alimentare necesare consumatorilor și/sau reguletoarelor de debit,

pentru că este mai ieftin și ușor de procurat (concepție și producție autohtonă) și pentru că înglobează într-o singură construcție (elasticitate funcțională) ambele reguletoare de producție franceză, chiar dacă prezintă aceleași deficiențe ca și acestea (semnalate anterior).

Referitor la **reguletoarele de debit** studiul comparativ se impune între modulul cu mască (mască dublă) și stavila plană verticală cu mască flotabilă acționată de flotor (SMF). În acest context SMF poate înlocui cu succes modulul în zona prizelor de derivație, pentru că:

- menține aproximativ constant debitul tranzitat (tot în limitele $\Delta Q = \pm (5...10)\%$) la variații ale nivelului amonte față de cel nominal, cu $\Delta H_n = 50\%$, deci superioare modulului cu mască cu 20%;

- se poate adapta ușor stavilelor plane verticale cu oblon, cu minim de investiții suplimentare;

- este mai ieftină (concepție și producție autohtonă).

CAPITOLUL 3 CONSIDERAȚII ASUPRA HIDRAULICII REȚELOR DE TRANSPORT ȘI DISTRIBUȚIE A APEI, CU NIVEL LIBER, ALE SISTEMELOR HIDROAMELIORATIVE CU FUNCȚIONARE AUTOMATIZATĂ

3.1. Considerații generale

Fără a mai reveni asupra celor menționate în capitolele anterioare, merită totuși accentuate câteva principii și aspecte deosebit de importante pentru dezvoltarea în continuare a tematicii tezei. Astfel, sistemele hidroameliorative corespund întru totul conceptului de sistem, prin componență, interacționarea elementelor componente și scop funcțional. Deci automatizarea funcționării acestora este posibilă și se impune atât ca soluție modernă de optimizare și eficientizare tehnico-economică, cât și pentru realizarea unei exploatare raționale. Automatizarea funcționării unui sistem hidroameliorativ în general, deci și a rețelei de canale deschise în particular, se realizează prin echiparea acestora cu dispozitive și/sau echipamente cu funcționare automatizată, care au rolul de preluare a funcțiunilor de comandă, control și măsurare de la personalul de exploatare ale debitelor și nivelurilor de apă în conformitate cu principiile de livrare ale acestora și cerințele consumatorilor [41], [44].

Echipamentele cu ajutorul cărora se realizează automatizarea funcționării rețelelor de transport și distribuție cu nivel liber, și care fac obiectul prezentei lucrări sunt reglatoarele de nivel și/sau debit cu acționare hidraulică. În rețelele de canale echipate cu aceste reglatoare (stavile) automate, regimul de mișcare al apei este nepermanent și gradual variat. Acest tip de regim se datorează perturbațiilor induse de ridicările/coborârile stavelor, perturbații provocate de variațiile în timp ale consumurilor de apă și vitezelor relativ mici de mișcare a curentului. Mișcarea nepermanentă în aceste rețele fiind gradual variată poate fi considerată ca lent variabilă și unidimensională (linii de curent cu curbura neglijabilă și aproximativ paralele chiar și în secțiunile cu rol funcțional primordial în rețea) [41], [44], [8].

3.2. Ecuațiile caracteristice mișcării apei în rețelele de transport și distribuție cu nivel liber și funcționare automatizată

Având în vedere modelul fizic al fenomenului (descriș în finalul paragrafului 3.1.), modelul matematic al mișcării apei în rețele de canale cu funcționare automatizată este oferit de ecuațiile Saint-Venant, la care se adaugă drept condiții la limită relațiile de reglaj ale stavelor

(regulatele), relații care guvernează funcționarea acestora. Ecuațiile Saint-Venant sunt alcătuite din [44]:

- ecuația dinamicii;
- ecuația continuității.

3.2.1. Ecuația dinamicii

Pentru cazul particular al mișcării nepermanente gradual variată, să considerăm un tronson de canal de lungime dx , cuprins între secțiuni transversale situate la distanțele x și $x+dx$ de planul xoz al sistemului rectangular de axe atașat (vezi fig.3.1.) și de suprafață liberă $z(x,t)$ la un moment dat, t . Fie în cadrul acestui tronson un tub de curent de lungime dx și secțiune transversală ds , situat la cota z față de planul de referință xoy [21], [41], [44].

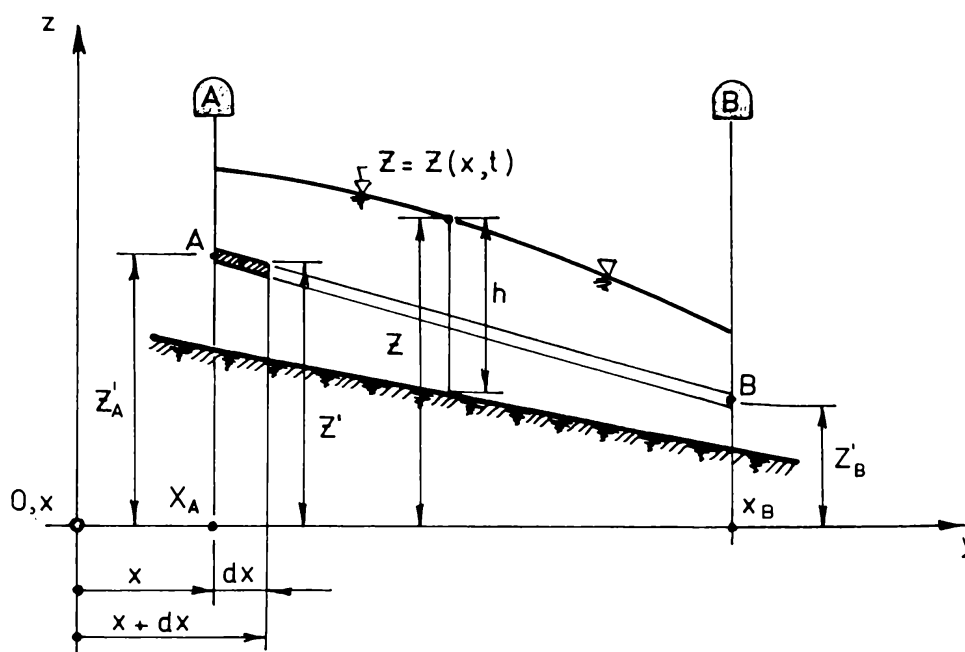


Fig. 3.1.

Ecuația dinamicii, scrisă pentru tubul de curent menționat, în forma sa cea mai generală este:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (3.1)$$

care proiectată după axa longitudinală a mișcării (oy) devine:

$$F_{v(y)} + F_{p(y)} - F_{v\phi y} = m \cdot a_y \quad (3.2)$$

unde:

$$F_v = \rho g \cdot dV = \rho g \cdot ds \sin \alpha \cdot dx \quad (3.3)$$

reprezintă forța masică (volumică);

$$F_p = p \cdot ds - \left(p + \frac{\partial p}{\partial x} dx \right) \cdot d \quad (3.4)$$

reprezintă forța de presiune, ca rezultantă pe cele două suprafețe elementare corespunzătoare secțiunilor x și $(x + dx)$,

$$F_{vs} = \tau \cdot dP \cdot dx = \eta \frac{dv}{dn} dP \cdot dx \quad (3.5)$$

este forța de vâscozitate pe frontiera tubului de curent

$$m \cdot a = \rho dV \frac{du}{dt} = \rho ds dx \frac{du}{dt} \quad (3.6)$$

α , unghiul pe care-l face tubul de curent cu planul de referință, corespunzător secțiunii curenți x , cu

$$\sin \alpha = - \frac{\partial z'}{\partial x} \quad (3.7)$$

p , este presiunea apei în secțiunea x ;

τ , este efortul unitar tangențial pe pereții tubului de curent de perimetru dP

Prin înlocuirea relațiilor (3.3)...(3.7) în relația (3.2) și ținând seama că:

$$\frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x}, \text{ iar partea hidraulică}$$

$$i_f = \frac{\tau}{\rho g} \cdot \frac{dP}{ds}$$

după prelucrări se obține:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(z' + \frac{p}{\rho g} \right) + \frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{2g} \frac{\partial (u^2)}{\partial x} + i_f = 0 \quad (3.8)$$

În condițiile mișcării gradual variate acceptând repartizarea hidrostatică a presiunilor, adică:

$$Z = z' + \frac{p}{\rho g}$$

$$\text{și } \alpha' = \alpha'' \cong 1, 0, \quad i_f = \left(\frac{Q}{Q_c} \right)^2$$

unde $Q = SC\sqrt{R}$

se obține forma finală a ecuației dinamicii:

$$\frac{\partial z}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{g} V \frac{\partial V}{\partial x} + \left(\frac{Q}{Q_0} \right)^2 = 0 \quad (3.9)$$

3.2.2. Ecuația continuității

Pentru deducerea acestei ecuații se au în vedere aceleași ipoteze ca și pentru ecuația dinamicii, la care se adaugă ipoteza incompresibilității apei. Fie în aceste condiții, două poziții ale curbei suprafeței libere ale apei (corespunzătoare momentelor t și $t + dt$), $z_t = z$ respectiv $z_{t+dt} = z + \frac{\partial z}{\partial t} \cdot dt$, poziții determinate de variația consumului (debitului) în spațiul determinat de secțiunile ($S=S(x,t)$) transversale din x și $x + dx$ față de planul xoz , de suprafațe S și respectiv $(S + \frac{\partial S}{\partial t} \cdot dt)$. De asemenea notând cu [41], [44], [8]:

- $Q = Q(x,t) = v s$, debitul intrat în secțiunea x la momentul t ,
- $Q \cdot dt$, volumul de apă intrat prin secțiunea x în spațiul considerat în timpul dt ,
- $(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \cdot dx) \cdot dt$, volumul de apă ieșit prin secțiunea $x + dx$, după scurgerea timpului dt ,

volumul de apă acumulat în spațiul menționat se poate deduce din ecuația de bilanț

$$Q \cdot dt - (Q + \frac{\partial Q}{\partial x} dx) dt = - \frac{\partial Q}{\partial x} dt \cdot dx \quad (3.10)$$

sau din volumul cuprins între cele două poziții ale curbei suprafeței libere (Z_t și Z_{t+dt}) și secțiunile x și $(x + dx)$

$$(S + \frac{\partial S}{\partial t} \cdot dt) dx - S \cdot dx = \frac{\partial S}{\partial t} dt \cdot dx \quad (3.11)$$

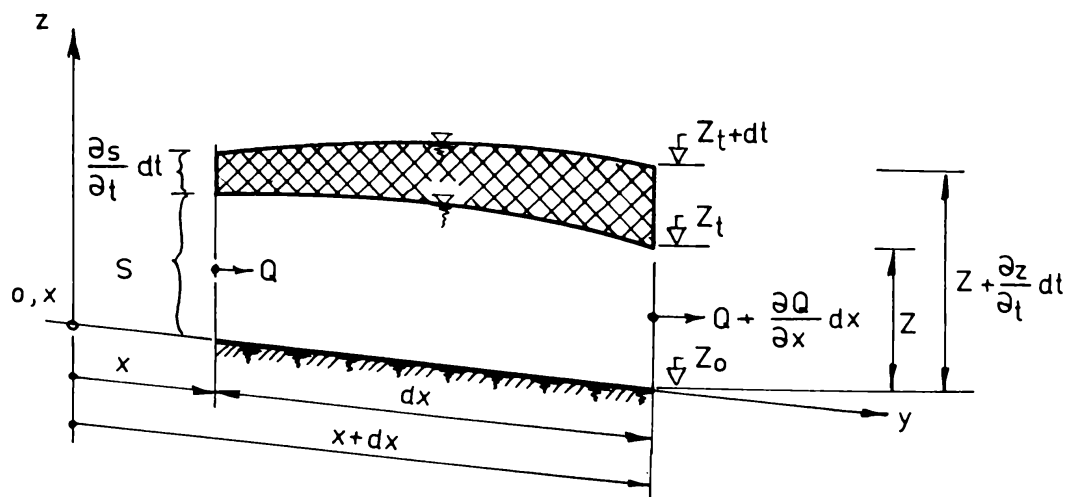


Fig.3.2.

Ecuția continuității, rezultată din egalarea acestor două forme (3.10 și 3.11) este:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = \quad (3.12)$$

Ecuțiile Saint-Venant (3.9) și (3.12), formează împreună un sistem de ecuații cu derivate parțiale, neliniar, de tip hiperbolic

$$\begin{cases} \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{g} V \frac{\partial V}{\partial x} + \left(\frac{Q}{Q_0} \right)^2 = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial t} = 0 \end{cases} \quad (3.13)$$

având ca necunoscute:

$$z = z(x,t) \text{ și } Q = Q(x,t) \text{ sau}$$

$$z = z(x,t) \text{ și } v = v(x,t)$$

și condiții: - inițiale, pentru

$$t = 0 \quad \text{cu} \quad Q = Q_0(x) \text{ și } z = z_0(x) \text{ sau} \\ v = v_0(x) \text{ și } z = z_0(x)$$

- la limită, pentru

$$x = 0 \quad \text{cu} \quad Q = Q_0(t) \text{ sau } z = z_0(t)$$

$$x = l \quad \text{cu} \quad Q = Q_l(t) \text{ sau } Q = Q_l(z)$$

unde l este lungimea totală a canalului ce urmează a fi împărțit în biefuri de stavile (regulatoare).

Aceste ecuații, dificil de rezolvat datorită neliniarității lor, trebuie aduse la o formă convenabilă pentru rezolvarea lor prin metode numerice [44]. Astfel, în ecuația dinamicii, de variabile Q și z , ținând seama de ecuația de continuitate ($Q = v s$), efectuând schimbările

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{1}{s} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q}{s^2} \frac{\partial s}{\partial t} = \frac{1}{s} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{Q}{s^2} \frac{\partial s}{\partial x} \\ v \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{Q}{s} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q}{s} \right) = \frac{Q}{s} \left(\frac{1}{s} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q}{s^2} \frac{\partial s}{\partial x} \right)$$

în care afectând cu coeficienții

$$\mu, \text{ termenul } \frac{\partial v}{\partial t} \quad (\mu = \{0; 1\})$$

$$v, \text{ termenul } v \frac{\partial v}{\partial x} \quad (v = \{0; 1\})$$

$$\zeta, \text{ termenul } \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^2; \mu = \begin{cases} -1, & \text{pentru } Q > 0 \\ 1, & \text{pentru } Q < 0 \\ 0, & \text{în cazul neglijării frecărilor} \end{cases}$$

pentru analizarea acesteia prin metode numerice (influența fiecăruia dintre cei trei termeni), aceasta devine

$$\frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\mu}{g \cdot S} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\mu + \nu}{g} \frac{Q}{S^2} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\nu}{g} \frac{Q^2}{S^3} \frac{\partial S}{\partial x} + \zeta \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^2 = 0 \quad (3.14)$$

În același context, ecuația continuității, pentru $x = \text{const.}$, $S = S(t)$, $h = h(t)$, deci

$$\frac{\partial S}{\partial h} = b + 2mh = B, \quad \text{căci } S = (b + mh)h$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial(Z - Z_0)}{\partial t} = \frac{\partial z}{\partial t}$$

devine

$$B \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (3.15)$$

Concluzionând, sistemul ecuațiilor Saint-Venant care permite o exprimare mai compactă a algoritmului de calcul al metodelor numerice de rezolvare (în variabilele Q și Z) este de forma:

$$\begin{cases} \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\mu}{gS} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\mu + \nu}{g} \frac{Q}{S^2} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\nu}{g} \frac{Q^2}{S^3} \frac{\partial S}{\partial x} + \zeta \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^2 = 0 \\ B \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \end{cases} \quad (3.16)$$

unde $\frac{Q}{gS^2}$, este termenul inerțial

$\frac{Q^2}{gS^3}$, este termenul cinetic, iar

$\left(\frac{Q}{Q_0}\right)^2$ termenul rezistiv.

Acestor ecuații (pentru calculul complet al rețelelor de transport și distribuție cu nivel liber și funcționare automatizată) li se adaugă ca și condiții de racordare, relațiile de reglaj, relații care guvernează funcționarea automată a stăvililor [44]. Relațiile de reglaj, funcție de tipul schemei de automatizare și de locul reglajului parametrilor față de stăvilă, pot fi [44]:

- 1) de reglaj al parametrilor hidraulici din bieful aval față de stăvilă
 - a1) pe bază de niveluri (bival aval);
 - b1) pe bază de debite;
 - c1) mixte, pe bază de niveluri și debite;
- 2) de reglaj al parametrilor hidraulici din bieful amonte față de stăvilă
 - a2) pe bază de niveluri (bival amonte)
 - b2) pe bază de debite

Dintre aceste relații, importantă de menționat din punctul de vedere al tematicii prezentei lucrări este relația tip "bival amonte", specifică stăvililor (reglatoarelor) cu flotor "de nivel amonte constant", cu expresia:

$$\Delta a_{k,k+1} = m'_{0(k+1)} [k' \Delta Z_{am} + (1-k') \Delta Z_{av}]_{k+1} + M'_{Q(k+1)} \int_0^t [k' \Delta Z_{am} + (1-k') \Delta Z_{av}] dt \pm \varepsilon_z \quad (3.17)$$

unde:

Δa_k este variația deschiderii (a_k) stăvilii;

m'_{0} , M'_{Q} , sunt coeficienți de amplificare (valori cu sens fizic numai dacă m'_{0} ,

$M'_{Q} \in R_+$);

k , k' , sunt constante de pondere ($0 \leq k' \leq 1$ și $k = 0$ pentru stăvile cu flotor de nivel amonte constant);

ΔZ_{an} , ΔZ_{av} , sunt variații ale nivelului apei în capătul amonte, respectiv aval ale biefului;

ε_z este abaterea prescrisă la niveluri, în sensul că reglajul se realizează numai dacă $|\Delta a_k| > \varepsilon_z$

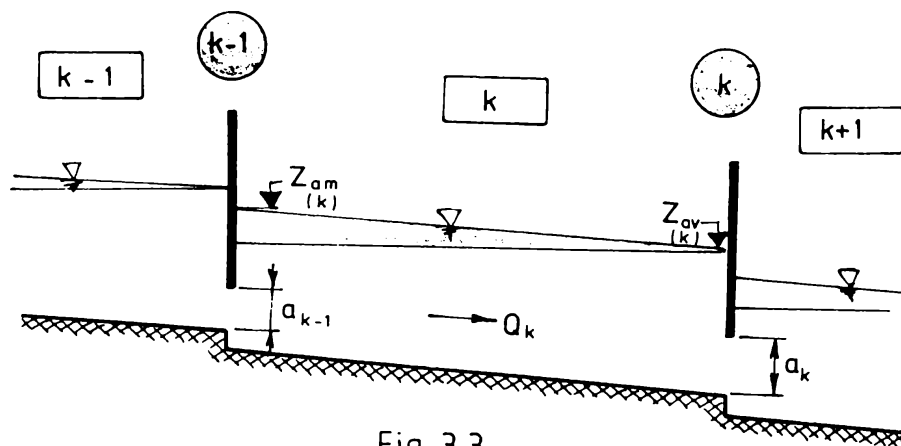


Fig. 3.3.

În condițiile menționate ($k' = 0$, inerția regulatorului fiind neglijabilă), relația (3.17) are expresia:

$$\Delta a_{K,K+1} = m'_{0(K+1)} [\Delta Z_{av}]_{K+1} + M'_{Q(K+1)} [\Delta Z_{av}]_{K+1} \pm \varepsilon_Z \quad (3.18)$$

3.3. Metode de rezolvare ale ecuațiilor caracteristice hidraulicii rețelelor de transport și distribuție cu nivel liber și funcționare automatizată

Ecuațiile Saint-Venant în forma (3.16) și relațiile de reglaj pot fi rezolvate prin diverse metode numerice funcție de scopul urmărit și precizia de calcul, metode prezentate pe larg în literatura de specialitate [41], [44], [8]. Dintre acestea, cele mai cunoscute metode, sunt:

1. metoda diferențelor finite;
2. metoda caracteristicilor,

care sunt metode numerice destinate dimensionării propriu-zise ale rețelelor de canale cu nivel liber și funcționare automatizată;

3. metoda analizei în domeniul frecvenței (micilor oscilații);
4. metoda simulării numerice,

care sunt metode destinate studiului stabilității mișcării apei pe rețelele de canale cu nivel liber și funcționare automatizată ce folosesc regulatoare (stavile) de nivel și/sau debit.

Acestor metode, care sunt metode exacte, li se mai adaugă:

5. metoda bilanțului, care este o metodă de calcul aproximativă (utilizabilă în special pentru faza de STE), care are la bază ecuațiile de bilanț ale apei în fiecare bief și cele ale mișcării apei la debit minim și maxim.

Indiferent de metoda de calcul utilizată, sunt necesare următoarele date preliminare:

- graficele zilnice de consum orar maxim ale apei (24 de ore) pentru fiecare secțiune de priză (consumator), aferente biefurilor dimensionate;

- traseul în plan, profilul longitudinal și secțiunile transversale caracteristice ale rețelei de canale biefată;

- nivelurile minime necesare captării debitului maxim de către consumator în dreptul prizei.

3.3.1 Metoda diferențelor finite

Este o metodă de precizie destinată calculului debitelor și cotelor apei în capetele amonte și aval ale biefurilor cu funcționare automatizată, bazată pe integrarea numerică a ecuațiilor Saint-Venant (în forma 3.16), cu condițiile la limită specifice cazului (soluției de automatizare aleasă). Algoritmul de calcul constă în transcrierea ecuațiilor mișcării (3.16) în diferențe finite, care pentru un sector de canal de lungime $\Delta x_{K+1,K}$ (bieful cuprins între secțiunile K și K+1) în conformitate cu relațiile tip predictor-corector propuse de Preissman (între momentele t și $t+dt$, respectiv la nivelele n și $n+1$) de forma [44]:

$$\left. \frac{\partial F}{\partial x} \right|_{\substack{K+1,K \\ n+1,n}} = \frac{1}{\Delta x_{K+1,K}} \left[\Theta (F_{K+1}^{n+1} - F_K^{n+1}) + (1 - \Theta) (F_{K+1}^n - F_K^n) \right] \quad (3.19)$$

$$\left. \frac{\partial F}{\partial t} \right|_{\substack{K+1,K \\ n+1,n}} = \frac{1}{\Delta t} \left[\frac{1}{2} (F_{K+1}^{n+1} + F_K^{n+1}) - \frac{1}{2} (F_{K+1}^n + F_K^n) \right]$$

unde: F_K^n , este valoarea funcției F în secțiunea K la momentul n ;
 Θ , este un coeficient de pondere ($0 < \Theta < 1$);
 Δt , este pasul de timp.

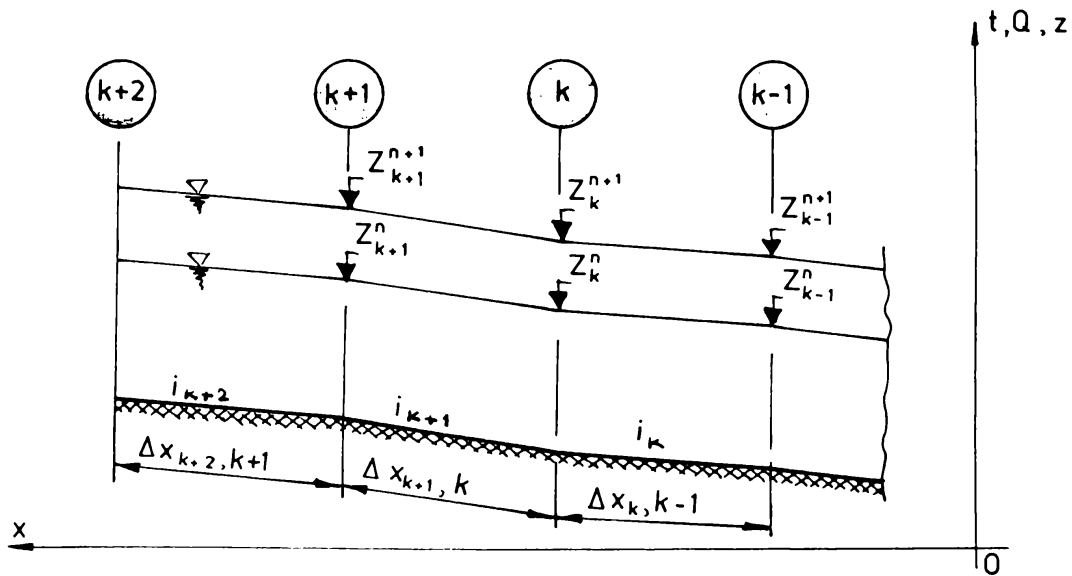


Fig. 3.4.

Pentru generalizare, se poate presupune că în fiecare secțiune de control a stavilei (de biefare) K există un afluent cu debitul $q_K = q_K(t)$, și ca atare debitul în momentele fiecăruia dintre aceste secțiuni ($Q_{K,am}$) se poate înlocui funcție de debitul din aval ($Q_{K,av}$) și debitul afluentului [44].

$$Q_{K,am} = Q_{K,av} - q_K$$

În consecință, ecuațiile mișcării apei în secțiunile de control ale reguletoarelor cu acționare automată, transcrise în diferențe finite în amonte fiecărui bief (condițiile de racordare) sunt de forma:

$$Q_{K,am}^{n+1} = Q_{K,av}^{n+1} - q_K^{n+1}$$

(3.20)

$$Z_{K,am}^{n+1} = Z_{K,av}^{n+1} + \frac{(Q_K^{n+1})^2}{M_K^2 (a_K^{n+1})^2}$$

unde: a_K^{n+1} , este deschiderea stavilei în secțiunea K la momentul $(n+1)$; se determină din relația de reglaj corespunzătoare;

$$M_K = \mu \sqrt{2g} \cdot b_K$$

μ , este coeficientul de debit al stavilei;

b_K , este lățimea stavilei;

K , indicele numărului de ordine al secțiunii de calcul, care coincide cu secțiunea controlată de stavilă ($K \neq k$).

3.3.2. Metoda caracteristicilor

Față de metodele numerice pe scheme implicite, metoda caracteristicilor prezintă următoarele [41]:

avantaje: - descrie mai fidel curbura liniilor de curent chiar dacă ipotezele inițiale ale ecuațiilor mișcării au inclus și curenți de slabă curbură;
- semnificația fizică a mărimilor cu care operează și rezultatele calculelor;

dezavantaje: - pasul mic de timp (Δt) pe care metoda îl necesită (condiția Courant), conduce la un volum mărit de calcule.

Calcululele numerice ale metodei sunt, de fapt, calcule de urmărire ale propagării perturbațiilor de nivel și debit.

Pornindu-se de la ecuațiile Saint-Venant în forma (3.16), în metoda caracteristicilor se obține un sistem care cuprinde ecuațiile mișcării pe caracteristici, care:

- pentru prima familie de caracteristici (unda directă) are expresiile:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = v + \sqrt{\frac{gS}{B}} \\ \frac{1 - Fr}{v + \sqrt{\frac{gS}{B}}} dz + \left[\left(\frac{Q}{Q.} \right)^2 - i_0 \cdot Fr \right] dt + \frac{dQ}{gS} = 0 \end{cases} \quad (3.21)$$

- pentru cea de-a doua familie de caracteristici (unda inversă) are expresiile:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = v - \sqrt{\frac{gS}{B}} \\ \frac{1 - Fr}{v + \sqrt{\frac{gS}{B}}} dz + \left[\left(\frac{Q}{Q.} \right)^2 - i_0 \cdot Fr \right] dt + \frac{dQ}{gS} = 0 \end{cases} \quad (3.22)$$

unde: $Fr = \frac{Q^2 \cdot B}{g \cdot S^3}$, este numărul Froude

$i_0 = -\frac{\partial Z_0}{\partial x}$, este panta longitudinală a radierului canalului.

Obs.: 1) ecuațiile (3.21) și (3.22) sunt ecuațiile mișcării raportate la un sistem de axe de coordonate, care sunt caracteristicile $x = x(t)$, din planul (x,t) , respectiv curbele L_0 ; creșterile dz și dQ se iau în lungul acestor caracteristici;

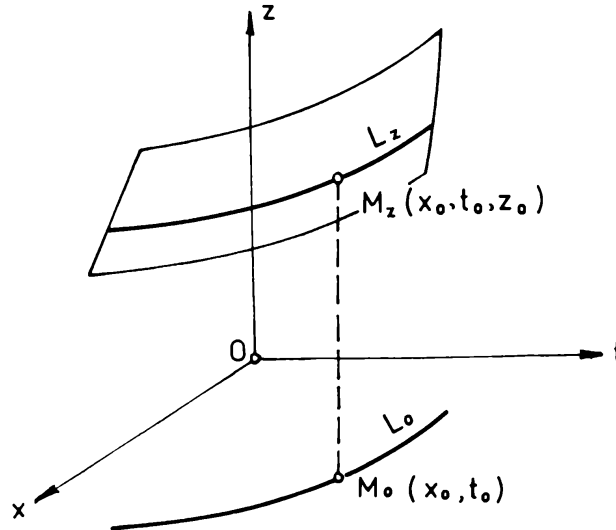


Fig. 3.5 .

2) din punct de vedere geometric soluția ecuațiilor menționate definește două suprafețe integrale $Z = Z(x,t)$ și $Q = Q(x,t)$; curba L_0 din planul (x,t) în lungul căreia derivatele $\frac{\partial Z}{\partial x}$, $\frac{\partial Z}{\partial t}$ și $\frac{\partial Q}{\partial x}$, $\frac{\partial Q}{\partial t}$ nu au valori unice se numește **caracteristică**, iar curba L_z corespunzătoare, pe suprafața $Z(x,t)$ sau $Q(x,t)$ se numește **curbă caracteristică**, prin orice punct M_0 trec două caracteristici (câte una din fiecare familie) și prin fiecare punct M_z corespunzător suprafeței integrale două curbe caracteristice;

3) ecuațiile (3.21) și (3.22), transcrise în diferențe finite, pentru rezolvarea lor pe cale numerică au forma:

$$\begin{cases} \Delta x = \left(v + \sqrt{\frac{gS}{B}} \right) \cdot \Delta t \\ \frac{1 - Fr}{v + \sqrt{\frac{gS}{B}}} \cdot \Delta Z + \left[\left(\frac{Q}{Q_0} \right)^2 - i_0 \cdot Fr \right] \Delta t + \frac{\Delta Q}{gS} = 0 \end{cases} \quad (3.21')$$

pentru prima familie de caracteristici (unda directă), și

$$\begin{cases} \Delta x = \left(v - \sqrt{\frac{gS}{B}} \right) \cdot \Delta t \\ \frac{1 - Fr}{v - \sqrt{\frac{gS}{B}}} \cdot \Delta Z + \left[\left(\frac{Q}{Q_0} \right)^2 - i_0 \cdot Fr \right] \Delta t + \frac{\Delta Q}{gS} = 0 \end{cases} \quad (3.22')$$

pentru cea de-a doua familie de caracteristici (unda inversă).

3.3.3. Metoda analizei în domeniul frecvenței (micilor oscilații)

Rețelele de canale ale sistemelor hidroameliorative cu funcționare automatizată, sunt sisteme automate cu reacție (datorită în special dispozitivelor automate de reglare a nivelurilor și/sau debitelor). În consecință, o problemă importantă care se ridică la dimensionarea acestor sisteme este stabilitatea în funcționare. Metoda analizei în domeniul frecvenței, prin modelul său analitic studiază și răspunde acestei probleme [44]. Necesitând însă liniarizarea ecuațiilor mișcării (în forma 3.13) și a celor de reglaj, metoda limitează domeniul de valabilitate al rezultatelor obținute. Cu toate acestea, se obțin informații deosebit de utile legate de comportarea în ansamblu a sistemului și de influența diversilor parametri geometrici și hidraulici asupra stabilității acestuia. De asemenea metoda analizei în domeniul frecvenței permite și obținerea unor criterii globale de stabilitate, valabile pentru valori mici ale perturbațiilor mărimilor de intrare.

Având în vedere faptul că acestor rețele, pe fiecare bief din componentă, le sunt caracteristice (la limita funcțională) două nivele ale luciului apei ($Q = Q_{\max}$ - regim permanent și $Q = 0$ - regim hidrostatic-), prezenta metodă determină ecuațiile mișcării, corespunzător acestor două situații [41], [44].

1) Pentru regimul de referință, permanent, ecuațiile menționate sunt:

$$\begin{cases} \frac{\partial Z_0}{\partial x} + \frac{v_0}{g} \frac{\partial v_0}{\partial x} + \left(\frac{Q}{Q_0} \right)^2 = 0 \\ Q_0 = \text{const.} \end{cases} \quad (3.23)$$

unde Z_0 , v_0 , Q_0 , sunt respectiv cota nivelului liber ale apei, viteza medie a curentului și debitul acestuia, toate corespunzătoare regimului permanent și uniform (de dimensionare a biefului);
 x , distanța măsurată în lungul canalului.

Aceleași ecuații, scrise la un moment "t", pentru situația producerii unor perturbații induse de stavile, sau de variația consumurilor (mărimile Z' , v' , Q' și S'), sunt:

$$\begin{cases} \frac{\partial Z_0}{\partial x} + \frac{\partial Z'}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial v'}{\partial t} + \frac{(v_0 + v')}{g} \frac{\partial (v_0 + v')}{\partial x} + \left(\frac{Q_0 + Q'}{Q_0 + Q'} \right)^2 = 0 \\ B_0 \frac{\partial Z'}{\partial t} + S_0 \frac{\partial v'}{\partial x} + v' \frac{\partial S_0}{\partial x} + \frac{\partial v_0}{\partial x} \cdot S' = 0 \end{cases} \quad (3.24)$$

care linearizate și afectate de notațiile:

$$\xi = Z'; \quad q = Q'; \quad J = \left(\frac{Q_0}{Q_0} \right)^2, \text{ panta hidrostatică;}$$

h_0 - adâncimea curentului corespunzătoare acestui regim;

χ - indicele hidrostatic al canalului,

devin:

$$\begin{cases} \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{v_0}{g} \frac{\partial v}{\partial x} + \left(\frac{2J}{v_0} + \frac{1}{g} \frac{\partial v_0}{\partial x} \right) \cdot v + J \left(\frac{2B_0}{S_0} + \frac{\chi}{h_0} \right) \xi = 0 \\ B_0 \frac{\partial \xi}{\partial t} + S_0 \frac{\partial v}{\partial x} + v_0 \cdot B_0 \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial(v_0 \cdot B_0)}{\partial x} \cdot \xi + \frac{\partial S_0}{\partial x} \cdot v = 0 \end{cases} \quad (3.25)$$

Considerând că regimul permanent de referință este apropiat de cel uniform (neglijarea variației mărimilor geometrice și hidraulice în lungul canalului produse de perturbații), eliminând variabila "v" și aplicând transformata Laplace, ecuațiile mișcării devin:

$$\begin{cases} \frac{d^2 \bar{\xi}}{dx^2} - 2(H \cdot \tau \cdot s + \gamma) \frac{d\bar{\xi}}{dx} - r^2 \cdot \tau \cdot s(\tau \cdot s + \beta) \bar{\xi} = 0 \\ \frac{d\bar{q}}{dx} + r^2 \cdot w \cdot \tau \cdot s \cdot \bar{\xi} = 0 \end{cases} \quad (3.26)$$

unde:

$$\bar{\xi} = \int_0^{\infty} \xi \cdot e^{-st} dt, \quad \bar{q} = \int_0^{\infty} q \cdot e^{-st} dt$$

$s = \sigma + i\omega$, frecvența complexă

$$H = \frac{v_0}{c}; c = \sqrt{g \frac{S_0}{B_0}}, \text{ celeritatea}$$

$$\tau = \frac{l}{r^2 c}; l - \text{lungimea biefului}; r = 1 - H^2$$

$$\gamma = \frac{\chi \cdot u \cdot H \cdot a_0}{4 W_0 r^2 h_0}; W_0 = \frac{B_0 c}{\mu_z \cdot b_z \cdot \sqrt{2gh_0}}$$

$$W = B_0 c; \beta = \frac{u \cdot H}{r^2}; u = \frac{2g \cdot J \cdot l}{v^2}$$

având soluțiile:

$$\alpha_{1,2} = (H \cdot \tau \cdot s + \gamma) \pm \sqrt{(H \tau \cdot s + \gamma)^2 + r^2 s(\tau \cdot s + \beta)} \quad (3.27)$$

date de ecuația:

$$\alpha^2 - 2(H \cdot \tau \cdot s + \gamma)\alpha - r^2 \cdot \tau \cdot s(\tau \cdot s + \beta) = 0 \quad (3.28)$$

cu care se calculează valorile perturbațiilor

$$\begin{cases} \bar{\xi} = c_1 \cdot e^{\alpha_1 x} + c_2 \cdot e^{\alpha_2 x} \\ \bar{q} = r^2 W \tau s \left(c_1 \frac{e^{\alpha_1 x}}{\alpha_1} + c_2 \frac{e^{\alpha_2 x}}{\alpha_2} \right) \end{cases} \quad (3.29)$$

unde: c_1, c_2 sunt constante complexe de integrare, care se determină din condițiile la limită și din cele de reglaj.

2) Pentru regimul de referință hidrostatic, în mod similar, ecuațiile de mișcare se reduc la forma:

$$\begin{cases} \frac{d\xi}{dx} + \frac{l}{gS_0} \frac{\partial q}{\partial t} + a_f \cdot q = 0 \\ B_0 \cdot l \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = 0 \end{cases} \quad (3.30)$$

unde: $x = \frac{x}{l}$, distanța relativă

$$a_f = \frac{f_0 v l}{2gh_0^2}; f_0 \cong 30 \text{ pentru mișcarea laminară}$$

și

$$a_f = \frac{|v|l}{c^2 R}, \text{ pentru mișcarea turbulentă.}$$

Prin introducerea transformatelor Laplace, ecuațiile (3.30) devin:

$$\begin{cases} \frac{d^2 \bar{\xi}}{dx^2} - \tau s (\tau s + a_f g \tau) \bar{\xi} = 0 \\ \frac{d\bar{q}}{dx} + B_0 \cdot l \cdot s \cdot \bar{\xi} = 0 \end{cases} \quad (3.31)$$

cu soluția generală:

$$\begin{cases} \bar{\xi} = c_1 \cdot e^{\alpha_1 x} + c_2 \cdot e^{\alpha_2 x} \\ \bar{q} = -B_0 s \left(c_1 \frac{e^{\alpha_1 x}}{\alpha_1} + c_2 \frac{e^{\alpha_2 x}}{\alpha_2} \right) \end{cases} \quad (3.32)$$

$$\text{unde: } \alpha_{1,2} = \pm(\tau s + \varepsilon); \quad \varepsilon = 2a_f \cdot g \cdot \tau$$

Condițiile de racordare și la limită, necesare determinării constantelor de integrare, pentru cazul reglajului bival amonte, adică:

$$\begin{aligned} q_{Kav} = q_{(K+1)am} &= \frac{Q_{0K}}{a_{0K}} (f_K \xi_{Kam} + m_K \xi_{Kav} + n_K \cdot \xi_{(K+1)am}) \\ f_K &= m_{0K} (1 - k'_K); m_K = m'_{0K} + \frac{1}{2} \left(\frac{a_0}{\Delta h_0} \right)_K \\ n_K &= -\frac{1}{2} \left(\frac{a_0}{\Delta h_0} \right)_K; (m_0 = 0; m'_0 \cong 1; k' = 0) \end{aligned}$$

deduse din ecuația de reglaj:

$$\begin{aligned} \Delta \bar{a}_K &= \tilde{m}_{0K} \left[(1 - k') \bar{\xi}_{9am} + k' \bar{\xi}_{9av} \right]_K \\ \tilde{m}_{0K} &= m_{0K} \left(\mu + \frac{\lambda}{\tau s} \right)_K \end{aligned} \quad (3.33)$$

devin:

$$\begin{cases} E_{K1} \cdot c_{1(K)} + E_{K2} \cdot c_{2(K)} + n_K \cdot c_{1(K+1)} + n_K \cdot c_{2(K+1)} = 0 \\ \mu_K \frac{e^{\alpha_K}}{\alpha_{K1}} \cdot c_{1(K)} - \mu_K \frac{e^{\alpha_{K2}}}{\alpha_{K2}} \cdot c_{2(K)} + \frac{c_{1(K+1)}}{\alpha_{(K+1)1}} + \frac{c_{2(K+1)}}{\alpha_{(K+1)2}} = 0 \end{cases} \quad (3.34)$$

pentru $x_K = 1$ sau $x_{K+1} = 0$ și

$$E_{Ki} = r_K^2 \cdot W_{0K} \cdot \frac{\tau_K \cdot s}{\alpha_{K,i}} e^{\alpha_{K,i}} + m_K \cdot e^{\alpha_{K,i}} + f_K \quad (3.35)$$

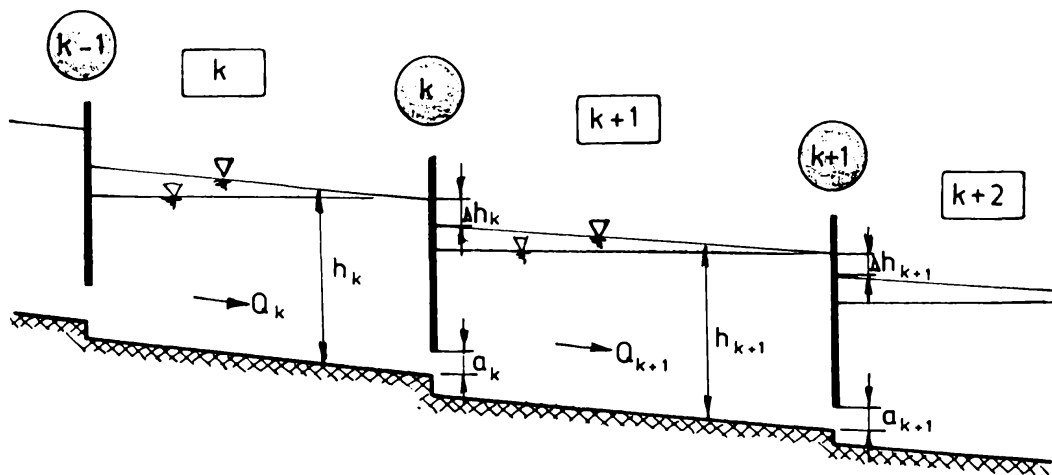


Fig.3.6.

Perturbația respectiv mărimea de intrare se introduce în bieful $K=1$ (cel mai din amonte) în

secțiunea $x_1=0$, deci:

$$\frac{c_{1,1}}{\alpha_{1,1}} + \frac{c_{1,2}}{\alpha_{1,2}} = -\frac{q_0}{r^2 W_1 \tau_1 s} \quad (3.36)$$

Criteriile de stabilitate în funcționare pentru un bief, în cazul reglajului amonte, sunt:

- (χ_0), la frecări nule ($u = 0$)

$$-(\chi_0) : |a| + |b| < 1 \quad (3.37)$$

unde:

$$a = \frac{2f}{W_0 r^2 + m_0 (1 + H)}$$

$$b = -\frac{W_0 r^2 - m_0 (1 - H)}{W_0 r^2 + m_0 (1 + H)} \quad (3.38)$$

care dacă este realizat (criteriu maximal), sistemul (bieful) automatizat este sigur stabil;

- (χ), la înaltă frecvență ($s \rightarrow \infty$)

$$(\chi) : |a| \cdot k_a + |b| \cdot k_b < 1 \quad (3.39)$$

unde:

$$k_a = \exp\left[-\frac{uH}{2}\left(1 - \frac{\chi \cdot A}{2W(1-H)} \frac{a_0}{h_0}\right)\right]$$

$$k_b = \exp\left[-\frac{uH}{2}\left(1 + \frac{\chi \cdot A \cdot H}{2Wr^2} \frac{a_0}{h_0}\right)\right] \quad (3.40)$$

care dacă este realizat (criteriu minimal), sistemul (bieful) este sigur instabil.

Obs: criteriile χ_0 și χ pot fi satisfăcute doar pentru valori k apropiate de unitate; în particular, pentru $k' = 1$ sistemul automat de reglaj bival este necondiționat stabil.

3.3.4. Metoda simulării numerice

Metoda simulării numerice permite studiul comportării sistemelor hidraulice, deci și a rețelilor de canale cu funcționare automatizată, prin rezolvarea numerică a ecuațiilor Saint-Venant și a relațiilor de reglaj în formă nelinearizată. Aceasta în vederea funcționării lor ca răspuns unor variații mari ale mărimii de intrare. Verificările sunt necesare pentru explicitarea unor parametri calitativi ai sistemului, cum ar fi suprareglajul maxim, durata fenomenului tranzitoriu, numărul de oscilații la o perturbație dată mărimii de intrare etc. [41], [44].

Cel mai important avantaj al metodei simulării numerice constă în faptul că rezultatele calculelor nu sunt afectate de erori ca în cazul metodelor de rezolvare numerică (erori generate de linearizarea ecuațiilor mișcării și a relațiilor de reglaj, erori de trunchiere și rotunjire care influențează rezultatele calculelor de determinare a liniei de indiferență - separare a domeniilor de stabilitate/instabilitate). Cu toate acestea, metoda nu este folosită în prezent decât pentru verificarea studiului stabilității sistemelor hidraulice automatizate deoarece necesită timp îndelungat și cheltuieli mari pentru punere în aplicare.

3.3.5. Metoda bilanțului

Este o metodă aproximativă de dimensionare a rețelilor de transport și distribuție cu funcționare automatizată (utilă fazelor STE), care cuprinde următoarele etape de calcul [8], [80]:

1) dimensionarea biefurilor la debitul mediu pentru regimul permanent și uniform, utilizând:

- ecuația lui Chezy $v_0 = c\sqrt{R_0 \cdot i}$

- ecuația de continuitate $Q_0 = S_0 \cdot c\sqrt{R_0 \cdot i}$ în care pentru secțiunea transversală de formă trapezoidală

$$S_0 = (\beta_0 + m)h_0^2; \quad \beta_0 = \frac{b}{h_0}; \quad R_0 = \frac{(\beta_0 + m)}{(\beta_0 + m')} h_0, \quad m'_0 = 2\sqrt{1 + m^2};$$

2) transpunerea graficelor de consum pentru fiecare bief, în secțiunea amonte a acestuia (cu duratele de transmitere corespunzătoare vitezelor de deplasare ale undelor inverse);

3) determinarea volumelor penelor de regularizare ale biefurilor, volume ulterior (etapei 4) calculabile pentru lungimea optimă;

4) determinarea debitelor de calcul maxime și minime aferente fiecărui bief (pentru extremitățile amonte și aval) conform relațiilor:

$$Q_{\max,K}^{(c)} = Q_{O,K} + dQ_{\max,K} \frac{x}{l} + \frac{Q_{O,K}}{Q_O^{(P)}} \cdot dQ_{\max}^{(P)} \frac{l-x}{l} \quad (3.41)$$

$$Q_{\min,K}^{(c)} = Q_{O,K} - dQ_{\min,K} \frac{x}{l} - \frac{Q_{O,K}}{Q_O^{(P)}} \cdot dQ_{\min}^{(P)} \frac{l-x}{l} \quad (3.42)$$

unde: $Q_{O,K}$ este debitul mediu (zilnic) al biefului K;

$Q_O^{(P)}$ este debitul mediu (zilnic) de alimentare (pompare);

l este lungimea aducțiunii;

x este distanța de alimentare la priză;

$$dQ_{\max,K} = Q_{\max,K} - Q_{O,K}$$

$$dQ_{\max,K}^{(P)} = Q_{\max}^{(P)} - Q_O^{(P)} \quad (3.43)$$

$$dQ_{\min,K} = Q_{O,K} - Q_{\min,K}$$

$$dQ_{\min,K}^{(P)} = Q_O^{(P)} - Q_{\min}^{(P)}$$

pentru cazul în care alimentarea se face la un debit constant în 24 de ore:

$$dQ_{\min}^{(P)} = dQ_{\max}^{(P)} = 0, \text{ rezultă}$$

$$Q_{\max,K}^{(c)} = Q_{O,K} + dQ_{\max,K} \frac{x}{l} \quad (3.44)$$

$$Q_{\min,K}^{(c)} = Q_{O,K} - dQ_{\min,K} \frac{x}{l};$$

cu aceste debite se pot calcula în continuare debitele medii (în secțiunea mediană a biefului)

maxime și minime pentru fiecare bief (K)

$$Q_{\max,med,K}^{(c)} = \frac{Q_{\max,K(am)}^{(c)} + Q_{\max,K(av)}^{(c)}}{2} \quad (3.45)$$

$$Q_{\min,med,K}^{(c)} = \frac{Q_{\min,K(am)}^{(c)} + Q_{\min,K(av)}^{(c)}}{2} \quad (3.46)$$

necesare calculului de dimensionare hidraulică a secțiunilor de curgere (adâncimi h_k) ale biefurilor, funcționând automatizat;

5. Calculul nivelurilor (cotelor) de calcul maxime ($Z_{\max,K}^{(c)}$) și minime ($Z_{\min,K}^{(c)}$) corespunzătoare extremităților amonte și aval al fiecărui bief, funcție de cotele aferente are radierului (profilul longitudinal), panta acestuia (i), adâncimile (h_k), elemente calculate în etapele anterioare funcție de debitele medii maxime și minime.

CAPITOLUL 4 STAVILA CU CORPURI PLUTITOARE, GENERALITĂȚI, ALCĂTUIRE, FUNCȚIUNI ÎNDEPLINITE, AMPLASARE PE REȚELELE DE CANALE ALE SISTEMELOR HIDROAMELIORATIVE

4.1. S.C.P. - generalități, alcătuire (elemente componente), funcțiuni îndeplinite

Stavila cu corpuri plutitoare (SCP) se încadrează în categoria reguletoarelor de nivel și debit cu acționare și funcționare hidraulică continuă [91], [98], [99]. Din punct de vedere funcțional poate fi alăturată regulatorului AMIL și limitat regulatorului AVIS. Deci, la fel ca și la acestea, plutorii (doi plutorii de formă cilindrică) sunt elementele de acționare și comandă. Funcție de poziția (locul de amplasare) plutitorilor față de secțiunea de control se obțin și similitudinile menționate anterior. Astfel, dacă plutorii sunt montați în bieful aval, față de secțiunea de control, SCP poate prelua funcțiunile regulatorului AVIS (SCP-av), dar limitat datorită prezenței în zona plutitorilor a saltului hidraulic. În cazul amplasării plutitorilor în bieful amonte, față de secțiunea de control, SCP poate prelua cu eficiență funcțiunile reguletoarelor RHN-1 și AMIL (SCP-am).

SCP-am/av controlează o secțiune transversală de formă trapezoidală care nu necesită nici o modificare din punct de vedere constructiv. Aceasta, datorită faptului că mărimile geometrice principale ale tablierului stavilei (b , m), mărimi ce determină tipodimensiunea SCP, sunt cele ale secțiunii transversale ale canalului în care se amplasează aceasta.

Elementele componente ale SCP-am/av, rolul fiecăruia dintre acestea în ansamblul general al stavilei (vezi fig.4.1.), sunt:

(1) **tablierul** ("masca") stavilei, care marchează secțiunea de control și determină aria acesteia, secțiune prin care se tranzitează debitul spre bieful aval (Q_{tr-SCP}); mărimile geometrice determinante ale tablierului sunt $b = b_{canal}$, $m = m_{canal}$, H și B_1 , mărimi care determină tipodimensiunea SCP;

(2) **plutorii**, de formă cilindrică (de lungime L și diametru D), solidarizați de tablier (prin dispozitivele(5)) și care îndeplinesc rolul de elemente de acționare și comandă ale SCP; plutorii sunt împărțiți în cinci compartimente de lestarsă ((8), de lungime l_{cs}) pentru reglajul final (suplimentar) al pescajului și/sau al orizontalizării plutirii acestora;

(3) **contragreutățile** (de grosime δ_2 și diametru D), solidarizate de cei doi plutorii în capătul opus tablierului, contrabalansând astfel greutatea acestuia; îndeplinesc deci rolul de realizare a orizontalizării plutirii stavilei după axa longitudinală de plutire;

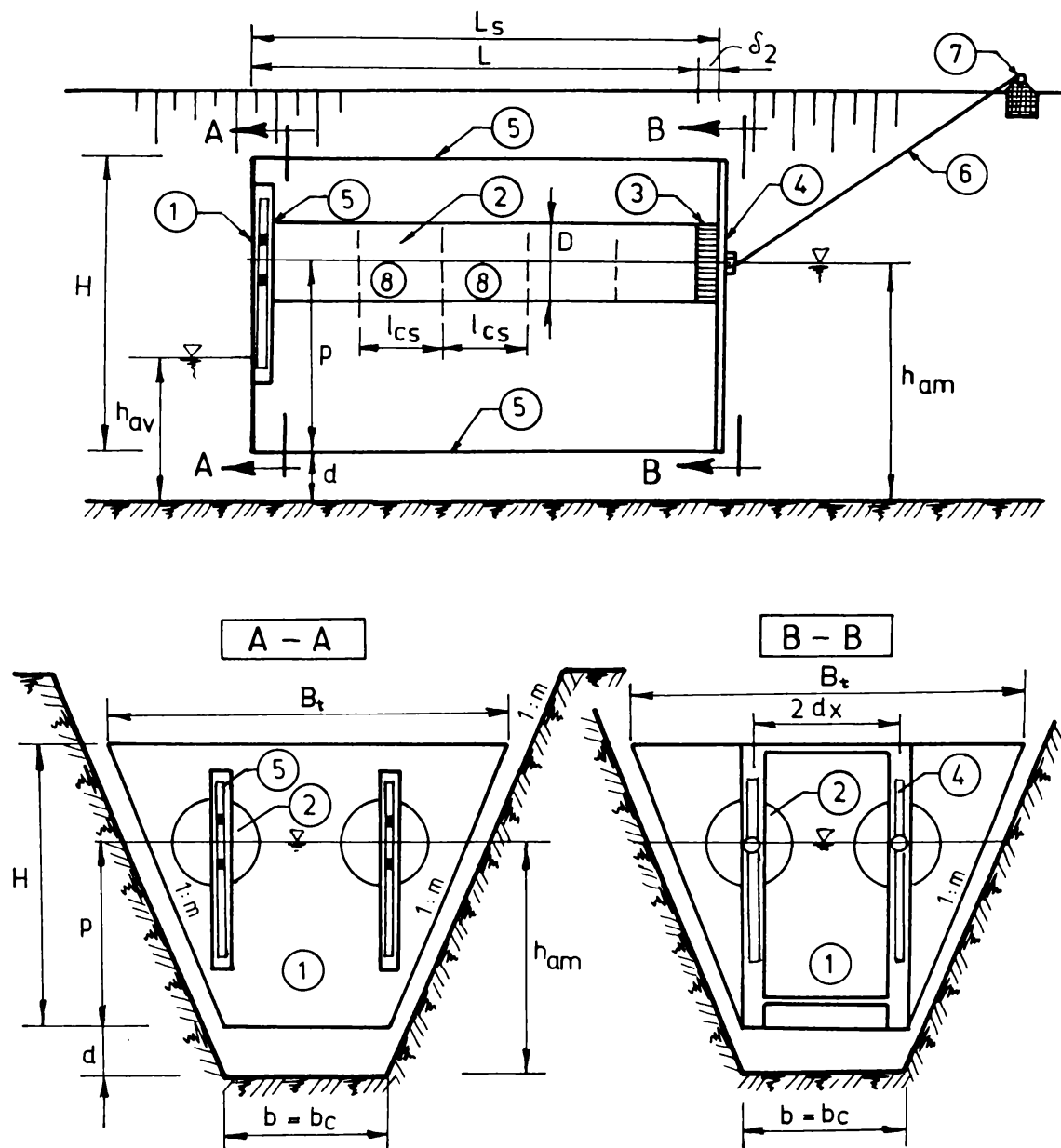


Fig. 4.1.

(4) **cadrul de fixare** al plutitorilor și contragreutăților în structura de ansamblu a SCP și **de așezare** a stavilei pe radierul canalului în cazul golirii acestuia (la sfârșitul sezonului de irigație, spre exemplu).

(5) **dispozitivul de solidarizare** al plutitorilor cu tablierul stavilei; acest dispozitiv a fost astfel conceput încât să permită culisarea plutitorilor față de tablier, în plan vertical; se poate astfel modifica valoarea "pragului" (adâncimea de scufundare a tablierului - p), după necesități;

(6), (7) **cablurile de ancoraj** și respectiv **bornele de fixare** a cablurilor, cu rolul de fixare în poziția de lucru (secțiunea de control) a SCP.

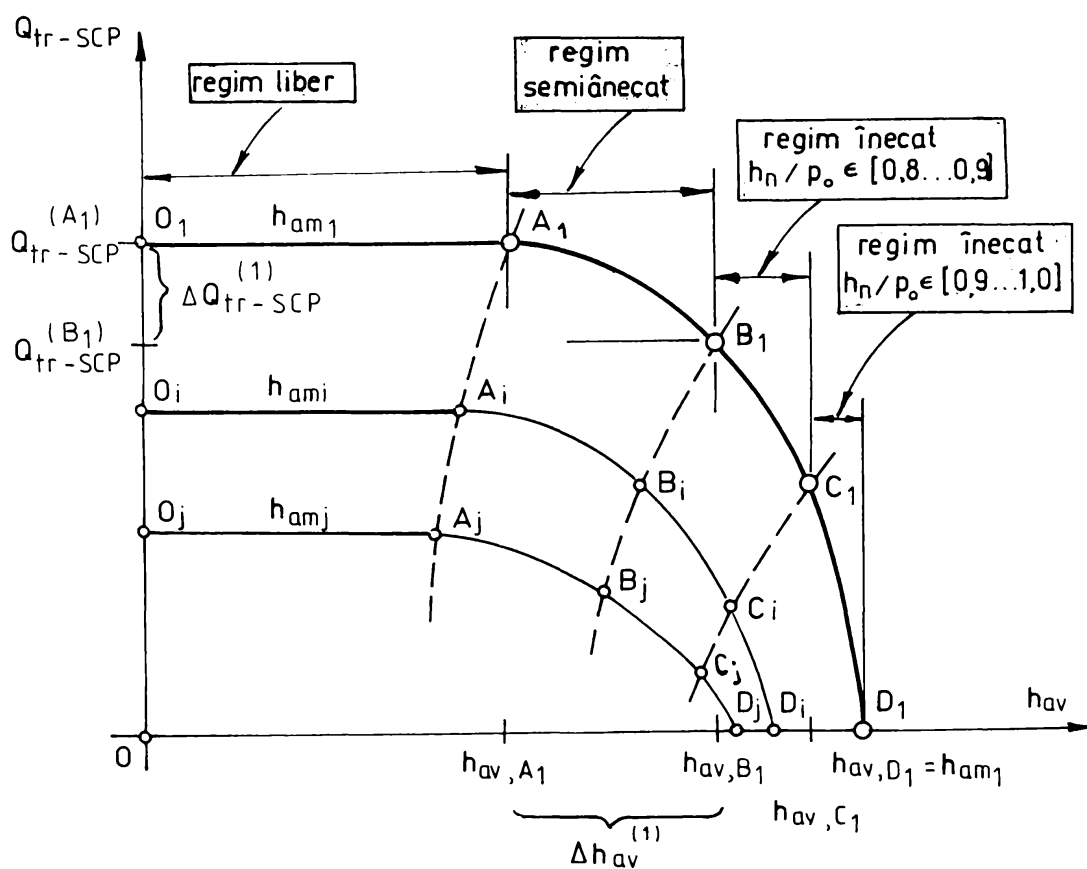


Fig. 4.2 .

Având în vedere performanțele și eficiența sporită în funcționare a SCP-am (față de SCP-av), se impune evidențierea în continuare a particularităților și avantajelor acesteia față de alte tipuri de reglatoare, dar mai ales față de reglatoarele AMIL și RHN-1, ale căror funcțiuni le poate înlocui cu foarte bune rezultate. Astfel SCP-am:

- controlează o secțiune de formă trapezoidală care nu necesită modificări de ordin constructiv, față de secțiunea curentă a canalului, cum necesită regulatoarele RHN-1, AMIL și AVIS;

- permite modificarea valorii "pragului" (p) prin culisarea poziției plutitorilor față de tablier (operațiune ușor de realizat); se pot astfel modifica, în cadrul aceleiași secțiuni de control, debitul tranzitat de SCP (Q_{tr-SCP}) și adâncimea apei în bieful amonte (h_{am}) după necesități (care pot să difere de la un sezon la altul);

- număr foarte redus de angrenaje active, deci inerție mult mai mică în funcționare comparativ cu alte tipuri de regulatoare;

- mobilitate, independență față de secțiunea de control, în sensul că SCP poate fi deplasată cu ușurință prin plutire într-o altă secțiune de lucru, funcție de necesități, lucru imposibil la alte tipuri de regulatoare;

- simplitate constructivă, în exploatare și întreținere, calități care conduc întotdeauna la eficiență economică.

4.2. Rolul funcțional și amplasarea SCP pe rețelele de canale ale sistemelor hidroameliorative

Rolul funcțional, funcțiunile îndeplinite de SCP-am pot fi determinate din analiza curbelor caracteristice, de tipul $Q_{tr-SCP,i} = f(h_{am,i}, h_{av,k})$, $h_{am,i} = \text{const}(i = 1, 2, \dots, j)$, $h_{av,k} \in (0; h_{am,i}]$, curbe ridicate pe cale experimentală sau teoretică.

Unei asemenea curbe ($h_{am,i} = \text{const}$), în conformitate cu regimurile hidraulice posibile din bieful aval, îi sunt caracteristice următoarele zone distincte (vezi și capitolele 5 și 7):

- **Zona $[O_1, A_1]$** , zonă de funcționare stabilă a stavilei căci debitul tranzitat prin secțiunea de control (Q_{tr-SCP}) și adâncimea apei în bieful amonte ($h_{am,i}$) sunt menținute la valori constante; din punct de vedere hidraulic bieful aval funcționează cu salt hidraulic îndepărtat sau imediat $h_{av,A1}^{(c)} \geq h_{av}$, unde $h_{av,A1}^{(c)}$ este adâncimea conjugată adâncimii contractate - $h_c = \psi' \cdot d$ -, iar h_{av} adâncimea apei în bieful aval al secțiunii de control;

- **Zona $(A_1, B_1]$** , zona de așa-numită autoreglare a funcționării SCP, zonă în care adâncimea apei în bieful amonte ($h_{am,i}$) se menține constantă, dar debitul tranzitat de stavilă (Q_{tr-SCP}) se modifică la variații relativ mici ale adâncimii apei în bieful aval (Q_{tr-SCP} scade la creșteri ale h_{av} - (scăderi ale consumului în acest bief)-, sau Q_{tr-SCP} crește $-(\Delta Q_{tr})$ - la scăderi ale h_{av} - (creșterea consumului)-); din punct de vedere hidraulic stavila funcționează în regim semiînecat (Zona I,

de fund, înecatã cãci $h_{av,(A1B1)}^{(c)} < h_{av}$ iar Zona II a profilelor deversante laterale, liberã cãci $h_n/p_0 < 0,8$); este de fapt zona de dimensionare sau alegere a tipodimensiunii SCP;

- **Zona (B₁C₁]**, zonã de reducere sensibilã a tuturor parametrilor hidraulici ai stavilei (influențã mai accentuatã a adâncimii apei în bieful aval), deoarece regimul hidraulic al biefului aval este complet înecat (atât Zona I cât și Zona II cãci $h_n/p_0 \in [0,8... 0,9]$); în consecințã funcționarea stavilei în aceastã zonã trebuie pe cât posibil evitatã;

- **Zona (C₁D₁]**, zonã în care rolul funcțional al stavilei înceteazã datoritã efectului înecãrii complete a biefului aval (în Zona II înecarea relativã $h_n/p_0 \in (0,9... 1,0]$); parametrii hidraulici ai stavilei scad rapid la creșteri mici ale adâncimii apei din bieful aval;

În consecințã, SCP poate fi amplasatã pe rețelele de canale ale sistemelor de irigații sau drenaje pentru a îndeplini urmãtoarele funcțiuni:

- dispozitiv de **urmãrire și control a debitelor** prelevate de cãtre consumatorii din avalul unei secțiuni de control sau al unui bief (prin "exploatarea" zonei OA);

- **regulator de nivel** pentru menținerea constantã a nivelului apei din bieful amonte (prin "exploatarea" zonelor OA și AB);

- **regulator de nivele și debite** în secțiuni de control ale rețelelor de canale cu funcționare automatizatã (prin "exploatarea" zonelor OA, dar mai ales AB);

- **dispozitiv de închidere** (incomplet, în sensul nerealizãrii unei etanșãri complete) a secțiunii controlate, pentru refacerea volumului de regularizare al biefului amonte al unui canal, sau a unei acumulãri pentru atenuarea unei viiturã a unui râu.

Având în vedere funcțiunile menționate, SCP-am sau SCP-av, pot fi amplasate:

SCP-am

1) în cadrul sistemelor de irigații

- pe canale de aducțiune în vederea asigurãrii nivelului de alimentare al canalelor de distribuție cãtre SPP;

- în nodurile de distribuție ale rețelei (atât pe aducțiune cât și pe distribuție) pentru asigurarea concomitentã a nivelului și debitului de tranzit;

- pe canalele sectorizate cu funcționare automatizatã în vederea asigurãrii sarcinii hidraulice a conductelor de alimentare a brazdelor (concomitent ale udãrilor inițialã și de regim);

- pe canale de aducțiune, pentru realizarea biefurilor cu funcționare automatizatã;

2) în cadrul sistemelor de drenaj

- pe canalele de ordinul IV (desecare-drenaj) în vederea reținerii apelor provenite din drenaj la cote de retenție necesare refolosirii lor pentru subirigație sau irigație în perioadele secetoase ale anului;

SCP-av

1) pe canalele de distribuție către SPP pentru protecția acestora la avarii (închiderea secțiunii de priză a canalului);

SCP-am/av

1) în corpul digurilor de apărare și regularizare a scurgerii cursurilor de apă (pentru închiderea/deschiderea accesului către/în acumulare, în vederea atenuării undelor de viitură.

Funcțiunile îndeplinite, lărga aplicabilitate practică în cadrul sistemelor hidroameliorative și avantajele particulare menționate, conduc la concluzia că SCP se poate utiliza sau poate înlocui cu succes alte dispozitive sau reglatoare de nivel/debit, cu acționare hidraulică și funcțiuni similare. Aceasta pentru că cel mai adesea SCP necesită cheltuieli de realizare, exploatare și întreținere mai mici, este mai robustă, mai simplă din punct de vedere constructiv, mai ușor de exploatat și întreținut și este independentă față de secțiunea pe care o controlează.

CAPITOLUL 5 STUDII TEORETICE ASUPRA HIDRAULICII STAVILELOR CU CORPURI PLUTITOARE

Întrucât SCP poate îndeplini funcțiuni atât în regim hidrostatic cât și în cel hidrodinamic, rezultă ca necesar studiul comportării acesteia în ambele tipuri de regimuri. Mai mult, studiul SCP în ambele tipuri de regimuri este necesar pentru că în regimul hidrostatic se dimensionează și se verifică parametrii constructivi ai SCP, ale căror valori influențează esențial funcționarea optimă a stavilei în regimul hidrodinamic. În acest context și cu cel al obiectivelor tezei (paragraful 1.3), studiile teoretice efectuate în cadrul acestui capitol se referă la:

1) comportarea SCP în **regim hidrostatic** pentru:

- determinarea relației explicite de plutire, necesară calculului diametrilor plutitorilor, și a relației de verificare a stabilității plutirii;
- modul de stabilire al tipodimensiunilor SCP și etapele de dimensionare ale acesteia;

2) comportarea SCP în **regim hidrodinamic**, pentru:

- definirea modelului fizic și analitic al curgerii apei în secțiunea de control și în spațiul adiacent acesteia din bieful aval; ipoteze necesare și forme caracteristice ale curgerii apei în bieful aval, stabilirea criteriului de departajare al regimurilor de curgere în acesta;
- stabilirea relației debitului tranzitat de SCP și a relațiilor coeficienților (nedeterminați) caracteristici acesteia ($\sigma_c, \psi, \varphi, \mu, \tau_A$), funcție de regimurile de curgere din bieful aval;
 - stabilirea relațiilor pierderilor de sarcină produse în lungul SCP, pe spații caracteristice de curgere;
 - stabilirea relației de calcul a forței de tracțiune produsă în cablurile de ancoraj.

5.1. Considerații asupra comportării SCP, în regim hidrostatic

Deoarece SCP este un regulator hidrostatic ale cărui dispozitive de acționare și comandă sunt plutitorii, se impune efectuarea unui studiu teoretic atent asupra travaliului acestora în structura generală a stavilei. Ca atare sunt necesare, în primul rând, determinarea relațiilor specifice de plutire și plutire stabilă, a condițiilor care rezultă din acestea, și care în forma lor generală se prezintă astfel:

1) condiția de plutire

$$G = P \quad (5.1)$$

2) condiția de plutire stabilă

$$h_M \geq 0 \Leftrightarrow \frac{I}{Vol_c} - e_{CG} \geq 0 \quad (5.2)$$

unde: G - greutatea totală a SCP, cu structură de rezistență (tablîer -t-, plutitori -pl-, contragreutăți -cg-, cadru de rigidizare -cr-, structură de rezistență -sr-) sau fără, după necesități (mărimea tipodimensiunii)

$$G = G_t + 2(G_{pl} + G_{cg}) + G_{cr} + G_{sr} \quad (5.3)$$

$$\text{respectiv } G = G_t + 2(G_{pl} + G_{cg}) + G_{cr} \quad (5.3')$$

P - forța arhimedică (portanța)

$$P = \rho_a \cdot g \cdot Vol_c \quad (5.4)$$

Vol_c - volumul de carenă

$$Vol_c = Vol_{pl} + [2(Vol_t + Vol_{cg}) + Vol_{cr} + Vol_{sr}] \quad (5.5)$$

$$\text{respectiv } Vol_c = Vol_{pl} + [2(Vol_t + Vol_{cg}) + Vol_{cr}] \quad (5.5')$$

I - momentul geometric de inerție al suprafeței de plutire în raport cu axa instantanee de plutire;

e_{CG} - excentricitatea (distanța dintre centrul de greutate și cel de carenă);

h_M - distanța metacentrică.

Condiția de plutire (5.1) particularizată pentru SCP, cu termenul greutății (G), calculat în două variante constructive:

Var I: cu structură de rezistență (propusă ca formă fără un studiu aprofundat, vezi fig 4.1 și foto 4.1, 4.2).

Var II: fără structură de rezistență (pentru tipodimensiuni mici ale SCP)

$$G = G_t + 2(G_{pl} + G_{cg}) + G_{cr} + G_{sr} \quad \text{respectiv} \quad (5.6)$$

$$G = G_t + 2(G_{pl} + G_{cg}) + G_{cr} \quad (5.6')$$

unde: G_t - greutatea tablîerului ("masca")

(Var I) cu rigidizarea acestuia pe contur, utilizându-se un profil (cornier spre exemplu) a cărei arie a secțiunii transversale este notată cu A_{SR} (profil identic cu cel al structurii de rezistență); lungimea acestui contur este:

$$l_c = 2(b + mH + H\sqrt{1 + m^2}) = 2(\beta_H + c_m)H \quad (5.7)$$

$$\beta_H = \frac{b}{H}; \quad c_m = m + \sqrt{1 + m^2}$$

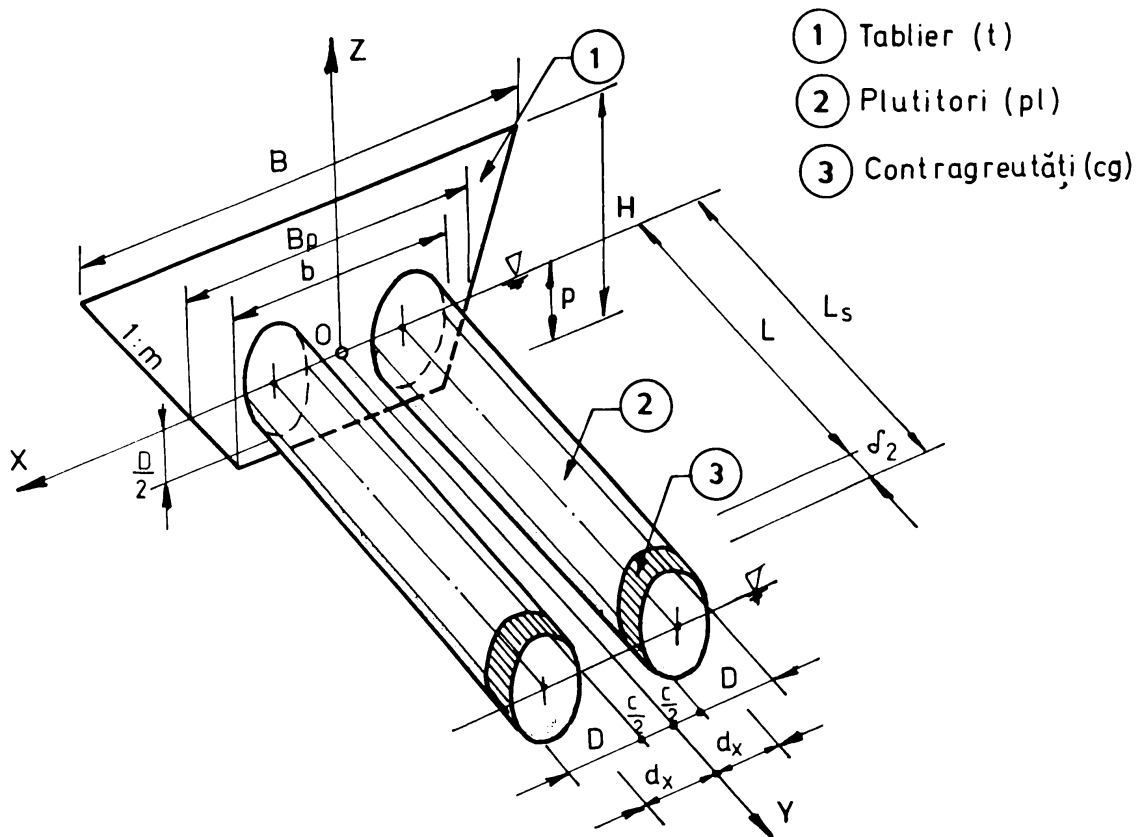


Fig. 5.1.

$$(I) \quad G_t = \rho_1 g \left[\delta_1 (\beta_H + m) H^2 + 2(\beta_H + c_m) H \cdot A_{SR} \right] \quad (5.8)$$

$$G_t = \rho_1 g \cdot \delta_1 (\beta_H + c_m) H^2 \quad (5.8')$$

- **greutatea plutitorilor** (incluzând și cei patru pereți separatori ai camerelor de lestage)

$$G_t = \rho_1 g \cdot \delta_1 [\pi D(L + D)] \quad (5.9)$$

ρ_1, δ_1 - masa specifică și respectiv grosimea materialului de execuție al SCP (tablă OL 37)
 m, b, H, L, D - mărimi geometrice caracteristice SCP (vezi fig.5.1)

- **greutatea contragreutăților**

$$G_{CG} = \rho_1 g \cdot \frac{\pi D^2}{4} \delta_2 \quad (5.10)$$

δ_2 - grosimea contragreutăților

D - diametrul acestora, adoptat egal cu cel al plutitorilor

- **greutatea cadrului de rigidizare** al plutitorilor și de așezare a SCP pe radierul canalului

$$G_{cr} = \rho_1 g \cdot (\beta_H + 1) H \cdot A_{SR} \quad (5.11)$$

Obs: 1) A_{SR} - aria secțiunii transversale a materialului utilizat pentru acest cadru este identic cu cel al structurii de rezistență

2) grosimea contragreutăților (δ_2) se determină din condiția de orizontalizare a plutirii SCP după axa longitudinală (OY); altfel spus, contragreutățile îndeplinesc rolul contrabalansării greutății tablierului, în lungul axei anterior menționate, adică

$$G_t = G_{cg} + G_{cr}$$

de unde rezultă

$$(I) \quad \delta_2 = \frac{2}{\pi} \left\{ \delta_1 (\beta_H + m) - 2 [(\beta_H + 1) + (1 - c_m)] \left(\frac{A_{SR}}{H} \right) \right\} \left(\frac{H}{D} \right)^2 \quad (5.12)$$

$$(II) \quad \delta_2 = \frac{2}{\pi} \left[\delta_1 (\beta_H + m) - 2 (\beta_H + 1) \left(\frac{A_{SR}}{H} \right) \right] \left(\frac{H}{D} \right)^2 \quad (5.12')$$

- **greutatea structurii de rezistență**, opțională funcție de mărimea tipodimensiunii SCP

$$G_{SR} = \rho_1 g \cdot A_{SR} \cdot L_{SR} \quad (5.13)$$

$$L_{SR} = 2L_S + \sqrt{(B_{(t)} - b)^2 + (2L_S)^2}; L_S = L + \delta_2 \quad (5.13')$$

Prin înlocuirea relațiilor (5.7)...(5.13) în relațiile (5.6) și respectiv (5.6') se obține:

$$(I) \quad G = \rho_1 g (A'_G \cdot D^2 + B'_G \cdot D + C'_{GI}) \quad (5.14)$$

$$\text{unde: } A'_G = 2 \delta_1 \pi; \quad B'_G = 2 \delta_1 \pi \cdot L$$

$$C'_{GI} = 2 \delta_1 (\beta_H + m) H^2 + 2 (\beta_H + 2 c_m - 1) H \cdot A_{SR} + L_{SR} \cdot A_{SR}$$

$$(II) \quad G = \rho_1 g (A'_G \cdot D^2 + B'_G \cdot D + C'_{GII}) \quad (5.14')$$

$$\text{unde: } A'_G = 2 \delta_1 \pi; \quad B'_G = 2 \delta_1 \pi \cdot L; \quad C'_{GII} = 2 \delta_1 (\beta_H + m) H^2$$

Termenul portanței (forței arhimedice) din condiția de plutire este calculat de asemenea în două variante:

a) luând în considerare volumul carenei, ca sumă a volumelor de apă dislocuite de toate componentele stavilei (tablier, plutitori, contragreutăți, cadru de rigidizare, structură de rezistență -I, sau fără structura de rezistență - II);

b) luând în considerare doar volumul carenei dat de plutitori;

adică:

$$(a I) \quad Vol_{C_{tot}} = 2 Vol_{C_{pl}} + 2 Vol_{C_g} + Vol_{C_t} + Vol_{C_{cr}} + Vol_{C_{SR}} \quad (5.15)$$

$$(a II) \quad Vol_{C_{tot}} = 2 Vol_{C_{pl}} + 2 Vol_{C_g} + Vol_{C_t} + Vol_{C_{cr}} \quad (5.15')$$

$$(b I, II) \quad Vol_C = 2 Vol_{C_{pl}} \quad (5.15'')$$

Obs: pentru toate variantele rezultate se impune prin calcul, în relația [30], [98]:

$$Vol_{C_{pl}} = \rho_a \cdot g \cdot S_{C_{pl}} \cdot H_p$$

obținerea unui pescaj $H_p = D/2$

unde: $S_{C_{pl}}$ - aria suprafeței transversale a carenei plutitorului, cu pescajul H_p

Relațiile explicate ale volumelor de carenă componente ale volumului total ($Vol_{C_{tot}}$),

sunt:

- volumul **carenei unui plutitor**

$$Vol_{C_{pl}} = \frac{1}{2} \left(\frac{\pi D^2}{4} \cdot L \right)$$

$$(a I, II; b I, II) \quad Vol_{C_{pl}} = \frac{\pi L}{8} \cdot D^2 \quad (5.16)$$

relație valabilă pentru toate subcazurile studiate (a I, a II, b I, b II);

- volumul **carenei unei contragreutăți**

$$Vol_{C_{pl}} = \frac{1}{2} \left(\frac{\pi D^2}{4} \cdot \delta_2 \right)$$

unde funcție de caz urile I sau II, grosimea δ_2 are respectiv expresiile (5.12) și (5.12') și în consecință

$$(a I): \quad Vol_{C_{cg}} = \frac{L}{4} \left\{ \delta_1 (\beta_H + m) - 2 [(\beta_H + 1) + (1 - c_m)] \left(\frac{A_{SR}}{H} \right) \right\} H^2 \quad (5.17)$$

$$(a II): \quad Vol_{C_{cg}} = \frac{L}{4} \left\{ \delta_1 (\beta_H + m) - 2 (\beta_H + 1) \left(\frac{A_{SR}}{H} \right) \right\} H^2 \quad (5.17')$$

- volumul **carenei tablierului**

$$(a I): \quad Vol_{C_t} = \left\{ \delta_1 (\beta_p + m) + 2 (\beta_p + c_m) \left(\frac{A_{SR}}{p} \right) \right\} p^2 \quad (5.18)$$

$$(a II): \quad Vol_{C_t} = \delta_1 (\beta_p + m) p^2 \quad (5.18')$$

$$\text{unde } \beta_p = \frac{b}{p}$$

- volumul **carenei cadrului de rigidizare**

$$(a I, II; b I, II): \quad Vol_{C_r} = (\beta_p + 2) p \cdot A_{SR} \quad (5.19)$$

- volumul **carenei structurii de rezistență**

$$(a I, b I) \quad Vol_{C_{SR}} = 2 L_S \cdot A_{SR} \quad (5.20)$$

Prin înlocuirea relațiilor (5.16)...(5.20), după caz, în relațiile (5.15), (5.15') și (5.15'') se obține

respectiv:

$$(a I): \quad Vol_{ctot} = A'_p \cdot D^2 + C'_{pl} \quad (5.21)$$

$$\text{unde: } A'_p = \frac{\pi L}{4}$$

$$C'_{pl} = \frac{L}{2} \left\{ \delta_1 (\beta_H + m) - 2 [(\beta_H + 1) + (1 - c_m)] \left(\frac{A_{SR}}{H} \right) \right\} H^2 + \left[\delta_1 (\beta_p + m) + 2 (\beta_p + c_m) \left(\frac{A_{SR}}{p} \right) \right] p^2 + (\beta_p + 2) p \cdot A_{SR} + 2 L_S \cdot A_{SR} \quad (5.21')$$

$$\text{și} \quad P = \rho_a g (A'_p D^2 + C'_{pl}) \quad (5.22)$$

$$(a II) \quad Vol_{ctot} = A'_p D^2 + C'_{plI} \quad (5.23)$$

unde:

$$C'_{PII} = \frac{L}{2} \left[\delta_1 (\beta_H + m) - 2(\beta_H + 1) \left(\frac{A_{SR}}{p} \right) \right] H^2 + \delta_1 (\beta_P + m) p^2 + (\beta_P + 2) p \cdot A_{SR} \quad (5.23')$$

și

$$P = \rho_a g (A'_P D^2 + C'_{PII}) \quad (5.24)$$

$$(b I, II): \text{Vol}_{ctot} = A'_P \cdot D^2 \quad (5.25)$$

$$\text{și} \quad P = \rho_a g (A'_P \cdot D^2) \quad (5.26)$$

Condiția de plutire (5.1), prin înlocuirea relațiilor (5.14) sau (5.14') și (5.22), (5.24) sau (5.26), funcție de varianta constructivă (I sau II) și a volumului de carenă (a I, a II, b I, b II), scrisă într-o formă generală, devine:

$$\left(A'_P - \frac{\rho_1}{\rho_a} A'_G \right) D^2 - B'_G D - \left(\frac{\rho_1}{\rho_a} C'_{GI,II} - C'_{PI,II} \right) = 0 \quad (5.27)$$

$$\text{sau} \quad A'D^2 - B'D - C' = 0 \quad (5.28)$$

$$\text{unde: } A' = A'_P - \frac{\rho_1}{\rho_a} A'_G; \quad A' = \frac{\pi}{4} \left(L - 8 \frac{\rho_1}{\rho_a} \delta_1 \right) \quad (5.29)$$

$$B' = B'_G; \quad B' = 2\pi \frac{\rho_1}{\rho_a} \delta_1 L \quad (5.30)$$

pentru toate variantele studiate (a I, a II, b I, b II), și

$$(a I): \quad C' = \frac{\rho_1}{\rho_a} C'_{GI} - C'_{PI}$$

$$C' = \frac{\rho_1}{\rho_a} \left[2\delta_1 (\beta_H + m) H^2 + 2(\beta_H + 2c_m - 1) H \cdot A_{SR} + \frac{\rho_1}{\rho_a} L (\beta_H - c_m + 2) H \cdot A_{SR} + L_{SR} A_{SR} \right] - \left[0,5\delta_1 L (\beta_H + m) H^2 + \delta_1 (\beta_P + m) p^2 + (3\beta_P + 2c_m + 2) p \cdot A_{SR} + 2L_S A_{SR} \right] \quad (5.31)$$

$$(a II): \quad C' = C'_{GII} - C'_{PII}$$

$$C' = \left[\frac{\rho_1}{\rho_a} \delta_1 \left(2 - 0,5 \frac{\rho_1}{\rho_a} L \right) (\beta_H + m) H^2 + L (\beta_H + 1) H \cdot A_{SR} \right] - \left[\delta_1 (\beta_P + m) p^2 + (\beta_P + 2) p \cdot A_{SR} \right] \quad (5.32)$$

$$(b I): \quad C' = \frac{\rho_1}{\rho_a} C'_{GI}$$

$$C' = \frac{\rho_1}{\rho_a} \left[2\delta_1 (\beta_H + m) H^2 + 2(\beta_H + 2c_m - 1) H \cdot A_{SR} + L_{SR} A_{SR} \right] \quad (5.33)$$

$$(b II) \quad C' = C'_{GII}$$

$$C' = 2\delta_1 (\beta_H + m) H^2 \quad (5.34)$$

Soluțiile ecuației (5.28) reprezintă valorile posibile ale diametrilor plutitorilor care îndeplinesc condiția de plutire a SCP, soluții de forma:

$$D_{1,2} = \frac{-B' \pm \sqrt{\Delta_D}}{2A'} \quad (5.35)$$

unde:

$$\Delta_D = B'^2 + 4A'C', \text{ relație corespunzătoare ecuației (5.28)}$$

Condițiile de domeniu ($D_{1,2} \in \mathbb{R}$) sunt îndeplinite, dacă

$$\Delta_D \geq 0 \Leftrightarrow B'^2 + 4A'C' \geq 0 \quad (5.36)$$

Cum $A', B' \in \mathfrak{R}_+$ (în conformitate cu relațiile ce definesc acești "coeficienți"-5.29 și 5.30, pentru valori rezonabile ale grosimii δ), discuția condiției de existență a soluțiilor ecuației (5.28) se impune a se efectua doar funcție de valorile "coeficientului" C' . Astfel, dacă:

$C' \in \mathfrak{R}_+$, caz posibil variantelor a I, a II, b I și b II

$$\Delta_D \geq 0 \Leftrightarrow B'^2 + 4A'C' \geq 0$$

este îndeplinită pentru orice valori cu sens tehnic ($\in \mathfrak{R}_+$) ale parametrilor de care depind "coeficienții" A', B', C' ;

$C' \in \mathbb{R}$, caz posibil doar variantelor a I și a II

$$\Delta_D \geq 0 \Leftrightarrow B'^2 - 4A'C' \geq 0$$

este îndeplinită doar dacă $\frac{B'^2}{4A'C'} \geq C'$, unde pentru "coeficientul" C' , funcție de variantă (a I sau a II), se utilizează relațiile (5.31) respectiv (5.32)

Condiția de plutire stabilă (5.2), particularizată pentru SCP

$$h_M \geq 0 \Leftrightarrow \frac{I_{OY}}{Vol_{Ctot}} - e_{CG} \geq 0 \quad (5.2')$$

necesită explicitarea în prealabil a relațiilor:

- momentului geometric de inerție (I_{OY}) al suprafeței de plutire a SCP, în raport cu axa instantanee de înclinație (OY);

- excentricității (e_{CG})

Momentul geometric de inerție al suprafeței de plutire (I_{OY}) cuprinde momentele geometrice de inerție ale tablierului (I_{OYt}), contragreutăților (I_{OYcg}) și plutitorilor (I_{OYpl}), neglijându-se doar cel al cadrului de rigidizare al contragreutăților și plutitorilor (valoric nesemnificativ, și care ar complica nejustificat relația momentului total (I_{OY}))

$$I_{OY} = I_{OYt} + 2I_{OYcg} + 2I_{OYpl} \quad (5.37)$$

Aceste momente, în conformitate cu relația de definiție și a teoremei lui Steiner, au expresiile:

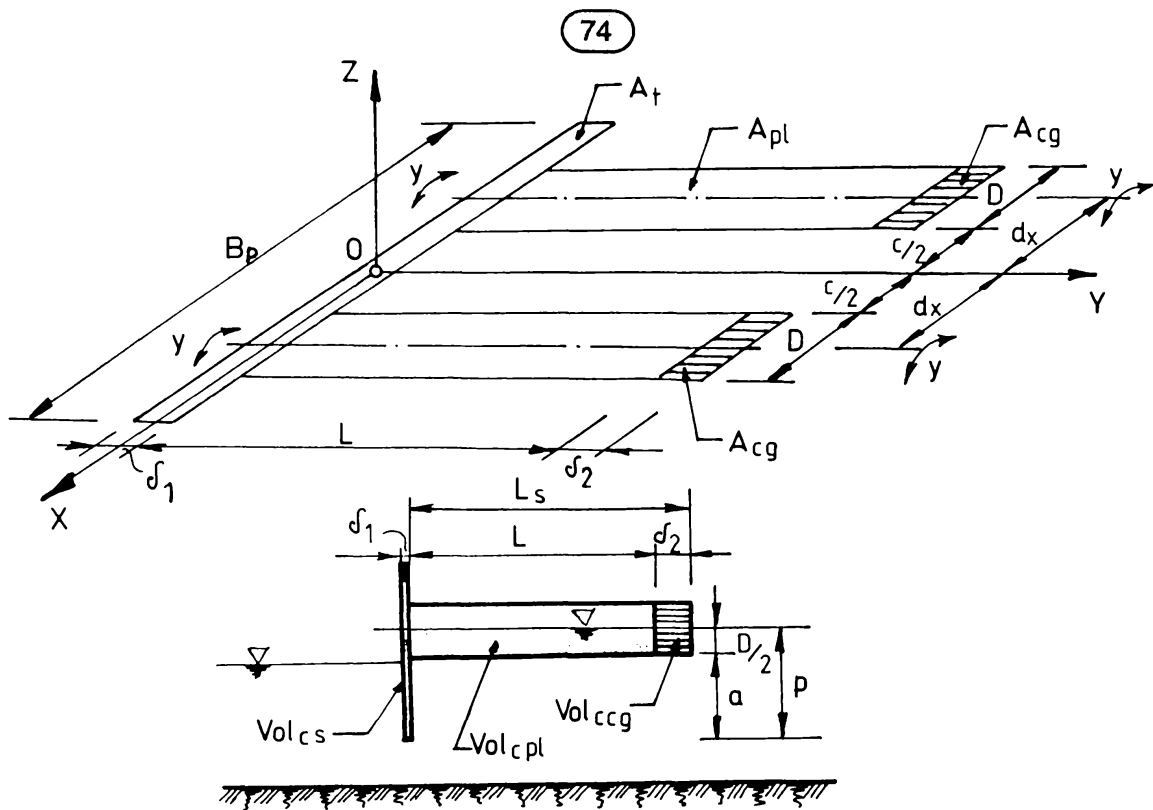


Fig. 5.2 .

- pentru tablier

$$I_{OYt} = \frac{\delta_1 \cdot B_p^3}{12} \Leftrightarrow I_{OYt} = \frac{\delta_1}{12} (\beta_p + m)^3 \cdot p^3 \quad (5.38)$$

- pentru contragreutăți

$$I_{OYcg} = I_{yycg} + A_{cg} d_x^2 \quad (5.39)$$

$$\Leftrightarrow I_{OYcg} = \frac{\delta_2 \cdot D}{12} [D^2 + 3(c + D)^2] \quad (5.40)$$

- pentru plutitori

$$I_{OYpl} = I_{yypl} + A_{pl} d_x^2 \quad (5.41)$$

$$\Leftrightarrow I_{OYpl} = \frac{L \cdot D}{12} [D^2 + 3(c + D)^2] \quad (5.42)$$

Înlocuind relațiile (5.38), (5.40) și (5.42) în relația (5.37) și grupând convenabil termenii se obține

$$I_{OY} = \frac{1}{12} \left\{ 2L_s [D^2 + 3(c + D)^2] D + \delta_1 (\beta_p + m)^3 \cdot p^3 \right\} \quad (5.43)$$

Excentricitatea (e_{CG} , distanța după direcția axei de plutire OZ dintre centrul de greutate G și centrul de carenă al plutitorilor), necesită determinarea în prealabil a coordonatelor centrelor $G(x_G, y_G, z_G)$, $C(x_C, y_C, z_C)$ care provin din compunerea centrelor componente $G_1(x_{G1}, y_{G1}, z_{G1})$, $G_2(x_{G2}, y_{G2}, z_{G2})$ și respectiv $C_1(x_{C1}, y_{C1}, z_{C1})$, $C_2(x_{C2}, y_{C2}, z_{C2})$.

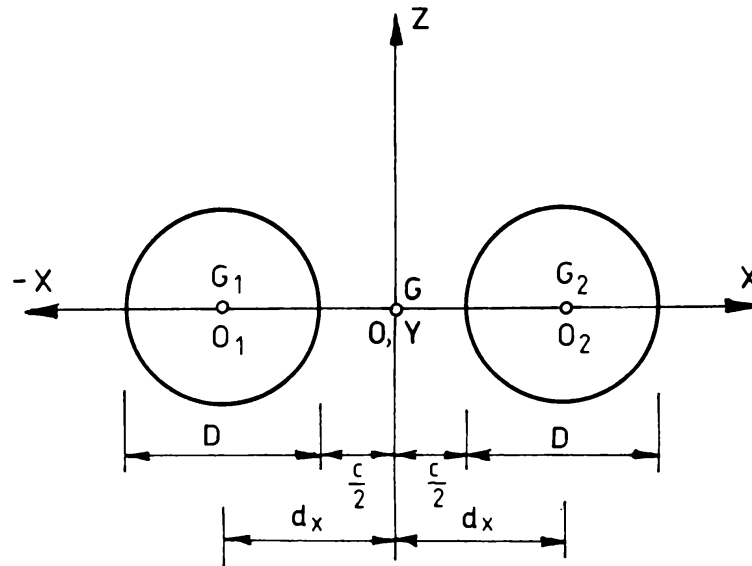


Fig. 5.3.

Obs: planul XOZ se consideră situat în planul tablierului, iar planul XOY în planul secțiunii de plutire.

Astfel, centrele de greutate ale celor doi plutitori G_1 și G_2 , în conformitate cu sistemul de axe rectangulare ales, au următoarele coordonate:

$$(G_1) \begin{cases} x_{G1} = -\frac{1}{2}(c + D) = -d_x \\ y_{G1} = \frac{L}{2} \\ z_{G1} = 0 \end{cases} ; (G_2) \begin{cases} x_{G2} = \frac{1}{2}(c + D) = d_x \\ y_{G2} = \frac{L}{2} \\ z_{G2} = 0 \end{cases} \quad (5.44)$$

În consecință coordonatele centrului de greutate G ale SCP sunt:

$$(G) \begin{cases} x_G = 0 \\ y_G = \frac{L}{2} \\ z_G = 0 \end{cases} \quad (5.45)$$

Centrele de carenă ale celor doi plutitori C_1 și C_2 în aceleași condiții ca și pentru centrul de greutate, au următoarele coordonate:

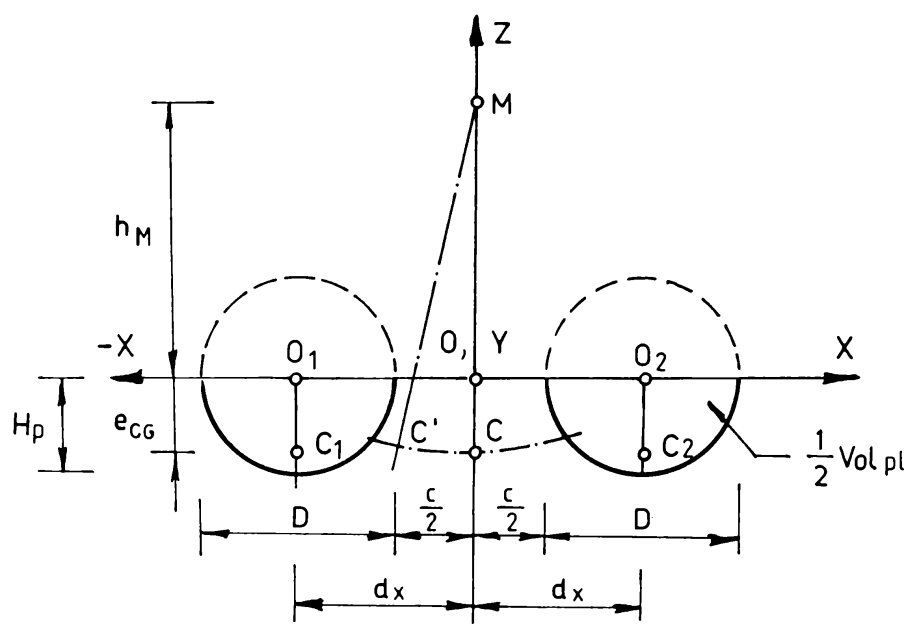


Fig.5.4.

$$(C_1) \begin{cases} x_{C1} = -\frac{1}{2}(c + D) = -d_x \\ y_{C1} = \frac{L}{2} \\ z_{C1} = -\frac{2}{3\pi} D \end{cases} ; (C_2) \begin{cases} x_{C2} = \frac{1}{2}(c + D) = d_x \\ y_{C2} = \frac{L}{2} \\ z_{C2} = -\frac{2}{3\pi} D \end{cases} \quad (5.46)$$

În consecință, coordonatele centrului de carenă c, ale SCP sunt:

$$x_C = \frac{x_{C1}A_1 + x_{C2}A_2}{A_1 + A_2}, \text{ dar cum } x_{C1} = -x_{C2} \text{ și } A_1 = A_2$$

$$\Rightarrow x_C = 0$$

$$y_C = \frac{L}{2};$$

$$z_C = \frac{z_{C1}A_1 + z_{C2}A_2}{A_1 + A_2}, \text{ dar cum } z_{C1} = z_{C2} \text{ și } A_1 = A_2$$

$$\Rightarrow z_C = -\frac{2}{3\pi} D$$

Deci:

$$(C) \begin{cases} x_C = 0 \\ y_C = \frac{L}{2} \\ z_C = -\frac{2}{3\pi} D \end{cases} \quad (5.47)$$

iar excentricitatea, în conformitate cu poziționarea sistemului de axe rectangulare (OXYZ) și a relațiilor (5.45) și (5.47), are următoarea expresie:

$$e_{CG} = z_C - z_G$$

$$e_{CG} = \frac{2}{3\pi} D = 0,2122 D \quad (5.48)$$

Volumul carenei SCP, funcție de varianta constructivă (I, II) sau ipoteză de calcul (a, b), are expresiile:

$$(a \text{ I}): Vol_{Ctot} = A'_P \cdot D^2 + C'_{PI} \quad (5.21)$$

unde, expresiile explicite ale coeficienților A'_P și C'_{PI} sunt menționate în relațiile (5.21')

$$(a \text{ II}) Vol_{Ctot} = A'_P \cdot D^2 + C'_{PII} \quad (5.23)$$

unde, expresia explicită a coeficientului C'_{PII} este relația (5.23')

$$(b \text{ I, II}) Vol_{Ctot} = A'_P \cdot D^2 \quad (5.25)$$

Prin înlocuirea relațiilor (5.21), (5.23), (5.25), (5.43) și (5.48), funcție de variantă și ipoteză, în relația generală (5.2'), condiția de plutire stabilă devine:

$$(a \text{ I}): \frac{2}{12} L_S [4D^3 + 6cD^2 + 3c^2D] + \frac{\delta_1}{12} (\beta_P + m)^3 p^3 - \frac{2}{3\pi} D \geq 0$$

$$\Rightarrow 8\pi(L_S - 0,25L)D^3 + 12\pi L_S c D^2 + (6\pi L_S c^2 - 8C'_{PI})D + \pi\delta_1 (\beta_P + m)^3 p^3 \geq 0$$

$$\text{sau } A''D^3 + B''D^2 + C''D + D'' \geq 0 \quad (5.49)$$

$$\text{unde } A'' = 8\pi(L_S - 0,25L) = 8\pi(\delta_2 + 0,75L) \quad (5.50)$$

$$B'' = 12\pi \cdot c \cdot L_S \quad (5.51)$$

$$C'' = 2(3\pi L_S c^2 - 4C'_{PI}) \quad (5.52)$$

$$D'' = \pi\delta_1 (\beta_P + m)^3 \cdot p^3 \quad (5.53)$$

(a II): similar cazului a I, se obține:

$$A''D^3 + B''D^2 + C''D + D'' \geq 0$$

unde: A'' , B'' , D'' au aceleași expresii ca și pentru varianta aI, adică (5.50), (5.51), (5.53), iar

$$C'' = 2(3\pi L_S c^2 - 4C'_{PII}) \quad (5.54)$$

(b I,II) luând în considerare la calculul volumului de carenă doar volumul dat de plutitori, rezultă în mod similar

$$A''D^3 + B''D^2 + C''D + D'' \geq 0$$

$$\text{unde } A'' = 8(L_S - 0,25L) = 8(\delta_2 + 0,75L) \quad (5.55)$$

$$B'' = 12 \cdot c \cdot L_S \quad (5.56)$$

$$C'' = 6L_S c^2 \quad (5.57)$$

$$D'' = \delta_1 (\beta_P + m)^3 \cdot p^3 \quad (5.58)$$

Condiția de plutire stabilă, particularizată pentru SCP, reprezintă de fapt verificarea dimensiunilor alese conform necesităților (b, H, c, p, m) sau a diametrului plutitorilor (D) din condiția de plutire. Această condiție, în forma ei generală (5.49), este:

- **îndeplinită**, pentru variantele bI și bII, căci

$$A'', B'', C'', D'' \in R_+$$

în conformitate cu relațiile ce definesc acești coeficienți (5.56...5.58);

- **îndeplinită**, pentru cazurile a I și a II, când $C'' \in R_+$, iar când $C'' \in R_-$, doar dacă:

$$A'' D^3 + B'' D^2 + D'' \geq |C''| \cdot D \quad (5.59)$$

în conformitate cu relațiile ce definesc coeficienții menționați (5.50...5.54).

Aprofundând discuția asupra valorilor posibile ale "coeficientului" C'' și scriind explicit, pentru cazul a II, spre exemplu condiția $C'' \geq 0$ ($C'' \in R_+$), se obține:

$$\frac{3\pi}{4} L_s c^2 \geq \frac{L}{2} \left[\delta_1 (\beta_H + m) - 2(\beta_H + 1) \left(\frac{A_{SR}}{H} \right) \right] H^2 + \delta_1 (\beta_p + m) p^2 + (\beta_p + 2) p A_{SR}$$

$$\text{sau } f_c(c) \geq K_{SCP} + f_p(p) \quad (5.60)$$

unde: $f_c(c)$ - o funcție dependentă de distanța "c" dintre plutitori;

$$f_c(c) = \frac{3\pi}{4} L_s c^2$$

K_{SCP} - o constantă dependentă de tipodimensiunea SCP;

$$K_{SCP} = \frac{L}{2} \left[\delta_1 (\beta_H + m) - 2(\beta_H + 1) \left(\frac{A_{SR}}{H} \right) \right] H^2$$

$f_p(p)$ - o funcție dependentă de variabila p ("pragul", reglabil după necesități);

Printr-un studiu atent se poate observa faptul că funcția $f_c(c)$ are creșteri mult mai rapide decât funcția $f_p(p)$, la creșteri comparabile ca ordin de mărime ale variabilelor de care depind. Deci se poate afirma faptul că valoric, coeficientul C'' poate fi lesne "trimis" în câmpul pozitiv al mulțimii numerelor reale, printr-o alegere corespunzătoare a distanței "c", recomandabil:

$$c \geq b - D \quad (5.61)$$

5.2. Relații caracteristice funcționării SCP în regim hidrodinamic

Regimul hidrodinamic, ca pentru orice dispozitiv sau construcție hidrotehnică, este și pentru SCP regimul definitoriu, regimul care caracterizează funcționalitatea (condițiile de curgere) și metodele de dimensionare (calculul hidraulic). Aceasta pentru că regimul hidrodinamic este, pe de o parte, predominant din punct de vedere funcțional, cât și pentru faptul că hidrodinamica oferă modelul fizic și analitic de stabilire al relațiilor fundamentale necesare proiectării și exploatării acestora, pe de altă parte.

5.2.1. Generalități, modelul fizic și analitic al curgerii, regimuri de curgere în avalul secțiunii de control a SCP

Curgerea apei în secțiunea controlată de SCP, ca și pentru alte tipuri de stavile, se poate

încadra în categoria mișcărilor efluente. Aceasta pentru că la fel ca și mișcările efluente, curgerea prin și în spațiul secțiunii de control a SCP prezintă următoarele caracteristici [31], [59]:

- se desfășoară prin tranzitarea curentului fluid (apa) printr-o secțiune de curgere relativ mică, dintr-un spațiu de curgere (bieful amonte) într-un alt spațiu de curgere (bieful aval), față de secțiunea de control (materializată de tablierul stavilei);
- această tranzitare se realizează și desfășoară într-o zonă de lungime restrânsă din avalul secțiunii de control printr-o mișcare cu un pronunțat caracter local;
- mișcarea apei în această zonă se produce prin variații locale mari, atât ale elementelor geometrice cât și hidraulice (niveluri, secțiuni, viteze, presiuni);
- ca și în cazul orificiilor și deversoarelor, curegerea în bieful aval prezintă trei forme caracteristice (liberă, liberă cu salt hidraulic, înecată), forme de care sunt dependente relațiile fundamentale ale SCP (vezi fig. 5.5 a, b, c).

În consecință, **modelul fizic** al curgerii pe sub și pe lângă tablierul stavilei (secțiunea de control), în conformitate cu aspectul curgerii din bieful (spațiul) aval cuprinde două zone distincte (vezi fig. 5.5 a, b, c și 5.6), și anume:

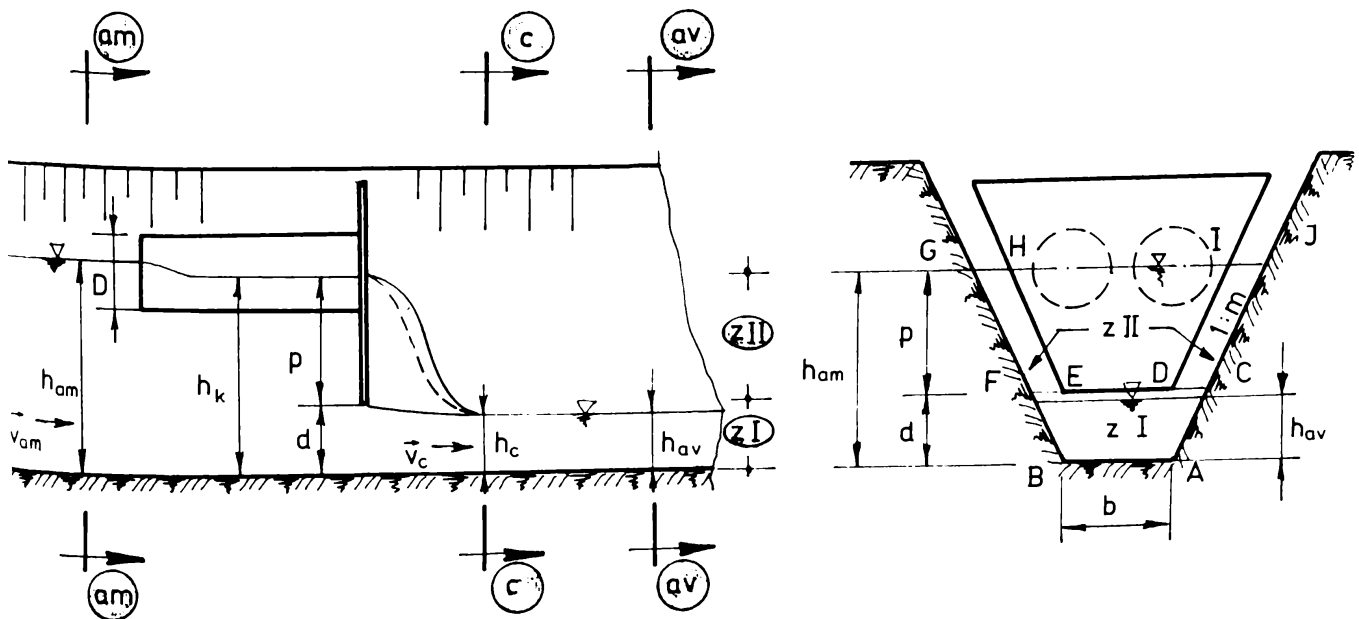


Fig 5.5. a)

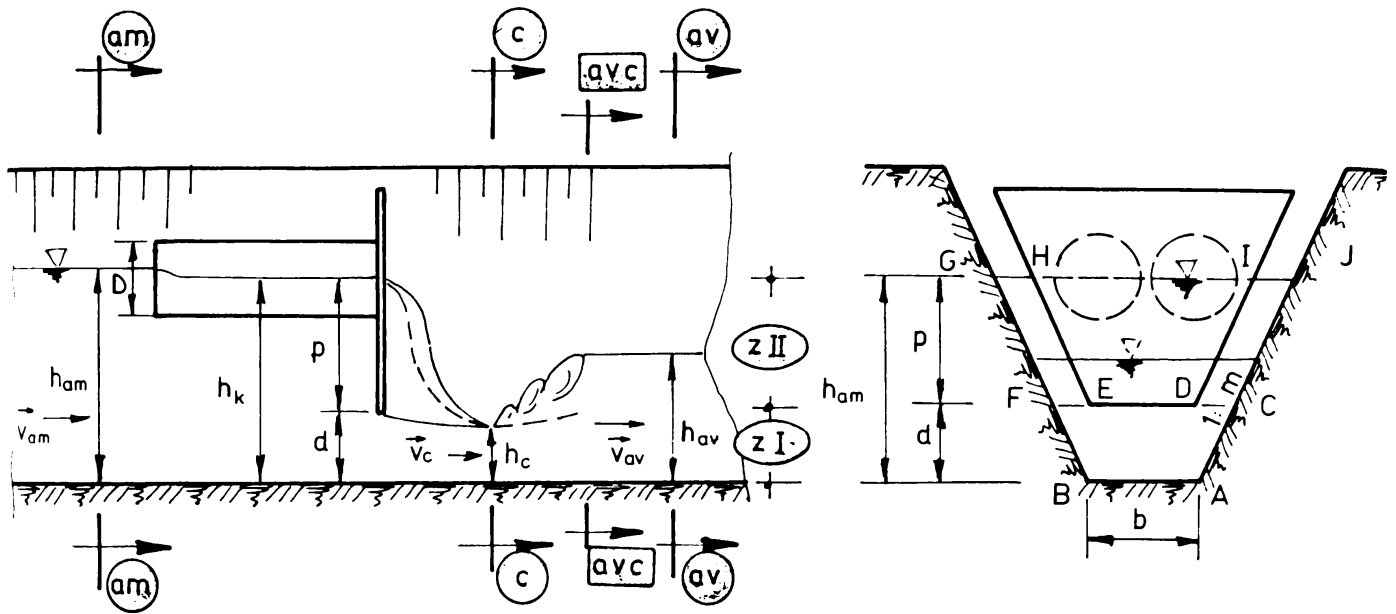


Fig. 5.5.b)

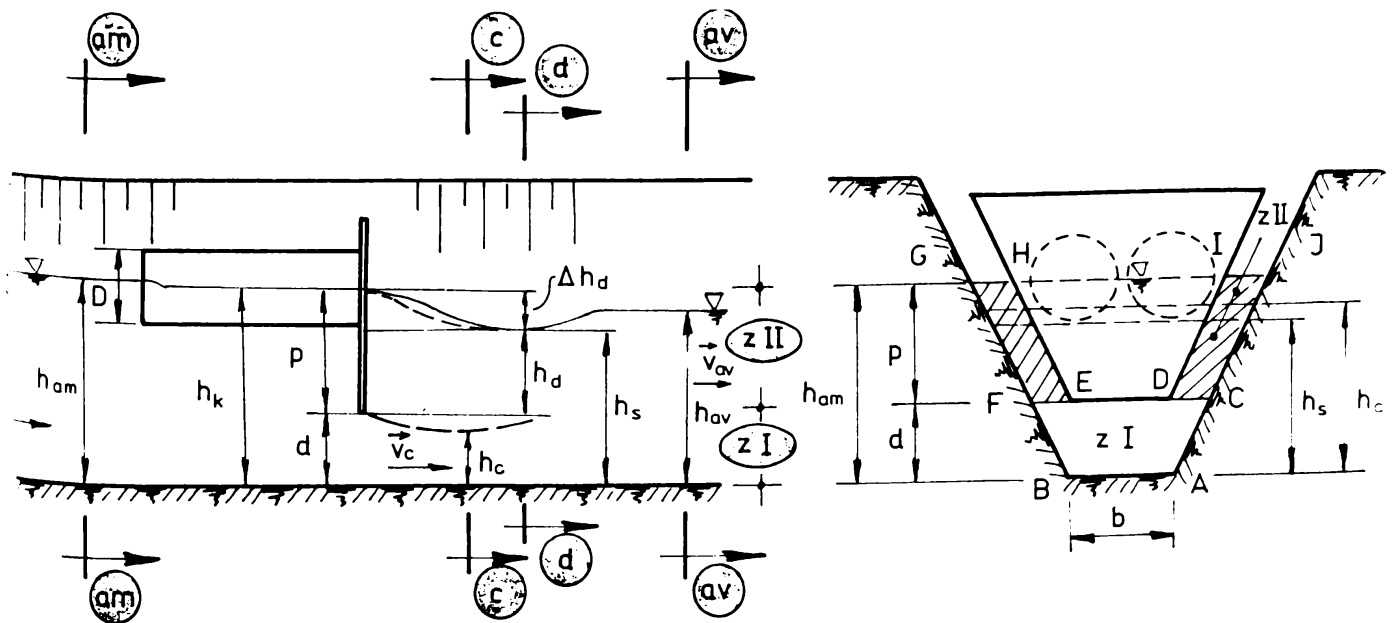


Fig. 5.5.c)

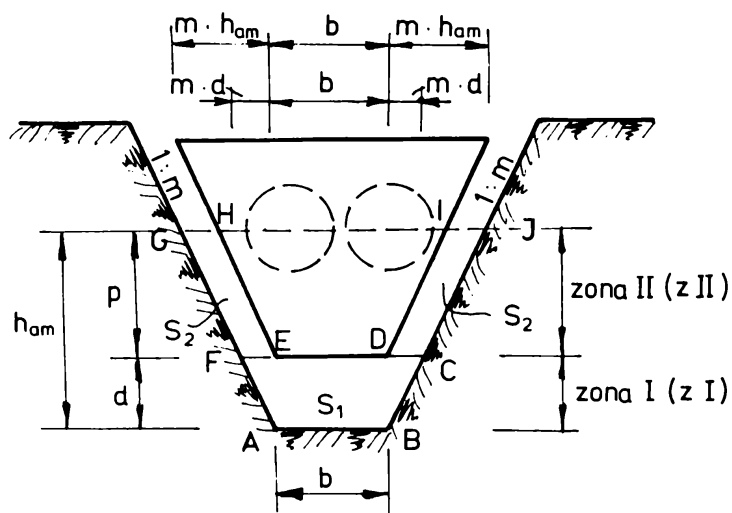


Fig. 5.6.

Zona I (ABCF), cuprinsă între planul radierului canalului (AB) și un plan ce trece prin muchia inferioară a tablierului (DE); din punct de vedere hidraulic această zonă de curgere poate fi considerată ca un orificiu de fund (mic sau mare după cum $h_{am}/d > 5$ sau $h_{am}/d < 5$) cu funcționare liberă sau înecată în bieful aval (după cum $h_{av,c} > h_{av}$ sau $h_{av,c} < h_{av}$);

Zona II (CDIJ și EFGH) situată deasupra Zonei I și alcătuită din două profile deversante, determinate de intersecția planurilor ce trec prin muchia inferioară a tablierului (DE - FC), suprafața liberă a apei din bieful amonte (GJ), taluzele canalului (GF și CJ) și muchiile laterale ale tablierului (DI și EH); din punct de vedere hidraulic aceste două profile de curgere pot fi considerate ca "deversoare cu prag lat", de "înălțime" d ($d/h_{am} < 3$ și $2,5 < l_s/h_{am} \leq 10$) cu funcționare liberă sau înecată (după cum $h_{av,c} < h_{av}$ sau $h_{av,c} > h_{av}$).

De asemenea, conform teoriei mișcărilor efluente, **modelul analitic**, în conformitate cu experiența acumulată în literatura de specialitate, este oferit de [31], [59], [91]:

- ecuația transferului impulsului pentru un segment de tub de curent cu nivel liber;
- ecuația transferului energiei (Bernoulli) pentru un segment de tub de curent cu nivel liber;
- ecuația de continuitate;

cu ipoteze simplificatoare ce vor fi menționate la momentul potrivit. Având în vedere aspectele hidraulice complexe ce apar în desfășurarea mișcării, o serie de influențe ale acestor

aspecte (ce nu pot fi cuprinse în reprezentările teoretice - modelul analitic adoptat -) vor fi marcate prin coeficienți nedeterminați (valoric). Nedeterminarea valorică a acestor coeficienți se poate ridica, după cum este bine cunoscut prin cercetări experimentale. Relațiile stabilite cu ajutorul modelului analitic adoptat și completate cu rezultatele cercetărilor experimentale devin astfel utilizabile proiectării și cercetării. Coeficienții care afectează relațiile fundamentale ale SCP (în special cea a capacității de transport) sunt cauzați de către:

- a) contracția curgerii din spațiul amonte în cel de tranzit al secțiunii de control ($B \rightarrow 2md$ și $h_{am} \rightarrow d$)
 - în plan orizontal, prin coeficientul σ_c ;
 - în plan vertical, prin coeficientul ψ' ;
- b) energia hidraulică disipată în spațiul de tranzit și în zona de racordare cu bieful aval, prin coeficienții de viteză φ_d și/sau de debit μ ;
- c) influența nivelului apei din bieful aval asupra adâncimii contractate (în planul vertical), adică a adâncimii de ieșire din saltul hidraulic, prin coeficientul de înecare σ_i .

După cum am mai menționat, atât relațiile fundamentale, considerarea sau neglijarea coeficienților nedeterminați cât și valorile acestora din urmă, sunt direct dependente de regimul de curgere din bieful aval. În acest context rezultă ca necesară atât delimitarea hidraulică (fizică) cât și analitică a regimurilor biefului aval. Pentru cazul particular al SCP-am regimurile de mișcare în bieful aval (delimitare fizică) pot fi:

1) **liber**, cu două subtipuri:

1.1. **liber fără salt** hidraulic (fig. 5.5 a), când $h_{av,c} > h_{av}$;

1.2. **liber cu salt** hidraulic (fig. 5.5 b), când $h_{av,c} = h_{av}$;

2) **înecat**, când $h_{av,c} < h_{av}$ (fig. 5.5 c), cu două subtipuri:

2.1. **semiînecat**, când Zona I (orificiul de fund) este înecată, dar Zona II (profilurile "deversante" laterale) este liberă (atât timp cât $h_n/p_0 < 0,8$);

2.2. **complet înecat**, când atât Zona I, cât și Zona II sunt înecate ($h_n/p_0 \geq 0,8$)

$$\text{unde: } h_n = h_{av} - d; \quad p = h_{am} - d; \quad p_0 = p + \frac{\alpha \cdot v_{am}^2}{2g}.$$

Delimitarea analitică a regimurilor de curgere din bieful aval (liber/înecat) necesită, după cum este bine cunoscut, găsirea unei relații specifice de calcul a adâncimilor conjugate ($h_c \rightarrow h_{av,c}$ adâncimea conjugată adâncimii contractate). Pentru aceasta, făcând apel la modelul matematic date de:

- (E.T.I.) ecuația transferului impulsului într-o formă simplificată ($\vec{F}(S\Sigma) = 0$, cu neglijarea greutateii fluidului din interiorul volumului de control), pentru un segment de tub de curent cu nivel liber, cuprins între secțiunile de flux local ortogonale c - c și av,c - av,c (fig. 5.5. b),

- (E.T.E.) ecuația transferului energiei (Bernoulli), tot sub formă simplificată (neglijarea "pierderilor de sarcină"), scrisă pentru un tub de curent cu nivel liber, limitat de secțiunile de flux am - am și c - c (cu aproximația $h_{am} \cong h_k$),

- (E.C.), ecuația de continuitate, luând ca regim de referință regimul liber cu salt hidrolic (1.2) și acceptând distribuția hidrostatică a presiunilor în secțiunile menționate, se obține

$$(E.T.I.) \quad c - c \text{ și } av,c - av,c$$

$$\rho \cdot Q_{tr} (\vec{v}_c^* - \vec{v}_{av,c}) - p_c \cdot \vec{S}_c^* - p_{av,c} \cdot \vec{S}_{av,c} = 0 \quad (5.62)$$

care prin proiectare după axa longitudinală a mișcării (oy, cu sensul pozitiv în direcția mișcării curentului) devine

$$\rho \cdot Q_{tr} (v_c^* - v_{av,c}) + p_c \cdot S_c^* - p_{av,c} \cdot S_{av,c} = 0 \quad (5.63)$$

și în care dacă ținem seama de ecuația de continuitate

$$(E.C.) \quad Q_{tr} = v_c^* \cdot S_c^* = v_{av,c} \cdot S_{av,c}$$

și de expresia presiunii hidrostatice

$$p_i = \rho \cdot g \cdot Z_{G,i}$$

ecuația (5.63) devine

$$Q_{tr}^2 \left(\frac{S_{av,c} - S_c^*}{S_{av,c} \cdot S_c^*} \right) = g (S_{av,c} \cdot Z_{Gav,c} - S_c^* \cdot Z_{G,c}) \quad (5.64)$$

unde: $S_{av,c} = C_{av,c} \cdot h_{av,c}^2$; $C_{av,c} = \frac{b}{h_{av,c}} + m$

$$S_c^* = C_c (\psi' d)^2 + 2pm(\psi' d)$$

$$C_c = \frac{b}{h_c} + m; \psi' = \frac{h_c}{d} \quad (5.65)$$

$$Z_{Gav,c} = \frac{C'_{av,c}}{C_{av,c}} h_{av,c}$$

$$C'_{av,c} = \frac{1}{6} \left(\frac{3b}{h_{av,c}} + 2m \right); C_{av,c} = \frac{b}{h_{av,c}} + m$$

$$Z_{Gc} = \frac{C'_c}{C_c} h_c = \frac{C'_c}{C_c} (\psi' d) \quad (5.66)$$

$$C'_c = \frac{1}{6} \left(\frac{3b}{h_c} + 2m \right); C_c = \frac{b}{h_c} + m$$

(E.T.E.) am - am și c - c

$$\frac{v_{am}^2}{2g} + h_{am} = \frac{v_c^2}{2g} + h_c \quad (5.67)$$

$$\Rightarrow v_{am}^2 - v_c^2 = 2g(h_{am} - h_c) \quad (5.67')$$

relație în care dacă se ține seama de ecuația de continuitate

$$(E.C.) \quad Q_{tr} = v_c \cdot S_c = v_{am} \cdot S_{am} \quad (5.68)$$

se obține:

$$Q_{tr}^2 = \frac{S_c^2 \cdot S_{am}^2}{S_{am}^2 - S_c^2} 2g(h_{am} - \psi' d) \quad (5.69)$$

Înlocuind relația (5.69) în (5.66) și notând

$$K = \frac{2S_c^2 \cdot S_{am}^2}{S_{am}^2 - S_c^2} (h_{am} - \psi' d) \quad (5.70)$$

rezultă

$$S_{av,c}^2 \cdot Z_{Gav,c} - (K + S_c^2 \cdot Z_{Gc}) S_{av,c} + K S_c^2 = 0 \quad (5.71)$$

în care înlocuind mai departe relațiile (5.65) și (5.66) și grupând convenabil se obține relația căutată, adică ecuația de calcul a adâncimii conjugate adâncimii contractate ($h_{av,c}$):

$$C'_{av,c} \cdot C_{av,c} \cdot h_{av,c}^5 - \left\{ K + \frac{C'}{C_c} (\psi' d) [C_c (\psi' d)^2 + 2pm(\psi' d)] \right\} C_{av,c} h_{av,c}^2 + K [C_c (\psi' d)^2 + 2pm(\psi' d)] = 0 \quad (5.72)$$

În ecuația (5.72), pentru simplificare, se fac următoarele notații:

$$A^* = C'_{av,c} \cdot C_{av,c} \cdot h_{av,c} = A \cdot h_{av,c}$$

$$B^* = \left\{ K + \frac{C'}{C_c} (\psi' d) [C_c (\psi' d)^2 + 2pm(\psi' d)] \right\} C_{av,c} = B \cdot C_{av,c} \quad (5.73)$$

$$C = K [C_c (\psi' d)^2 + 2pm(\psi' d)]$$

unde:

$$K = \frac{2 [C_c (\psi' d)^2 + 2pm(\psi' d)] \cdot C_{am}^2 \cdot h_{am}^4}{C_{am}^2 \cdot h_{am}^4 - [C_c (\psi' d)^2 + 2pm(\psi' d)]^2} (h_{am} - \psi' d) \quad (5.74)$$

Se obține astfel o ecuație implicită de gradul patru în $h_{av,c}$, de forma:

$$A^* \cdot h_{av,c}^4 - B^* \cdot h_{av,c}^2 + C = 0 \quad (5.75)$$

cu soluțiile ($h_{av,c} \in R_+$, adică valori cu sens fizic):

$$h_{av,c} = \pm \sqrt{\frac{B^* \pm \sqrt{B^{*2} - 4A^*C}}{2A^*}} \quad (5.76)$$

$$\Leftrightarrow h_{av,c}^{(1,2)} = \sqrt{\frac{B C_{av,c} \pm \sqrt{B^2 C_{av,c}^2 - 4 A C h_{av,c}}}{2 A h_{av,c}}} \quad (5.77)$$

Această ultimă relație (implicită în $h_{av,c}$) este relația criteriului de departajare a regimurilor (liber - înecat $\Leftrightarrow h_{av,c} \geq h_{av}$) biefului aval. Găsirea valorilor $h_{av,c} \in R_+$ din relația (5.77) se realizează prin calcul iterativ. Legat de domeniul de definiție al ecuației (5.75) sau (5.72) având soluțiile (5.77) se poate afirma faptul că $h_{av,c} \in R_+$, dacă sunt îndeplinite simultan condițiile:

$$\begin{cases} B^2 - 4 A^* C \geq 0 \\ C/A^* > 0 \\ B^*/A^* > 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} B^2 C_{av,c}^2 - 4 C_{av,c}^* \cdot C_{av,c} \cdot h_{av,c} \cdot C \geq 0 & (1) \\ C/(C_{av,c}^* \cdot C_{av,c} \cdot h_{av,c}) > 0 & (2) \\ B \cdot C_{av,c}/(C_{av,c}^* \cdot C_{av,c} \cdot h_{av,c}) > 0 & (3) \end{cases}$$

Condiția (1) după înlocuiri și grupări corespunzătoare devine

$$\frac{1}{2} \left\{ \frac{S_{am}^2 (h_{am} - \psi' d)}{S_{am}^2 - S_c^{*2}} + \frac{C_c^*}{C_c} (\psi' d) \left[1 + \frac{S_{am}^2 - S_c^{*2}}{4 S_{am}^2 (h_{am} - \psi' d)} \left(\frac{C_c^*}{C_c} (\psi' d) \right) \right] \right\} \geq \frac{C_{av,c}^*}{C_{av,c}} h_{av,c} \quad (5.78)$$

Inegalitatea (5.78) este de fapt condiția de domeniu a valorilor posibile pentru $h_{av,c}$, în calculul iterativ cerut de relația (5.77)

Condițiile (2) și (3), adică

$$\frac{2 S_c^* S_{am}^2 (h_{am} - \psi' d)}{C_{av,c}^* C_{av,c} h_{av,c} (S_{am}^2 - S_c^{*2})} > 0 \quad (5.79)$$

$$\frac{2 S_c^* S_{am}^2 (h_{am} - \psi' d)}{(S_{am}^2 - S_c^{*2})} + \frac{C_c^*}{C_c} (\psi' d) S_c^* > 0$$

$$\frac{2 S_c^* S_{am}^2 (h_{am} - \psi' d)}{C_{av,c}^* C_{av,c} h_{av,c}} > 0$$

sunt îndeplinite (deci $h_{av,c} \in R_+$), căci $h_{am} > \psi' d$ și $S_{am} > S_c^*$ oricare ar fi $\{h_{am}, d, \psi, h_c, b, m, p\} \in R_+$ și cu sens fizic.

5.2.2. Relațiile capacității de transport ale SCP-am, coeficienții caracteristici acestora

În conformitate cu modelul fizic adoptat, relația capacității de transport (debitului tranzitat prin secțiunea de control) în forma sa cea mai generală:

$$Q_{tr} = Q_{zI} + 2Q_{zII} \quad (5.80)$$

se particularizează funcție de tipul regimului hidraulic din bieful aval și în contextul modelului analitic menționat.

1. Regim liber (cu sau fără salt hidraulic) în bieful aval (dacă $h_{av,c} \geq h_{av,l}$)

- pentru **Zona I** (Z I), ca orificiu de fund cu funcționare liberă, relația debitului tranzitat se obține prin aplicarea ecuațiilor transferului energiei și de continuitate.

(E.T.E.) $am - am$ și $c - c$ (fig.5.5. b)

$$\frac{\alpha_{am} \cdot v_{am}^2}{2g} + h_{am} = \frac{\alpha_c \cdot v_c}{2g} + h_c + \xi \frac{v_c^2}{2g} \quad (5.81)$$

unde $\alpha_{am} \cong \alpha_c = 1,0$; $h_c = \psi' d$

(E.C.)

$$Q_{ZI} = v_d S_d = v_c S_c \quad (5.82)$$

unde: $S_d = c_d d^2$; $c_d = \frac{b}{d} + m$

$$S_c = c_c h_c^2 = c_c (\psi' d)^2; c_c = \frac{b}{\psi' d} + m$$

cum $h_{am_0} = h_{am} + \frac{v_{am}^2}{2g}$, (5.81) rezultă

$$v_c = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{am,c}}} \sqrt{2g(h_{am_0} - \psi' d)}$$

sau

$$v_c = \varphi_{ZI} \sqrt{2g(h_{am_0} - \psi' d)}; \quad (5.83)$$

din (5.82) $v_d = v_c \frac{S_c}{S_d} = v_c \frac{C_c}{C_d} (\psi')^2$ (5.84)

și $Q_{ZI} = v_d S_d$ (5.85)

și prin înlocuirea relațiilor (5.83) și (5.84) în (5.85) rezultă

$$Q_{ZI} = \frac{C}{C_d^c} (\psi')^2 \varphi_{ZI} \cdot C_d \cdot d^2 \sqrt{2g(h_{am_0} - \psi' d)} \quad (5.86)$$

notând coeficientul de debit ca:

$$\mu_{ZI} = \frac{C}{C_d^c} (\psi')^2 \varphi_{ZI} = \psi \varphi_{or} \quad (5.87)$$

se obține relația finală de calcul a debitului tranzitat prin această zonă, relație caracteristică regimului liber de funcționare:

$$Q_{ZI} = \mu_{ZI} C_d \cdot d^2 \sqrt{2g(h_{am_0} - \psi' d)} \quad (5.88)$$

- pentru **Zona II** (Z II), alcătuită din două profile deversante, cu înclinația 1:m (CDIJ și EFGH fig 5.2), fiecare tranzitând debitul Q_{ZII} ; aspectul fizic al curgerii și diagrama distribuției de viteze conduc la asimilarea mișcării în aceste profile cu cea a curgerii peste deversoare cu prag lat și curgere liberă; relația debitului tranzitat de această zonă se obține prin aplicarea aceluiași ecuații ca și în cazul Zonei I.

(E.T.E.) am - am și d - d

(d - d este secțiunea în care înălțimea lamei deversante are valoarea (h_d) corespunzătoare principiului lui Belanger - debit maxim);

$$\frac{\alpha_{am} v_{am}^2}{2g} + d + p = \frac{\alpha_d v_d^2}{2g} + d + h_d + \xi_d \frac{v_d^2}{2g} \quad (5.89)$$

unde: $\alpha_{am} \equiv \alpha_d = 1,0$ și $p_0 = p + \frac{\alpha_{am} v_{am}^2}{2g}$

$$v_d = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_d}} \sqrt{2g(p_0 - h_d)} \quad ; \quad (5.90)$$

notând cu $\varphi_d = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_d}}$ și conform principiului lui Belanger $h_d = \frac{2}{3} p_0$, relația (5.90) devine

$$v_d = \varphi_d \sqrt{2g \left(p_0 - \frac{2}{3} p_0 \right)} = \frac{\varphi}{\sqrt{3}} \sqrt{2gp_0} \quad (5.90')$$

$$(E.C.) \quad Q_{ZII} = v_d \cdot S_d \quad (5.91)$$

$$S_d = (m \cdot d)p \equiv (m \cdot d)p_0 = \frac{2}{3} (m \cdot d)p \quad (5.92)$$

înlocuind (5.90') și (5.92) în relația (5.91) se obține

$$Q_{ZII} = \frac{2\varphi_d}{3\sqrt{3}} (md)p \sqrt{2gp_0} \quad (5.93)$$

unde notând coeficientul de debit al zonei

$$\mu_{ZII} = \frac{2\varphi_d}{3\sqrt{3}} \quad (5.94)$$

se obține

$$Q_{ZII} = \mu_{ZII} (m \cdot d) \sqrt{2g} \cdot p_0^{1,5} \quad (5.93')$$

Întrucât trecerea curentului din secțiunea am - am (spațiul amonte) în cea de control a stavilei (de la lățimea la luciul apei $B = b + 2mh_{am}$, la $2(md)$) se face cu contracție laterală, în relația (5.93') este necesară introducerea acestui efect prin intermediul coeficientului multiplicativ σ_c , a cărui expresie, după Berezinski, este de forma [50]:

$$\sigma_c = 1 - \frac{a}{\sqrt[3]{0,2 + \frac{d}{p}}} \sqrt[4]{\frac{2md}{C_{am}^{(c)} h_{am}}} \left(1 - \frac{2md}{C_{am}^{(c)} h_{am}} \right) \quad (5.95)$$

unde: $a = 0,19$ pentru muchii de intrare drepte

$$C_{am}^{(c)} = \frac{b}{h_{am}} + 2m \quad \text{și} \quad p = h_{am} - d \quad (5.96)$$

În aceste condiții relația finală a debitului tranzitat de un profil al Zonei II, devine,

$$Q_{ZII} = \mu_{ZII} \cdot \sigma_c (md) \sqrt{2g} \cdot p_0^{1,5} \quad (5.97)$$

iar cea a capacității de transport a SCP-am (Q_{tr}), pentru cazul regimului liber în bieful aval, prin înlocuirea relațiilor (5.88) și (5.97) în relația generală (5.80)

$$Q_{tr} = \mu_{ZI} C_d d^2 \sqrt{2g(h_{am_0} - \psi' d)} + 2\mu_{ZII} \cdot \sigma_c (md) \sqrt{2g} \cdot p_0^{1,5} \quad (5.98)$$

Obs: - pentru coeficientul de debit al Zonei II, se poate utiliza, cu bune rezultate, relația stabilită de Berezinski în ipotezele $0 < d/p \leq 3$ și muchie de intrare ascuțită [50].

$$\mu_{ZII} = 0,32 + 0,001 \frac{3 - \frac{d}{p}}{0,46 + 0,75 \frac{d}{p}} \quad (5.99)$$

2. **Regim înecat**, în bieful aval ($h_{av,c} < h_{av}$), cu cele două subtipuri ale sale
- 2.1. **semiînecat**, când Zona I funcționează înecat ($h_{av,c} < h_{av}$), dar Zona II liber ($h_n/p_0 < 0,8$);
 - 2.2. **înecat**, când ambele Zone funcționează înecate (și $h_n/p_0 > 0,8$, după Berezinski).

2.1. **Regimul semiînecat**, necesită același model matematic ca și regimul liber, dar cu aplicarea corecțiilor specifice acestui regim. Astfel pentru:

- **Zona I (Z I)** care funcționează din punct de vedere hidraulic, ca un orificiu de fund

înecat

(E.T.E.) am - am și c - c, secțiuni local ortogonale pe direcția curgerii

$$\frac{\alpha_{am} \cdot v_{am}^2}{2g} + h_{am} = \frac{\alpha \cdot v_c^2}{2g} + h_s + \xi_c \frac{v_c^2}{2g} \quad (5.100)$$

unde: $\alpha_{am} \cong \alpha_c = 1,0$; $h_{am_0} = h_{am} + \frac{\alpha \cdot v_{am}^2}{2g}$

rezultă: $v_c = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_c}} \sqrt{2g(h_{am_0} - h_s)}$; $\varphi_{ZI} = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_c}}$

$$v_c = \varphi_{ZI} \sqrt{2g \left(1 - \frac{h_s}{h_{am_0}} \right)} \cdot h_{am_0}^{0,5} \quad (5.101)$$

sau ținând seama de faptul că adeseori v_{am} și $v_{am}^2/2g$ au valori neglijabile

$$v_c = \varphi_{ZI} \sqrt{2g(1 - h_s/h_{am})} \cdot h_{am}^{0,5} \quad (5.101')$$

(E.C.) $Q_{ZI} = v_d \cdot S_d = v_c \cdot S_c \quad (5.102)$

$$\Rightarrow v_d = v_c \frac{S}{S_d^c} = v_c \frac{C}{C_d^c} (\psi')^2; \psi' = \frac{h_c}{d}$$

deci

$$Q_{Zl} = v_d S_d = \varphi_{Zl} \frac{C}{C_d^c} (\psi')^2 \cdot C_d \cdot d^2 \sqrt{2g \left(1 - \frac{h_s}{h_{am_0}}\right)} \cdot h_{am_0}^{0,5}$$

notând coeficientul de debit $\mu_{Zl} = \varphi_{Zl} \frac{C}{C_d^c} (\psi')^2$

$$\Rightarrow Q_{Zl} = \mu_{Zl} \cdot C_d \cdot d^2 \sqrt{2g \left(1 - \frac{h_s}{h_{am_0}}\right)} \cdot h_{am_0}^{0,5} \quad (5.103)$$

sau $Q_{Zl} = \mu_{Zl} \cdot C_d \cdot d^2 \sqrt{2g \left(1 - \frac{h_s}{h_{am}}\right)} \cdot h_{am}^{0,5} \quad (5.103')$

care reprezintă relațiile de calcul ale debitului tranzitat prin secțiunea de control în condițiile regimului semiînecat.

Deoarece relațiile de calcul ale capacității de transport ale Zonei I (5.103 și 5.103') sunt dependente de adâncimea h_s , care este dificil de determinat (apreciat), chiar și pe cale experimentală, se impune deducerea în continuare a unei relații teoretice de calcul a acestei adâncimi. În acest scop se va aplica

(E.T.I.) pentru un volum de control cuprins între secțiunile local ortogonale **d - d** și **av - av** (fig.5.5.c), în aceleași ipoteze menționate anterior

$$\rho Q_{tr} (\bar{v}_{av} - \bar{v}_d) + p_d \bar{S}_d + p_{av} \bar{S}_{av} = 0 \quad (5.104)$$

care proiectată după axa longitudinală a mișcării (Oy) devine:

$$\rho Q_{tr} (v_{av} - v_d) - p_d S_d + p_{av} S_{av} = 0 \quad (5.105)$$

unde: $v_{av} = \frac{Q_{tr}}{C_{av} \cdot h_{av}^2}; \quad C_{av} = \left(\frac{b}{h_{av}} + m\right)$

$$v_d = \frac{Q_{tr}}{C_s \cdot h_s^2}; \quad C_s = \left(\frac{b}{h_s} + m\right) \quad (5.106)$$

$$p_{av} = \rho g \frac{C'_{av}}{C_{av}} \cdot h_{av}; \quad C'_{av} = \frac{1}{6} \left(\frac{3b}{h_{av}} + 2m\right)$$

$$p_d = \rho g \frac{C'_s}{C_s} \cdot h_s; \quad C'_s = \frac{1}{6} \left(\frac{3b}{h_s} + 2m\right);$$

după înlocuirea relațiilor (5.106) și grupări convenabile ecuația (5.105) devine:

$$g \cdot C_s \cdot C'_s \cdot h_s^5 - \left(\frac{Q_{tr}^2}{C_{av}^2} \frac{1}{h_{av}^2} + g C'_{av} h_{av}^3\right) C_s h_s^2 + Q_{tr}^2 = 0 \quad (5.107)$$

Pentru simplificarea acestei ultime ecuații se va explicita debitul tranzitat funcție de elementele secțiunii av - av

$$Q_{tr} = C_{av} \cdot h_{av}^2$$

Această explicitare este acceptabilă căci h_{av} este o adâncime cunoscută, fie din calculul în regim permanent și uniform, fie din calculul de biefare, după caz.

$$\Rightarrow gC_s C'_s h_s \left(\frac{h_s}{h_{am}} \right)^4 - \left(\frac{h_{av}}{h_{am}} \right)^2 (C_{av} + gC'_{av} h_{av}) C_s \left(\frac{h_s}{h_{am}} \right)^2 + C_{av}^2 \left(\frac{h_{av}}{h_{am}} \right)^4 = 0 \quad (5.108)$$

în care notând

$$A_s = gC_s C'_s h_s; \quad B_{av} = (C_{av} + gC'_{av} h_{av}) \left(\frac{h_{av}}{h_{am}} \right)^2;$$

$$C_{av}^* = C_{av}^2 \left(\frac{h_{av}}{h_{am}} \right)^4 \text{ se obține ecuația}$$

$$A_s \left(\frac{h_s}{h_{am}} \right)^4 - B_{av} C_s \left(\frac{h_s}{h_{am}} \right)^2 + C_{av}^* = 0 \quad (5.109)$$

ale cărei soluții cu sens fizic ($\in R_+$), sunt date de relația

$$\left(\frac{h_s}{h_{am}} \right)_{1,2} = \sqrt{\frac{B_{av} C_s \pm \sqrt{B_{av}^2 C_s^2 - 4 C_{av}^* A_s}}{2 A_s}} \quad (5.110)$$

Această relație fiind implicită de adâncimea h_s , soluțiile $\left(\frac{h_s}{h_{am}} \right)$ se determină prin încercări.

Revenind la relația debitului tranzitat de Zona I (5.103'), în care înlocuind (h_s/h_{am}) din relația (5.110), se obține:

$$Q_{ZI} = \mu_{ZI} C_d d^2 \sqrt{2g \left(1 - \sqrt{\frac{B_{av} C_s + \sqrt{B_{av}^2 C_s^2 - 4 C_{av}^* g C_s C'_s h_s}}{4 g C_s C'_s h_s}} \right)} \cdot h_{am}^{0,5}$$

relație în care termenul:

$$\chi_{ZI} = \sqrt{1 - \sqrt{\frac{B_{av} C_s + \sqrt{B_{av}^2 C_s^2 - 4 C_{av}^* g C_s C'_s h_s}}{4 g C_s C'_s h_s}}} \quad (5.111)$$

reprezintă influența înecării (nivelului h_{av}), fiind de fapt coeficientul de înecare. În concluzie relația de calcul a capacității de transport a Zonei I, funcționând înecat este:

$$Q_{ZI} = \chi_{ZI} \mu_{ZI} C_d d^2 \sqrt{2g} \cdot h_{am(0)}^{0,5} \quad (5.112)$$

- **Zona II (ZII)**, care funcționând în continuare liber, deci neinfluențată de nivelul apei din bieful aval ($h_n/p_0 < 0,8$), are aceeași relație de calcul a capacității de transport ca și în cazul regimului tip 1 (relația (5.97)), adică:

$$Q_{ZII} = \mu_{ZII} \sigma_c (md) \sqrt{2g} \cdot p_0^{1,5}$$

Deci relația capacității de transport a SCP-am, pentru cazul particular al regimului semiînecat are forma:

$$Q_{tr} = \chi_{ZI} \mu_{ZI} C_d d^2 \sqrt{2g} \cdot h_{am_0}^{0.5} + 2 \mu_{ZII} \sigma_c (md) \sqrt{2g} \cdot p_0^{1.5} \quad (5.113)$$

2.2. Regimul complet înecat ($h_{av,c} < h_{av}$ și $h_n/p_0 \geq 0,8$) necesită pentru deducerea relației capacității de transport același model analitic ca și în cazul 2.1, caracteristică fiindu-i influența nivelului din bieful aval și asupra Zonei II (înecare).

- **Zona I** (Z I), prezentând condiții hidraulice similare cu regimul semiînecat, are relația de calcul a capacității de transport la fel cu cea de tip 2.1 (relația 5.112), adică

$$Q_{ZI} = \chi_{ZI} \mu_{ZI} C_d d^2 \sqrt{2g} \cdot h_{am_0}^{0.5} \quad (5.112')$$

unde pentru coeficienții de debit și înecare se iau în considerare aceleași relații ca și în cazul regimului semiînecat.

- **Zona II** (Z II), funcționează înecat ($h_n/p_0 \geq 0,8$)

(E.T.E) am - am și av - av

$$\frac{\alpha_{am} v_{am}^2}{2g} + p + d = \frac{\alpha_{av} v_{av}^2}{2g} + h_n + d + \zeta_{av} \frac{v_{av}^2}{2g} \quad (5.114)$$

unde: $\alpha_{am} \equiv \alpha_{av} = 1,0$; $h_n = h_{av} - d$; $p_0 = p + \frac{\alpha_{am} v_{am}^2}{2g}$

$$\Rightarrow v_{av} = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_{av}}} \sqrt{2g(p_0 - h_n)}; \quad \varphi_{av} = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_{av}}}$$

$$v_{av} = \varphi_{av} \sqrt{2g \left(1 - \frac{h_n}{p_0}\right)} \cdot p_0^{0.5} \quad (5.115)$$

$$(E.C.) \quad Q_{ZII} = v_{av} \cdot S_{avII}; \quad S_{avII} = (md) \cdot h_n \quad (5.116)$$

$$\text{Deci } Q_{ZII} = \mu_{ZII} (md) \left(\frac{h_n}{p_0}\right) \sqrt{2g \left(1 - \frac{h_n}{p_0}\right)} \cdot p_0^{1.5} \quad (5.117)$$

În cadrul relației capacității de transport (5.117) mai este necesară și introducerea influenței contracției laterale prin intermediul coeficientului multiplicativ σ_c (vezi relația (5.95)). Astfel:

$$Q_{ZII} = \sigma_c \mu_{ZII} (md) \left(\frac{h_n}{p_0}\right) \sqrt{2g \left(1 - \frac{h_n}{p_0}\right)} \cdot p_0^{1.5} \quad (5.118)$$

Având în vedere dependența acestei relații de adâncimea de înecare (h_n), prin intermediul raportului (h_n/p_0), adâncime dificil de determinat sau apreciat, se impune ca și în cazul anterior, de ducerea unei relații de calcul a acestei adâncimi. Astfel, din

(E.T.I.) între secțiunile local ortogonale **d - d** și **av - av** ale unui volum de control cu aceleași

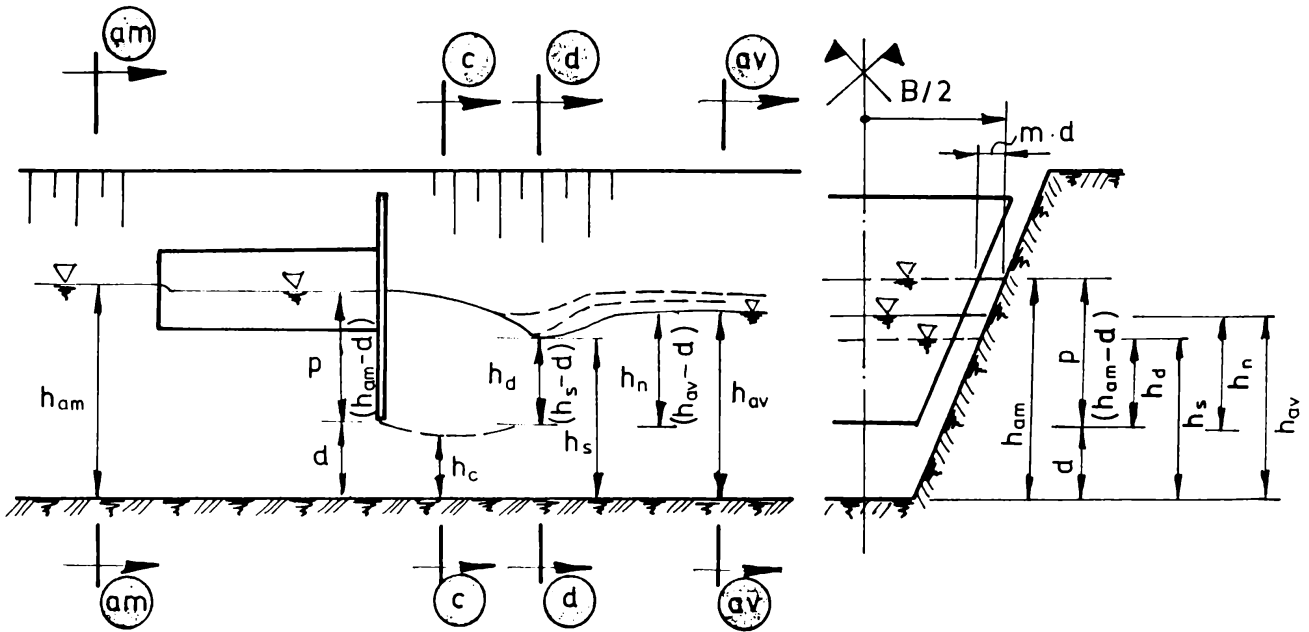


Fig. 5.7.

ipoteze menționate

$$\rho Q_{ZII} (\bar{v}_{avII} - \bar{v}_d) + p_d \bar{S}_d + p_{avII} \bar{S}_{avII} = 0 \quad (5.119)$$

$$\Rightarrow \rho Q_{ZII} (v_{avII} - v_d) - p_d S_d + p_{avII} S_{avII} = 0$$

unde:

$$v_{avII} = \frac{Q_{ZII}}{S_{avII}} = \frac{Q_{ZII}}{(md)h_n}$$

$$v_d = \frac{Q_{ZII}}{S_d} = \frac{Q_{ZII}}{(md)h_d} \quad (5.120)$$

$$p_d = \rho g \frac{h_d}{2}; p_{avII} = \rho g \frac{h_n}{2}$$

rezultă

$$2Q_{ZII}^2 \left(1 - \frac{h_n}{h_d}\right) - g(md)^2 \cdot h_d^2 \cdot h_n + g(md)^2 \cdot h_n^3 = 0 \quad (5.121)$$

Pentru explicitarea debitului Q_{ZII} din relația (5.121) se aplică în continuare:

(E.T.E.) am - am și av - av (h_n), cu neglijarea energiei disipate

$$\frac{\alpha_{am} v_{am}^2}{2g} + p = \frac{\alpha_{av} v_{av}^2}{2g} + h_n \quad (5.122)$$

unde: $\alpha_{am} \equiv \alpha_{av} \equiv 1, 0$; $p_0 = p + \frac{\alpha_{am} v_{am}^2}{2g}$

$$\Rightarrow v_{av} = \sqrt{2g \left(1 - \frac{h_n}{p_0}\right)} \cdot p_0^{0,5} \quad (5.123)$$

(E.C.)

$$Q_{ZII} = v_{av} S_{avII} = v_{am} S_{am(p)} \quad (5.124)$$

$$S_{avII} = (md)h_n; \quad S_{am(p)} = (md)p$$

și obținem

$$Q_{ZII} = (md) \left(\frac{h_n}{p_0} \right) \sqrt{2g \left(1 - \frac{h_n}{p_0} \right)} \cdot p_0^{1,5} \quad (5.125)$$

Înlocuind acum relația (5.125) în (5.121), rezultă ecuația:

$$2(md)^2 \left(\frac{h_n}{p_0} \right)^2 \cdot 2g \left(1 - \frac{h_n}{p_0} \right) p_0^3 \cdot \left(1 - \frac{h_n}{h_d} \right) - g(md)^2 h_d^2 h_n + g(md)^2 h_n^3 = 0$$

$$\left[1 + 4 \left(\frac{h_n}{h_d} - 1 \right) \right] \left(\frac{h_n}{p_0} \right)^2 - 4 \left(\frac{h_n}{h_d} - 1 \right) \left(\frac{h_n}{p_0} \right) - \left(\frac{h_d}{p_0} \right)^2 = 0 \quad (5.126)$$

cu soluția ($\in \mathbb{R}_+$)

$$\left(\frac{h_n}{p_0} \right) = \frac{4 \left(\frac{h_n}{h_d} - 1 \right) + \sqrt{16 \left(\frac{h_n}{h_d} - 1 \right)^2 + 4 \left(\frac{h_d}{p_0} \right)^2 \left[1 + 4 \left(\frac{h_n}{h_d} - 1 \right) \right]}}{2 \left[1 + 4 \left(\frac{h_n}{h_d} - 1 \right) \right]} \quad (5.127)$$

Obs: 1) legat de domeniul de definiție al soluțiilor $\frac{h_n}{p_0}$ se poate afirma că întrucât

$$h_n > h_d, \quad \Delta_{h_n} > 0 \quad \forall \{h_n, h_d, p_0\} \in \mathbb{R}_+$$

$$h_n = h_{av} - d; \quad p_0 = p + \frac{v_{am}^2}{2g}$$

2) notând pentru simplificare, cu $\lambda_n = \left(\frac{h_n}{h_d} - 1 \right)$,

$$\frac{h_n}{p_0} = \frac{2\lambda_n + \sqrt{(2\lambda_n)^2 + [1 + 4\lambda_n] \left(\frac{h_d}{p_0} \right)^2}}{1 + 4\lambda_n} \quad (5.127')$$

relație care lesne de observat este implicită de h_n , deci valoarea dâncimii de înecare se determină prin încercări; de asemenea raportul h_n/p_0 este dependent și de adâncimea h_d , care este practic imposibil de apreciat sau măsurat pe cale experimentală; rezultă deci ca necesară o relație directă de calcul și pentru această adâncime; în acest scop se aplică:

(E.T.I.) am - am și d - d ($\bar{F}(\Sigma) = 0$)

$$p Q_{ZII} (v_d - v_{am(p)}) - p_{am(p)} S_{am(p)} + p_d S_d = 0 \quad (5.128)$$

unde:

$$v_d = \frac{Q_{ZII}}{S_d} = \frac{Q_{ZII}}{m \cdot d \cdot h_d}$$

$$v_{am(p)} = \frac{Q_{ZII}}{S_{am(p)}} = \frac{Q_{ZII}}{(md)p} \quad (5.129)$$

$$p_{am(p)} = \rho g \frac{p}{2}; \quad p_d = \rho g \frac{h_d}{2}$$

$$\Rightarrow h_d^3 + \left[4 \left(1 - \frac{h_n}{p} \right) h_n^2 - p^2 \right] h_d - 4(p - h_n) h_n^2 = 0 \quad (5.130)$$

în care notând

$$A_d = h_d; \quad B_n = 4 \left(1 - \frac{h_n}{p} \right) h_n^2 - p^2$$

$$C_n = 4(p - h_n) h_n^2 \quad (5.131)$$

se obține ecuația implicită în adâncimea (necunoscută) h_d :

$$A_d h_d^2 + B_n h_d - C_n = 0 \quad (5.132)$$

cu soluția reală pozitivă ($\in R_+$):

$$h_d = \frac{-B_n \pm \sqrt{B_n^2 + 4C_n h_d}}{2h_d} \quad (5.133)$$

care are condiția de domeniu îndeplinită ($h_d \in R$), căci $\Delta_d > 0$, $\forall A_d, B_n, C_n \in R$, (mai mult, $A_d, B_n, C_n \in R_+$ pentru orice valori h_d, h_n, p cu sens fizic), adică

$$B_n^2 + 4C_n h_d > 0 \quad (5.134)$$

Înlocuind acum relația (5.127') completată cu (5.133) în relația (5.118) se obține:

$$Q_{ZII} = \chi_{ZII} \cdot \sigma_c \cdot \mu_{ZII} (md) \sqrt{2g} \cdot p_0^{1.5} \quad (5.135)$$

unde efectul îneccării zonei II este exprimat prin coeficientul de îneccare χ_{ZII} , cu expresia:

$$\chi_{ZII} = \left(\frac{2\lambda_n + \sqrt{(2\lambda_n)^2 + (1 + 4\lambda_n) \left(\frac{h_d}{p_0} \right)}}{1 + 4\lambda_n} \right) \sqrt{1 - \frac{2\lambda_n + \sqrt{(2\lambda_n)^2 + (1 + 4\lambda_n) \left(\frac{h_d}{p_0} \right)}}{1 + 4\lambda_n}} \quad (5.136)$$

unde: $\lambda_n = \left(\frac{h_n}{h_d} - 1 \right)$, iar h_d se explicitează cu relația (5.133)

- Obs: 1. relația (5.133) se va utiliza doar în cazul îneccării cu valori $h_n/p_0 \in (0,8...0,9]$; pentru valori $h_n/p_0 > 0,9$, nivelurile h_d și h_n se racordează, deci se poate considera $h_d = h_n = h_{av} - d$;
2. pentru coeficientul de debit al acestei zone (μ_{ZII}) se poate utiliza ca și în cazul 1 și 2.1 relația tip Berezinski (5.99)

Înlocuind relațiile (5.112') și (5.135) în relația (5.80) se obține relația capacității de transport a SCP-am pentru cazul particular al funcționării în regim complet îneccat

$$Q_{tr} = \chi_{ZII} \cdot \mu_{ZII} \cdot C_d \cdot d^2 \sqrt{2g} \cdot h_{am_0}^{0.5} + 2 \chi_{ZII} \cdot \mu_{ZII} \cdot \sigma_c \cdot (md) \sqrt{2g} \cdot p_0^{1.5} \quad (5.137)$$

5.2.3. Relațiile "pierderilor de sarcină" (Δh) în spațiul de lucru al S.C.P.-am

În vederea definirii și cunoașterii complete a S.C.P.-am, ca dispozitiv integrat sistemelor hidroameliorative cu funcționare automatizată, deosebit de utilă este analizarea analitică și evaluarea experimentală a "pierderilor de sarcină" (energiei disipate) ale tubului de curent cu nivel liber, în spațiul din amonte și avalul secțiunii de control a SCP [91]. Cum SCP-am este un regulator cu acționare hidraulică, la studiul energiei disipate este necesar să se țină seama de:

1. regimul de curgere din bieful aval al secțiunii de control (liber/înecat);
2. "geometria" componentelor SCP (plutitori, tablîer) și ale spațiului de curgere (canalul);
3. condițiile limită ale modelului analitic și fizic (experimental).

Întrucât o mare parte din aceste aspecte au fost analizate amănunțit în capitole sau paragrafe anterioare, în continuare se va insista doar asupra celor neabordate încă. Astfel trebuie menționat faptul că forma secțiunii transversale a plutitorilor, tablîerului și a canalului conduc la modificări structurale importante ale relațiilor de legătură dintre adâncimile apei în cele două bieuri și care relații stau la baza calculului pierderilor de sarcină produse de SCP-am. Influența se realizează prin relațiile suprafețelor acestora, suprafețe necesare calculului forțelor hidrostatice și hidrodinamice. De asemenea, pentru a obține independența relațiilor pierderilor de sarcină față de tipodimensiune sau criterii de modelare, se vor deduce relații adimensionale [91]. În consecință vor fi acceptate următoarele notații (vezi fig.5.8 și 5.9):

$$\begin{aligned} \bar{h}_{am} &= \frac{h_{am}}{a}; \bar{h}_k = \frac{h_k}{a}; \bar{p} = \frac{p}{a}; \bar{d} = \frac{d}{a}; \bar{h}_c = \frac{h_c}{a}; \\ \bar{h}_c &= \psi'(\bar{h}_k - \bar{p}); \bar{h}_d = \frac{h_d}{a}; \bar{h}_s = \frac{h_s}{a}; \bar{h}_{av} = \frac{h_{av}}{a}; \\ \bar{D} &= \frac{D}{a}; \bar{Q}_{tr} = \frac{Q_{tr}}{ba\sqrt{ga}} \end{aligned} \quad (5.138)$$

unde: a - lungime fictivă (cu valoare prestabilită, oarecare);

Obs: mărimile fizice barate (dublu) sunt mărimi fizice adimensionale ale adâncimilor curentului de apă sau ale unor parametrii geometrici ai SCP (p, d, D), iar \bar{Q}_{tr} debitul adimensional tranzitat de SCP-am prin secțiunea de control.

1. **Regim liber** (cu sau fără salt hidraulic) în bieful aval ($h_{av,c} \geq h_{av}$)

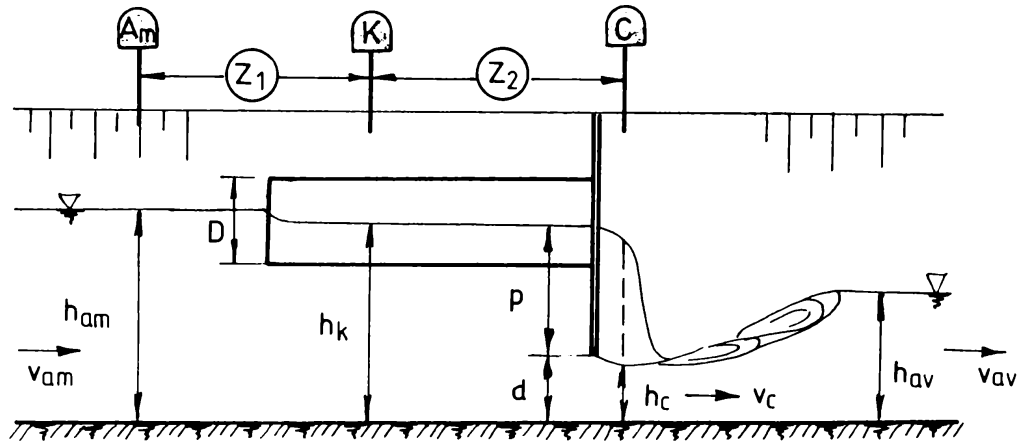


Fig. 5.8.

După cum se poate observa din fig.5.8, în cazul acestui tip de regim, spațiul de dezvoltare al mișcării cuprinde două zone distincte, și anume [91]:

- **Zona 1)** (Am - K), zona efectului disipator al plutitorilor (reducerea secțiunii de curgere cu valoarea secțiunii transversale a carei plutitorilor), care conduce la scăderea locală a adâncimii curentului de la valoarea h_{am} la valoarea h_k (pierderea de sarcină $\Delta h_{am,k}$);
- **Zona 2)** (K - C), zona efectului disipator al tablierului ("obturarea" secțiunii de curgere de la $S_{am} = C_{am} \cdot h_{am}^2$ la $S_{l+II} = C_d \cdot d^2 + 2mdp$), care conduce la scăderea nivelului de la valoarea h_k la h_c (pierderea de sarcină $\Delta h_{k,c}$).

Relațiile acestor nivele (pierderi de sarcină) se vor deduce separat pe zone, după cum urmează:

Zona (1) (E.T.E.) între secțiunile am - am și K - K, pentru cazul ideal.

$$\frac{v_{am}^2}{2g} + h_{am} = \frac{v_k^2}{2g} + h_k \quad (5.139)$$

unde: $\alpha_{am} \cong \alpha_k = 1,0$

$$\frac{1}{2g} v_{am}^2 = \frac{1}{2g} \frac{Q^2}{S_{am}^2} = \frac{1}{2} \frac{Q_{tr}^2}{C_{am}^2 h_{am}^4} \frac{b^2 a^4}{b^2 a^2 g a} \frac{1}{a}$$

și conform notațiilor din relațiile (5.138)

$$\frac{1}{2g} v_{am}^2 = \frac{1}{2a} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_{am}} \right)^2 \frac{1}{h_{am}^4} \quad (5.140)$$

$$\frac{1}{2g} v_k^2 = \frac{1}{2g} \frac{Q_{tr}^2}{S_k^2} = \frac{1}{2g} \frac{Q_{tr}^2}{(C_k h_k^2 - \pi D^2/4)^2}; C_k = \frac{b}{h_k} + m$$

$$\frac{1}{2g} v_k^2 = \frac{1}{2a} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_K} \right)^2 \frac{1}{\left(\bar{h}_K - \frac{\pi \bar{D}^2}{4 C_K} \right)^2} \quad (5.141)$$

Înlocuind relațiile (5.140) și (5.141) în relația (5.139) împărțită la "a" pentru obținerea adimensionării acesteia, unde

$$\bar{h}_{am} = \frac{h_{am}}{a} \text{ și } \bar{h}_K = \frac{h_K}{a} \text{ se obține}$$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_{am} \cdot a} \right)^2 \frac{1}{\bar{h}_{am}^4} + \bar{h}_{am} = \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_K \cdot a} \right)^2 \frac{1}{\left(\bar{h}_K - \frac{\pi \bar{D}^2}{4 C_K} \right)^2} + \bar{h}_K$$

sau:

$$\bar{h}_{am} = \bar{h}_K + \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_{am} \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_{am}}{C_K} \right)^2 \frac{1}{\left(\bar{h}_K - \frac{\pi \bar{D}^2}{4 C_K} \right)^2} - \frac{1}{\bar{h}_{am}^4} \right] \quad (5.142)$$

Relația (5.142) este o relație implicită, de forma $\bar{h}_{am} = f(\bar{h}_K, \bar{h}_{am})$. Dacă în această relație se neglijează influența ariei plutitorilor, se obține o relație simplificată de forma:

$$\bar{h}_{am} = \bar{h}_K + \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_{am} \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_{am}}{C_K} \right)^2 \frac{1}{\bar{h}_K^4} - \frac{1}{\bar{h}_{am}^4} \right] \quad (5.143)$$

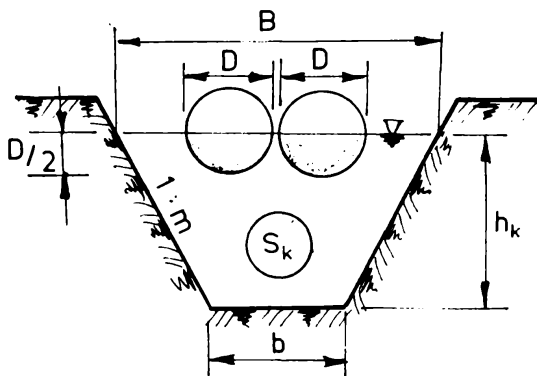


Fig. 5.9. Secțiunea k-k

Obs.: Van de Kaa, a obținut prin măsurători pe model, pentru regimul liber de curgere în bieful aval, valori mai mari cu 30% ale pierderilor de sarcină în zona 1 ($\Delta h_{am,K}$), față de cele rezultate din calcul cu ajutorul relației de tip 5.142 (dar pentru plutitor și secțiune canal de formă dreptunghiulară și rapoarte $S_{plut}/S_{canal} = (0,10..0,12)$) [91].

Din relația (5.142) se obține relația

pierderilor de sarcină, specifică spațiului zonei (1) ($\Delta \bar{h}_{am,K} = \bar{h}_{am} - \bar{h}_K$)

$$\Delta \bar{h}_{am,K} = \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_{am} \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_{am}}{C_K} \right)^2 \frac{1}{\left(\bar{h}_K - \frac{\pi}{4 C_K} \bar{D}^2 \right)^2} - \frac{1}{\bar{h}_{am}} \right] \quad (5.144)$$

sau în formă simplificată:

$$\Delta \bar{h}_{am,K} = \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_{am} \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_{am}}{C_K} \right)^2 \frac{1}{\bar{h}_K} - \frac{1}{\bar{h}_{am}} \right] \quad (5.145)$$

Zona (2) (E.T.E.) între secțiunile K - K și C - C, de asemenea pentru cazul ideal

$$\frac{h_K^2}{2g} + h_K = \frac{v_c^2}{2g} + h_c \quad (5.146)$$

unde:

$$\alpha_K \equiv \alpha_c = 1, 0; \quad h_c = \psi' \cdot d$$

$$\frac{1}{2g} v_K^2 = \frac{1}{2a} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_K} \right)^2 \frac{1}{\left(\bar{h}_K - \frac{\pi}{4 C_K} \bar{D}^2 \right)^2} \quad (5.141)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2g} v_c^2 &= \frac{1}{2g} \frac{Q_{tr}^2}{S_c^2} = \frac{1}{2g} \frac{Q_{tr}^2}{\left(C_c \cdot \psi'^2 \cdot d^2 + 2mpd \right)^2} \\ &= \frac{1}{2a} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_c} \right)^2 \cdot \frac{Q_{tr}^2}{\left(\psi'^2 \cdot \bar{d}^2 + \frac{2m}{C_c} \bar{p} \cdot \bar{d} \right)^2} \end{aligned} \quad (5.147)$$

Prin înlocuirea relațiilor (5.141) și (5.147) în relația (5.146) împărțită la "a" pentru obținerea adimensionalității se obține:

$$\bar{h}_K = \psi' \bar{d} + \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_K a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_K}{C_c} \right)^2 \frac{1}{\left(\psi'^2 \bar{d}^2 + \frac{2m}{C_c} \bar{p} \cdot \bar{d} \right)^2} - \frac{1}{\left(\bar{h}_K - \frac{\pi}{4 C_K} \bar{D}^2 \right)^2} \right]$$

sau

$$\bar{h}_K = \psi' \bar{d} + \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_K \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_K}{C_c} \right)^2 \frac{1}{\left(\psi'^2 \bar{d}^2 + \frac{2m}{C_c} \bar{p} \cdot \bar{d} \right)^2} - 1 \right] \frac{1}{\left(\bar{h}_K - \frac{\pi}{4 C_K} \bar{D}^2 \right)^2} \quad (5.148)$$

unde pentru deschiderea SCP-am se poate considera și expresia

$$\bar{d} = \bar{h}_K - \bar{p}$$

La fel ca în cazul relației (5.142) și relația (5.148) este o relație implicită de forma $\bar{h}_K = (\bar{d}, \bar{h}_K)$ sau $\bar{h}_K = f(\bar{h}_K)$. Dacă în această ultimă relație se neglijează influența plutitorilor se obține o relație simplificată

$$\bar{h}_k = \psi' \bar{d} + \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_K \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_K}{C_C} \right)^2 \frac{1}{\left(\psi'^2 \cdot \bar{d}^2 + \frac{2m}{C_C} \bar{p} \cdot \bar{d} \right)^2} - \frac{1}{\bar{h}_k^4} \right] \quad (5.149)$$

$$\bar{h}_k = \psi' \bar{d} + \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_K \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_K}{C_C} \right)^2 \frac{\bar{h}_k^4}{\left(\psi'^2 \cdot \bar{d}^2 + \frac{2m}{C_C} \bar{p} \cdot \bar{d} \right)^2} - 1 \right] \frac{1}{\bar{h}_k^4} \quad (5.150)$$

Relațiile pierderilor de sarcină produse în spațiul zonei 2 ($\Delta \bar{h}_{k,c} = \bar{h}_k - \bar{h}_c = \bar{h}_k - \psi' \bar{d}$)

sunt:

$$\Delta \bar{h}_{k,c} = \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_K \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_K}{C_C} \right)^2 \left(\frac{\bar{h}_k^2 - \frac{\pi}{4 C_K} \bar{D}^2}{\psi'^2 \cdot \bar{d}^2 + \frac{2m}{C_C} \bar{p} \cdot \bar{d}} \right)^2 - 1 \right] \frac{1}{\left(\bar{h}_k^2 - \frac{\pi}{4 C_K} \bar{D}^2 \right)^2} \quad (5.151)$$

sau

$$\Delta \bar{h}_{k,c} = \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_K \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_K}{C_C} \right)^2 \frac{\bar{h}_k^4}{\left(\psi'^2 \cdot \bar{d}^2 + \frac{2m}{C_C} \bar{p} \cdot \bar{d} \right)^2} - 1 \right] \frac{1}{\bar{h}_k^4}$$

2. Regim înecat ($h_{av,c} < h_{av}$, $h_n/p_0 < 0,8$ sau $h_n/p_0 > 0,8$) în bieful aval

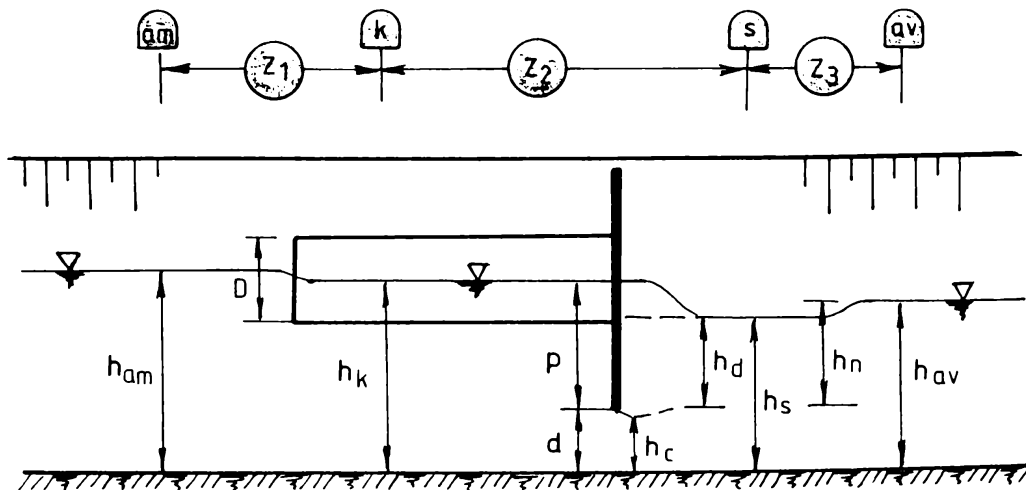


Fig. 5.10.

Spațiul caracteristic de dezvoltare al acestui regim cuprinde trei zone distincte (vezi fig.5.9) delimitate astfel [30], [91]:

- **Zona (1)** (am - K), cuprinsă între secțiunile local ortogonale (am - am) și (K - K); este zona efectului disipator al plutitorilor cu caracteristici neschimbate față de regimul liber;
- **Zona (2)** (K - S), cuprinsă între secțiunile local ortogonale (K - K) și (S - S), zonă de manifestare primordială a efectului disipator al măștii (scutului) stavilei; în consecință adâncimea curentului se reduce de la valoarea h_k la valoarea h_s ; este necesară luarea, aici, în considerare a efectului foțelor hidrostactice pe cele două fețe ale măștii (F_1 și F_2) și acceptarea următoarelor ipoteze:
 - neglijarea sarcinilor viteză în secțiunea de intrare și ieșire din volumul de control (K - K și S - S);
 - distribuția hidrostatică a presiunilor pe fațetele amonte și aval ale măștii și secțiunile de intrare și ieșire din volumul de control;
 - neglijarea energiei disipate în lungul spațiului volumului de control.
- **Zona (3)** (S - av), cuprinsă între secțiunile local ortogonale (S - S) și (av - av); este zona manifestării influenței nivelului biefului aval (efectul înecării); și în această zonă trebuie acceptate aceleași simplificatoare ca și pentru zona (2).

Relațiile de legătură între nivelurile caracteristice acestor trei zone, deduse prin utilizarea aceluiași model analitic ca și pentru regimul liber, vor fi:

Zona (1) (am - am) și (K - K) prezentând condiții similare regimului liber, va avea relația de legătură dintre adâncimile h_{am} și h_k , similară relației (5.142), adică

$$\bar{h}_{am} = \bar{h}_k + \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_{am} \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_{am}}{C_k} \right)^2 \frac{1}{\left(\bar{h}_k - \frac{\pi}{4 C_k} \bar{D}^2 \right)^2} - \frac{1}{\bar{h}_{am}^4} \right] \quad (5.142')$$

sau

$$\bar{h}_{am} = \bar{h}_k + \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_{am} \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_{am}}{C_k} \right)^2 \frac{1}{\bar{h}_k^4} - \frac{1}{\bar{h}_{am}^4} \right] \quad (5.143')$$

dacă se neglijează influența ariei plutitorilor; relațiile pierderilor de sarcină (energiei disipate), caracteristice zonei sunt în consecință următoarele:

$$\Delta \bar{h}_{am,k} = \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_{am} \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_{am}}{C_k} \right)^2 \frac{1}{\left(\bar{h}_k - \frac{\pi}{4 C_k} \bar{D}^2 \right)^2} - \frac{1}{\bar{h}_{am}^4} \right] \quad (5.144')$$

sau în formă simplificată:

$$\Delta \bar{h}_{am,k} = \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_{am} \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_{am}}{C_k} \right)^2 \frac{1}{\bar{h}_k^4} - \frac{1}{\bar{h}_{am}^4} \right] \quad (5.145')$$

Zona (2), situată între secțiunile de flux local ortogonale (K - K) și (S - S), în condițiile ipotezelor menționate și prin aplicarea

(E.T.I.): (K - K) și (S - S)

$$\vec{F}_{L-P}(S\Sigma) = -\vec{A}_{P-L} \quad (5.152)$$

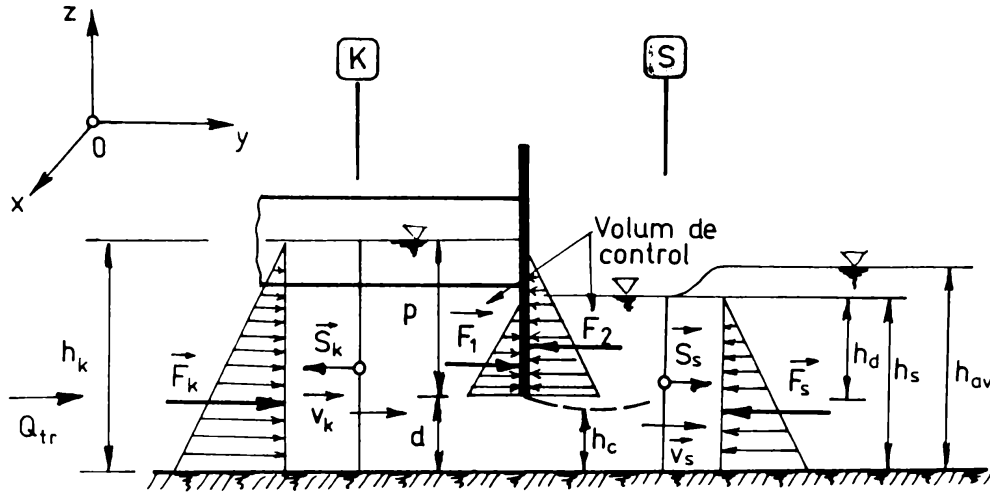


Fig. 5.11.

$$\vec{F}_{L-P}(S\Sigma) = \rho Q_{tr}(\vec{v}_K - \vec{v}_S) - p_K \vec{S}_K - p_S \vec{S}_S \quad (5.153)$$

sau

$$\vec{F}_{L-P}(S\Sigma) = \rho Q_{tr}(\vec{v}_K - \vec{v}_S) - \vec{F}_K - \vec{F}_S \quad (5.153')$$

$$\vec{A}_{P-L} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = p_1 \vec{S}_1 + p_2 \vec{S}_2 \quad (5.154)$$

prin înlocuirea relațiilor (5.153') și (5.154) în (5.152) se obține:

$$\rho Q_{tr}(\vec{v}_K - \vec{v}_S) - \vec{F}_K - \vec{F}_S = -(\vec{F}_1 + \vec{F}_2) \quad (5.155)$$

Proiectând relația vectorială (5.155) după axa longitudinală a mișcării (ox)

$$\rho Q_{tr}(v_K - v_S) + F_{Kx} - F_{Sx} = -F_{1x} + F_{2x} \quad (5.156)$$

sau

$$\rho Q_{tr}v_K + F_{Kx} + F_{1x} = \rho Q_{tr}v_S + F_{Sx} + F_{2x} \quad (5.156')$$

și explicitând termenii componenți până la forma adimensională

$$\rho Q_{tr}v_K = \rho \frac{Q_{tr}^2}{S_K} = \frac{\rho Q_{tr}^2}{C_K h_K^2 - \frac{\pi}{4} D^2} = \rho g \frac{\overline{Q}_{tr}^2 \cdot b^2 \cdot a}{C_K \overline{h}_K^2 - \frac{\pi}{4} \overline{D}^2} \quad (5.157)$$

$$\rho Q_{tr}v_S = \rho \frac{Q_{tr}^2}{S_S} = \frac{\rho Q_{tr}^2}{C_S h_S^2} = \rho g \frac{\overline{Q}_{tr}^2 \cdot b^2 \cdot a}{C_S \overline{h}_S^2} \quad (5.158)$$

$$F_{KS} = \rho g Z_{GKx} S_{Kx} = \rho g \frac{h_K (3\beta_K + 2m)}{6 (\beta_K + m)} (\beta_K + m) h_K^2 = \rho g h_K \frac{C'_K}{C_K} C_K h_K^2$$

$$F_{KS} = \rho g h_K C'_K h_K^3 = \rho g a^3 C'_K \overline{h}_K^3 \quad (5.159)$$

$$F_{Sx} = \rho g z_{GSx} S_{Sx} = \rho g C'_s h_s^3 = \rho g a^3 C'_s \bar{h}_s^3 \quad (5.160)$$

$$F_{1x} = \rho g Z_{G1x} S_{1x} = \rho g C'_d h_d^3, \text{ unde}$$

$$C_d = \frac{b}{h_d} + m; C'_d = \frac{1}{6} \left(3 \frac{b}{h_d} + 2m \right); h_d = h_s - d$$

$$F_{1x} = \rho g C'_d (h_s - d)^3 = \rho g a^3 C'_d (\bar{h}_s - \bar{d})^3 \quad (6.161)$$

$$F_{2x} = \rho g Z_{G2x} S_{2x} = \rho g C'_p p^3, \text{ unde}$$

$$C_p = \frac{b}{p} + m; C'_p = \frac{1}{6} \left(3 \frac{b}{p} + 2m \right)$$

$$F_{2x} = \rho g a^3 \bar{p}^3 \quad (5.162)$$

se obține prin înlocuirea relațiilor (5.157), (5.158), (5.159), (5.160), (5.161) și (5.162) în (5.156')

$$\left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{a} \right)^2 \frac{1}{C_K \bar{h}_K^2 - \frac{\pi \bar{D}^2}{4}} + C'_K \bar{h}_K^3 = \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{a} \right)^2 \frac{1}{C_s \bar{h}_s^2} + C'_s \bar{h}_s^3 - C'_d (\bar{h}_s - \bar{d})^3 + C'_p \bar{p}^3 \quad (5.163)$$

sau în formă simplificată, prin neglijarea influenței plutitorilor

$$\left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{\sqrt{C_K} \cdot a} \right)^2 \frac{1}{\bar{h}_K} + C'_K \bar{h}_K^3 = \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{\sqrt{C_s} \cdot a} \right)^2 \frac{1}{\bar{h}_s} + C'_s \bar{h}_s^3 - C'_d (\bar{h}_s - \bar{d})^3 + C'_p \bar{p}^3 \quad (5.163')$$

În aceste ultime două relații, necunoscuta principală este $\bar{h}_s = h_s/a$, căci pentru \bar{h}_K valoarea a fost determinată din relațiile zonei (1) (5.142' sau 5.143') sau $\bar{h}_K = \bar{h}_{am} - \Delta \bar{h}_{am,K}$ (5.144' sau 5.145' $\bar{h}_K = h_K/a$; $\bar{h}_{am} = h_{am}/a$). Având în vedere forma relativ complicată a relațiilor (5.163) și (5.163'), valoarea necunoscutei \bar{h}_s se determină prin calcul iterativ astfel încât să fie îndeplinită (cât mai exact) condiția egalității celor doi membri ai lor.

Energia disipată (pierderea de energie) în această zonă se calculează din:

$$\Delta \bar{h}_{K,S} = \bar{h}_K - \bar{h}_S; (\Delta h_{K,S} = \Delta \bar{h}_{K,S} \cdot a) \quad (5.164)$$

Zona (3), situată între secțiunile de flux local ortogonale (S - S) și (av - av), în care similar zonei (2), vom obține

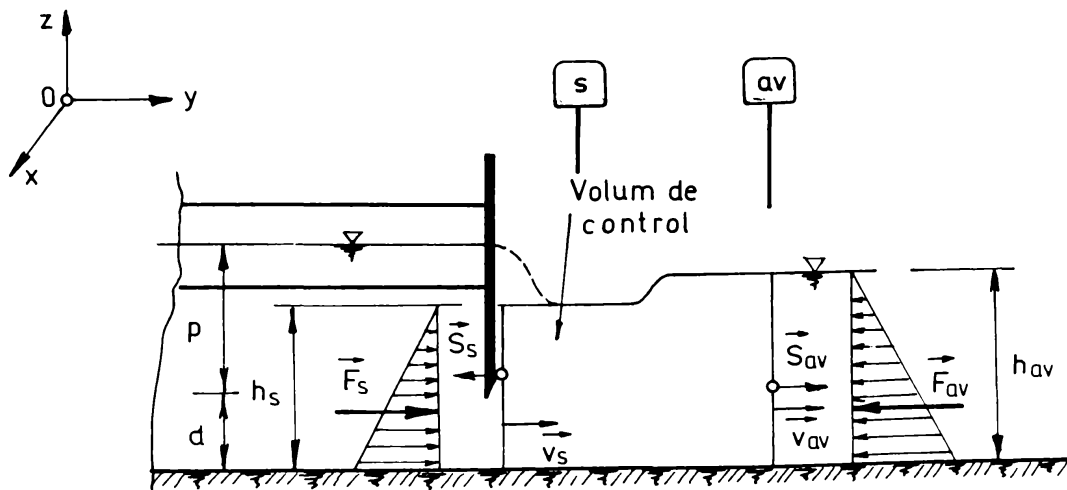


Fig. 5.12 .

(E.T.I.): (S - S), (av - av)

$$\rho Q_{tr}(\bar{v}_S - \bar{v}_{av}) - p_S \bar{S}_S - p_{av} \bar{S}_{av} = 0 \quad (5.165)$$

sau

$$\rho Q_{tr}(\bar{v}_S - \bar{v}_{av}) - \bar{F}_S - \bar{F}_{av} = 0 \quad (5.165')$$

care proiectată după axa longitudinală a mișcării (oy) devine:

$$\rho Q_{tr} v_S - \rho Q_{tr} v_{av} + F_{Sx} - F_{avx} = 0 \quad (5.166)$$

unde:

$$\rho Q_{tr} v_S = \rho \frac{Q_{tr}^2}{S_S} = \rho \frac{Q_{tr}^2}{C_S h_S^2} = \rho g \frac{\bar{Q}_{tr}^2 b^2 a}{C_S h_S^2} \quad (5.167)$$

$$C_S = \frac{b}{h_S} + m$$

$$\rho Q_{tr} v_{av} = \rho \frac{Q_{tr}^2}{S_{av}} = \rho \frac{Q_{tr}^2}{C_{av} h_{av}^2} = \rho g \frac{\bar{Q}_{tr}^2 h^2 a}{C_{av} h_{av}^2} \quad (5.168)$$

$$C_{av} = \frac{b}{h_{av}} + m$$

$$F_{Sx} = \rho g Z_{GSx} S_{Sx} = \rho g a^3 C'_S \bar{h}_S^3 \quad (5.169)$$

$$F_{avx} = \rho g Z_{Gavx} S_{avx} = \rho g a^3 C'_{av} \bar{h}_{av}^3 \quad (5.170)$$

$$C'_{av} = \frac{1}{6} \left(3 \frac{b}{h_{av}} + 2m \right)$$

Înlocuind relațiile (5.167), (5.168), (5.169) și (5.170) în (5.166), se obține:

$$\left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{\sqrt{C_S} \cdot a} \right)^2 \frac{1}{h_S^2} + C'_S \bar{h}_S^3 - \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{\sqrt{C_{av}} \cdot a} \right)^2 \frac{1}{h_{av}^2} - C'_{av} \bar{h}_{av}^3 = 0 \quad (5.171)$$

$$C'_S \bar{h}_S^5 - \left[\left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{\sqrt{C_{av}} \cdot a} \right)^2 \frac{1}{h_{av}^2} + C'_{av} \bar{h}_{av}^3 \right] h_S^2 + \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{\sqrt{C_S} \cdot a} \right)^2 = 0 \quad (5.172)$$

ecuație în care notând cu:

$$a_S = C'_S \bar{h}_S; b_{av} = \left[\left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{\sqrt{C_{av}} \cdot a} \right)^2 \frac{1}{h_{av}^2} + C'_{av} \bar{h}_{av}^3 \right];$$

$$c_S = \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{\sqrt{C_S} \cdot a} \right)^2$$

se obține ecuația implicită (în \bar{h}_S), bipătrată

$$a_S \bar{h}_S^4 - b_{av} \bar{h}_{av}^2 + c_S = 0 \quad (5.173)$$

cu soluțiile ($\in R_+$):

$$\begin{aligned} \bar{h}_S &= \sqrt{\frac{b_{av} \pm \sqrt{b_{av}^2 - 4 a_s c_s}}{2 a_s}} \quad \text{sau} \\ \bar{h}_S &= \sqrt{\frac{b_{av} \pm \sqrt{b_{av}^2 - 4 \frac{C'_s}{C_s} \frac{\bar{Q}_{tr}^2 b^2}{a^2} \bar{h}_S}}{2 C'_s \bar{h}_S}} \end{aligned} \quad (5.174)$$

a căror condiție de domeniu ($\bar{h}_S \in R_+ \Leftrightarrow \Delta_S \geq 0$) este dată de:

$$\begin{aligned} b_{av}^2 &\geq 4 \frac{C'_s}{C_s} \frac{\bar{Q}_{tr}^2 b^2}{a^2} \bar{h}_S \quad \text{sau,} \\ \bar{h}_S \frac{C'_s}{C_s} &\leq \left(\frac{b_{av} \cdot a}{2 \bar{Q}_{tr} \cdot b} \right)^2 \end{aligned} \quad (5.175)$$

Obs: inegalitatea (5.175) reprezintă de fapt condiția de limitare valorică prin calcul a adâncimii \bar{h}_S în relația implicită (5.174).

5.2.4. Aspecte teoretice ale ancorării SCP-am

Menținerea în poziție de lucru (secțiunea de control) a SCP se realizează, după cum am mai arătat și în capitolul 4, prin ancorare (borne și cabluri de ancoraj, fig.4.1). Ca atare o completă dimensionare a SCP necesită și determinarea forțelor de solicitare a cablurilor de ancoraj. Sursa acestor solicitări este de fapt forța hidrodinamică a curentului, sau altfel spus forța de împingere a curentului apei asupra tablierului și a plutitorilor.

Pentru determinarea acestor forțe se poate utiliza ecuația transferului impulsului pentru un volum de control în care suprafața laterală este parțial rigidă și parțial liberă și cuprins între secțiunile de flux local ortogonale (am - am) și (t - t), în condițiile admiterii următoarelor ipoteze:

- distribuția hidrostatică a presiunilor în secțiunile menționate (cantitativ acoperitor);
- distribuția uniformă a vitezelor în aceleași secțiuni, dar mai ales în secțiunea t-t,

unde modelul fizic adoptat diferențiază secțiunea în două zone distincte (ipoteză susținută și de neformarea aici a vârtejurilor - turbulență accentuată);

- neglijarea frecărilor la frontiera volumului de control ($S\Sigma$), a pierderilor de sarcină cauzate de plutitori ($h_{am} \equiv h_K$) și a forțelor volumice (\bar{G}).

În aceste condiții:

$$\begin{aligned} &(E.T.I.) \text{ am - am, t - t} \\ \bar{F}(S\Sigma) &= \rho Q_{tr} (\bar{v}_{am} - \bar{v}_t) + \bar{P}_{am} + \bar{P}_t \end{aligned} \quad (5.176)$$

sau $\bar{F}(S\Sigma) = \rho Q_{tr}(\bar{v}_{am} - \bar{v}_t) - p_{am}\bar{S}_{am} - p_t\bar{S}_t$ (5.177)

care proiectată după axa longitudinală (oy, cu sens pozitiv în sensul mișcării) devine:

$F(S\Sigma) = \rho Q_{tr}(v_{am} - v_t) + p_{am}S_{am} - p_tS_t$ (5.177)

unde:

$v_{am} = \frac{Q_{tr}}{S_{am}} = \frac{Q_{tr}}{C_{am}h_{am}^2}$ (5.178)

$C_{am} = (\beta_{am} + m)$

$v_t = \frac{Q_{tr}}{S_t} = \frac{Q_{tr}}{C_d d^2 + 2mpd}$ (5.179)

$C_d = (\beta_d + m)$

$p_{am}S_{am} = \rho g Z_{Gam} S_{am} = \rho g \frac{C'_{am}}{C_{am}} h_{am} \cdot C_{am} h_{am}^2 = \rho g C'_{am} h_{am}^3$ (5.180)

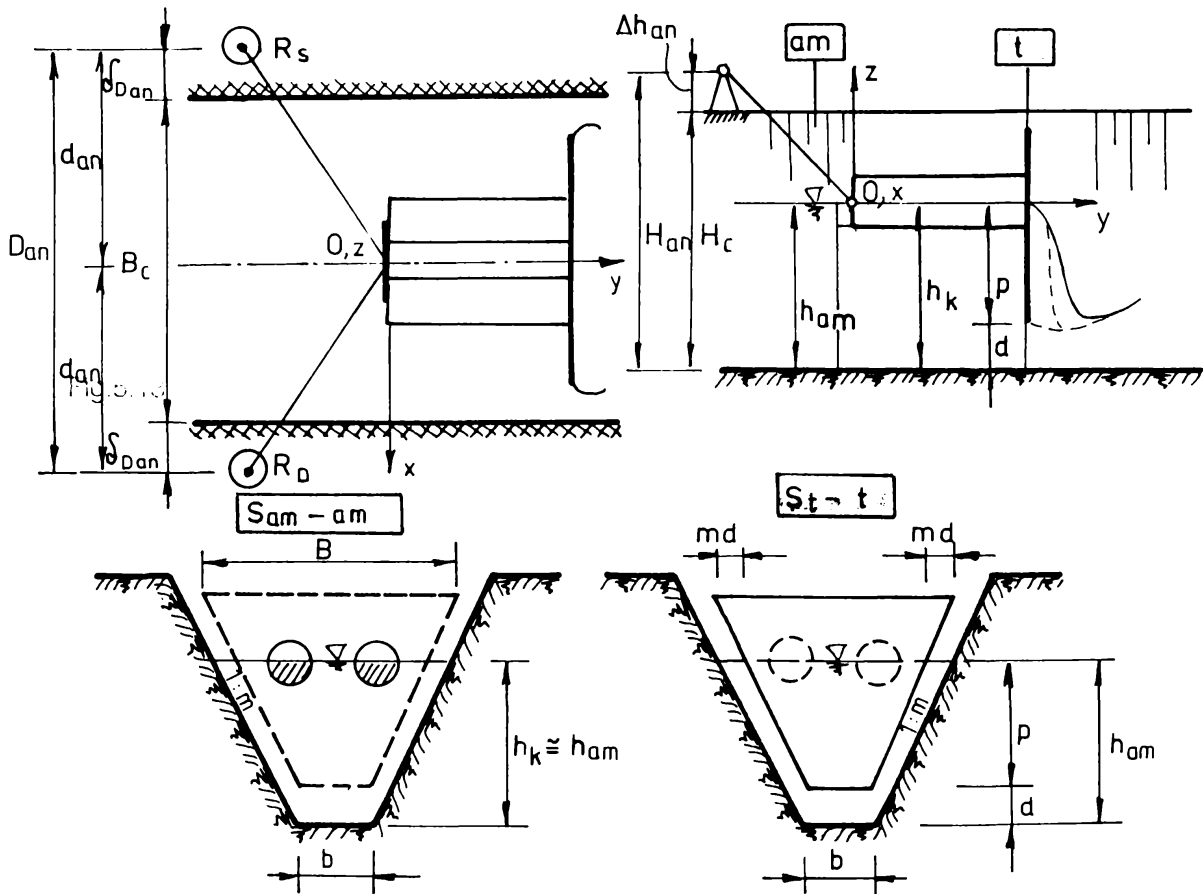


Fig. 5.13.

$C'_{am} = \frac{3\beta_{am} + 2m}{6}$

$p_t S_t = \rho g Z_{Gt} S_t; S_t = S_1 + 2S_2$

$Z_{Gt} = \frac{Z_{Gt1} S_1 + 2Z_{Gt2} S_2}{S_1 + 2S_2}$

$$Z_{Gt1} = p + \frac{C'_d}{C_d} d; C'_d = \frac{(3\beta_{am} + 2m)}{6};$$

$$Z_{Gt2} = \frac{p}{2}; S_1 = C_d d^2; S_2 = mpd$$

$$\Rightarrow Z_{Gt} = \frac{(C_d p + C'_d d)d^2 + mdp^2}{C_d d^2 + 2mpd} \quad (5.181)$$

$$\text{și } p_t S_t = \rho g [(C_d p + C'_d d)d^2 + mdp^2] \quad (5.182)$$

Înlocuind relațiile (5.178), (5.179), (5.180) și (5.182) în (5.177) și grupând convenabil se obține expresia forței hidrodinamice $F(S\Sigma)$ ce acționează asupra tablierului (scutului) stavilei.

$$F(S\Sigma) = \rho Q_{tr}^2 \left(\frac{1}{S_{am}} - \frac{1}{S_t} \right) + \rho g [C'_{am} h_{am}^2 - (C_d p + C'_d d)d^2 - mdp^2] \quad (5.183)$$

Având în vedere faptul că pentru stabilirea relației (5.183) am acceptat faptul că distribuția hidrostatică a presiunilor în secțiunile de intrare și ieșire din volumul de control, și că în fond forța necesară ancorării provine din acțiunea hidrodinamică a curentului asupra tablierului stavilei și plutitorilor, relația amintită merită comparată cantitativ cu relația forței hidrostatice rezultante de pe tablier. Expresia acesteia este:

$$F_h = \rho g Z_{Gp} S_p = \rho g C'_p p^3 \quad (5.184)$$

$$\text{unde: } C'_p = \frac{3\beta_p + 2m}{6}; \beta_p = \frac{b}{p}$$

Forța de tracțiune din cablurile de ancoraj în conformitate cu modelul de axe de coordonate ales (vezi fig.5.14) este direct dependentă de elementele geometrice ale ancorării, adică de lungimea cablurilor (l_{an}), distanța dintre bornele de ancoraj ($D_{an} = 2 \cdot d_{an}$), unghiurile α_0 , β_0 și unghiurile directe α , β , γ . Aceste elemente sunt dependente la rândul lor de mărimile caracteristice ale secțiunii transversale a canalului din zona secțiunii de control a SCP (H_c , B_c , b_c , m) și mărimi caracteristice stavilei ("pragul" tablierului - p - și deschiderea stavilei - d -).

În acest context:

- distanța dintre bornele de ancoraj (D_{an})

$$D_{an} = B_c + 2 \delta_{Dan} \quad (5.185)$$

- semidistanța dintre borne

$$d_{an} = \frac{1}{2} D_{an} \quad (5.186)$$

- lungimea cablurilor de ancoraj (l_{an}) se poate alege după dorință sau necesități, dar

se recomandă ca

$$l_{an} \geq \sqrt{2}d_{an} \quad (5.187)$$

- unghiul $\alpha_0 = \angle R'_S O R'_S$ sau $\alpha_0 = \angle R'_D O R'_D$ ($O R'_S, O R'_D \in [xOy]$ - [luciu apei]);

$$\alpha_0 = \arcsin \left[\frac{(H_c + \Delta h_{an}) - h_{ami}}{l_{an}} \right] = \arcsin \left(\frac{H_{an} - h_{ami}}{l_{an}} \right) \quad (5.188)$$

unde: adâncimea apei $h_{ami} \in [p; h_{am}(Q_{tr,max})]$ și corespunzător acestor valori extreme:

$$\alpha_{0Max} = \arcsin \left(\frac{H_{an} - p}{l_{an}} \right) \quad (5.188')$$

$$\alpha_{0min} = \arcsin \left(\frac{H_{an} - h_{am}(Q_{tr,max})}{l_{an}} \right) \quad (5.188'')$$

valori care corespund poziției închise a SCP (α_{0Max}), deci debitului minim tranzitat (Q_{min}) spre bieful aval și respectiv SCP cu deschidere maximă (α_{0min}), deci debitului maxim tranzitat ($Q_{tr,max}$);

- unghiul $\beta_0 = \angle R'_S O M = \angle R'_D O M$ ($R_{SM} = R_{DM} = d_{an}$);

$$\beta_0 = \arcsin \left(\frac{d_{an}}{l_{an}} \right) \quad (5.189)$$

- unghiurile directe ale forței de tracțiune din cablurile de ancoraj (F_{an}),

$$\alpha = \angle R'_S O P; \quad \beta = \angle R'_S O M'_0; \quad \gamma = \angle R'_S O N$$

pentru determinarea cărora se explicitează în prealabil

$$R'_S R'_S = R'_D R'_D = M M'_0 = H_{an} - h_{ami};$$

$$R'_S M = R'_S M'_0 = d_{an}; \quad O R'_S = O R'_D = l_{an};$$

$$O M = \sqrt{l_{an}^2 - d_{an}^2}; \quad R'_S M'_0 = \sqrt{(H_{an} - h_{ami})^2 + d_{an}^2}$$

$$M'_0 O = \sqrt{(l_{an}^2 - d_{an}^2) - (H_{an} - h_{ami})^2} \quad (5.190)$$

și:

$$\alpha = \arccos \left(\frac{d_{an}}{l_{an}} \right) \quad \text{sau} \quad \alpha = \arcsin \left(\frac{\sqrt{l_{an}^2 - d_{an}^2}}{l_{an}} \right) \quad (5.191)$$

$$\beta = \arccos \left(\frac{\sqrt{(l_{an}^2 - d_{an}^2) - (H_{an} - h_{ami})^2}}{l_{an}} \right)$$

$$\text{sau} \quad \beta = \arcsin \left(\frac{\sqrt{d_{an}^2 + (H_{an} - h_{ami})^2}}{l_{an}} \right) \quad (5.192)$$

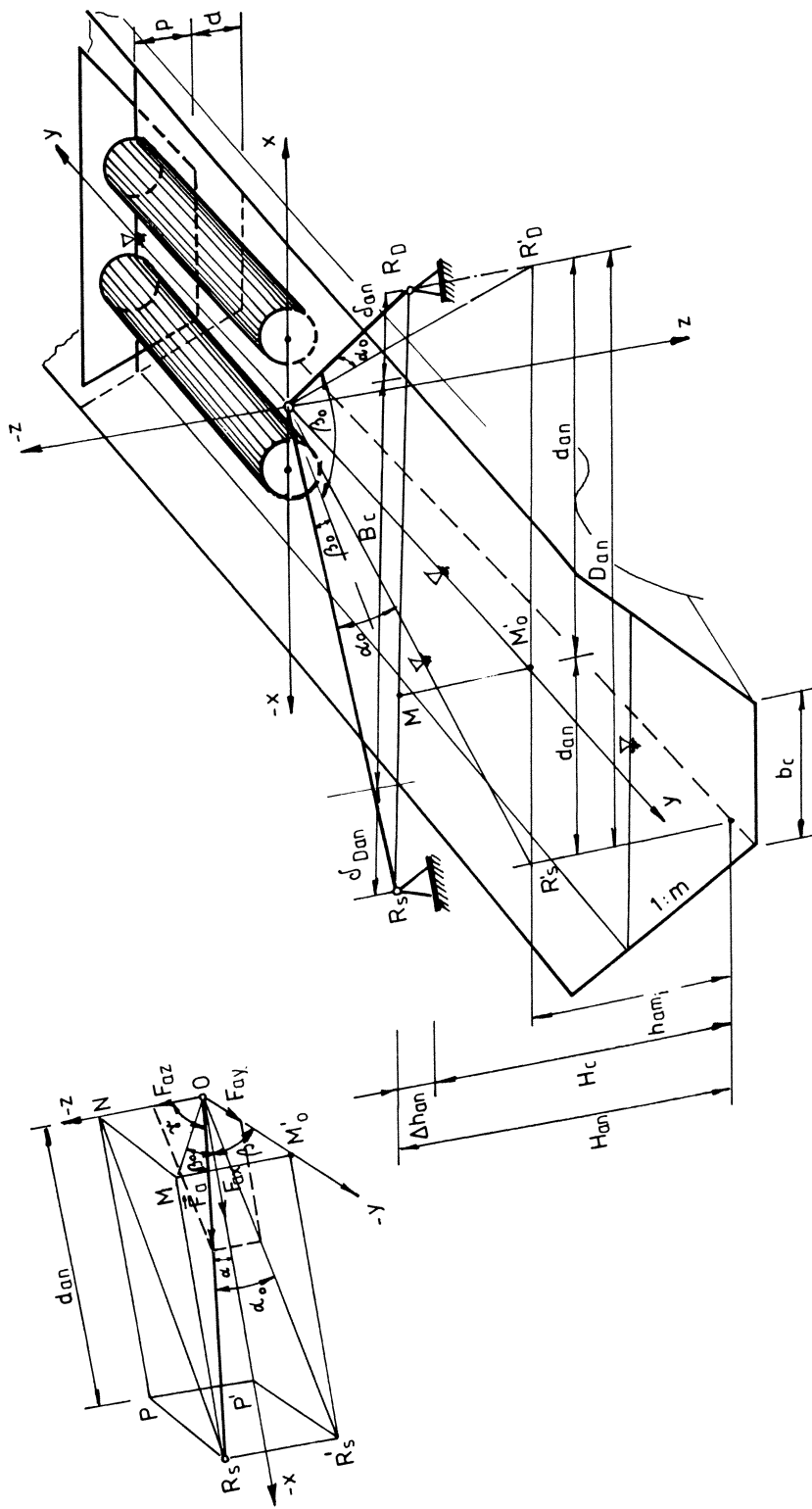


Fig. 5.14.

$$\gamma = \arccos\left(\frac{H_{an} - h_{ami}}{l_{an}}\right) \text{ sau } \gamma = \arcsin\left(\frac{\sqrt{l_{an}^2 - (H_{an} - h_{ami})^2}}{l_{an}}\right) \quad (5.193)$$

sau funcție de unghiurile α_0, β_0 , și de "geometria" tetraedrului forțelor:

$$\alpha = \arccos(\sin\beta_0) \text{ sau } \alpha = \arcsin(\cos\beta_0) \quad (5.191')$$

$$\beta = \arccos\sqrt{1 - (\sin^2\beta_0 + \sin^2\alpha_0)} \quad (5.192')$$

$$\gamma = \arccos(\sin\alpha_0) \text{ sau } \gamma = \arcsin(\cos\alpha_0) \quad (5.193')$$

În conformitate cu sistemul de axe ortogonale ales ($[xOy]$ coplanar cu planul luciului apei, axa Oy fiind axa longitudinală a mișcării) și unghiurile directoare formate (dependente de mărimile inițiale $H_c, B_c, b, m, \Delta h_{an}, \delta_{Dan}$, dar mai ales h_{an} și p), rezultă că:

$$F_y = |-F(S\Sigma)| \quad (5.194)$$

iar forța din cablurile de ancorare

$$F_{an} = \frac{1}{2} |-F(S\Sigma)| \cos\beta \quad (5.195)$$

Analizând mai atent relațiile forțelor $F(S\Sigma)$, (5.183) și F_{an} , (5.195) se pot trage unele concluzii utile (concluzii care vor fi verificate și analizate în cap.7), pentru un regim de funcționare stabilit (cu caracteristicile $h_{am} = \text{const.}$, Q_{maxC}^n bine definite), care cuprinde în mod obișnuit etapele:

1. **etapa umplerii biefului**, în care din punct de vedere al SCP (prin tablier și ancorare) regimul este prioritar hidrostatic ($h_{ami} \in [0 \dots p]$), datorită faptului că tablierul nu realizează o închidere etanșă a secțiunii de control;

2. **etapa de funcționare liberă** în bieful aval (cu salt îndepărtat sau imediat), în care regimul este hidrodinamic, iar $h_{am_i} \in [p \dots h_{am}(Q_{tr,max}^c)]$;

3. **etapa de funcționare înecată** în bieful aval, când nivelul apei din acest bief (h_{avi}) este în creștere și îneacă saltul hidraulic; regimul este de asemenea hidrodinamic.

În etapa umplerii biefului controlat, forța ce acționează asupra stavilei, deci și cele din cablurile de ancoraj sunt continuu crescătoare până la o valoare maximă ($f(h_{ami} = p)$) în relațiile (5.183) și (5.195), iar unghiurile $\alpha_0, \beta_0, \alpha, \beta$ și γ au valori constante până la încheierea acestei etape ($h_{ami} = p$), adică începerea plutirii SCP (α_0 , și β au valori maxime, γ valoare minimă, iar α și β_0 valori constante, indiferent de etapa funcțională).

În etapa a doua, care debutează odată cu începerea plutirii, forțele studiate descresc ușor cu creșterea adâncimii biefului amonte, descrescere datorată variației impulsului între secțiunile de intrare (am) și ieșire (t) din volumul de control (transferul energiei potențiale de presiune în

energie cinetică), unghiurile α_0 și β descresc, iar γ crește ($\alpha, \beta_0 = \text{ct}$). O dată cu începerea înecării saltului hidraulic (etapa a treia) influența nivelului apei din bieful aval (efectul înecării) conduce la descreșterea substanțială a forțelor $\vec{F}(\Sigma)$ și \vec{F}_{an} până la anularea acestora ($h_{am} = h_{av}$, plutire cu cablurile de ancoraj detensionate), unghiurile $\alpha, \beta, \alpha_0, \beta_0, \gamma$ având aceleași evoluții ca și în etapa anterioară.

Se mai poate menționa proporționalitatea acestor forțe cu mărimile p și l_{an} și proporționalitatea inversă cu mărimile D_{an} și H_{an} .

CAPITOLUL 6 TEMATICA DE CERCETARE, BAZA EXPERIMENTALĂ, TEHNICA MĂSURĂTORILOR

6.1. Tematica, direcțiile de cercetare

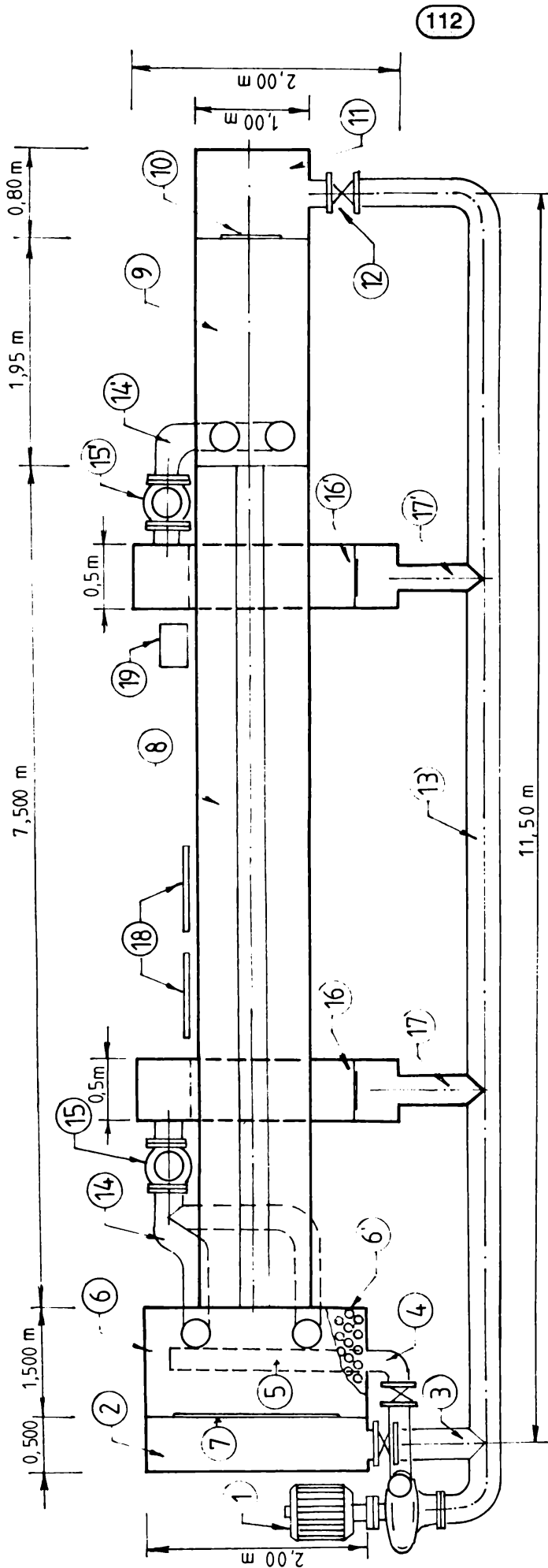
Analizele de principiu, studiile teoretice de amănunt ale evoluției curgerii în secțiunea de control a SCP, dezvoltate în capitolele 1,3,4, și 5, au orientat cercetările experimentale spre următoarele direcții (în deplin acord cu obiectivele tezei):

- definirea rolului funcțional al SCP, determinarea limitelor $Q_{ir}=const.$ și $h_{am}=const.$, funcție de evoluția nivelului din bieful aval, încadrarea SCP între celelalte regulatoare de nivel și/sau debit;
- verificarea modelului fizic și analitic stabilite prin cercetările teoretice (relațiile condițiilor de plutire, ale debitului tranzitat, ale pierderilor de sarcină etc.);
- evaluarea și reprezentarea dependenței coeficienților nedeterminați ai relațiilor analitice caracteristice SCP, funcție de tipul regimului hidraulic de curgere din bieful aval (de contracție, viteză, debit, înecare);
- determinări valorice ale pierderilor de sarcină funcție de tipul regimului hidraulic din bieful aval și debitul tranzitat; alcătuirea diagramelor $Q_{ir}=Q(\Delta h;$ tipodimensiune);
- considerații asupra delimitării zonei de autoreglaj a SCP, funcție de consumurile din biefuri (amonte/aval);
- observații pentru furnizarea de informații utile referitoare la exploatarea și întreținerea SCP.

6.2. Baza experimentală de laborator și de teren, aferentă tematicii de cercetare

Baza experimentală, atât cea de laborator cât și cea de teren, sunt realizate în conformitate cu obiectivele tematicii tezei, deci cu direcțiile de cercetare menționate în paragraful anterior al acestui capitol.

Standul de laborator este amplasat pe o suprafață de cca 42 m², în cadrul laboratorului de "Irigații și drenaje" al catedrei de Îmbunătățiri Funciare din cadrul Facultății de Hidrotehnică din Timișoara. Alimentarea cu apă este asigurată de rețeaua de alimentare cu apă a orașului, iar circulația acesteia în stand se va face prin pompare după principiul vehiculării în circuit închis. Este alcătuit din următoarele mari părți (vezi fig.6.1. și foto 6.1, 6.2) [98], [99]:



- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ① Pompa tip CRIS – 150 ② Bazin de aspirație pompă; ③ Conductă aspirație pompă, cu vană de reglaj ④ Conductă de refluxare pompă cu vană de reglaj ⑤ Conductă de alimentare stand, cu perforații ⑥ Bazin de alimentare al compartimentului de studiu, cu grătar de liniștire (6') ⑦ Devorsor de măsură debit și nivel constant, bief am. SCP; ⑧ Compartiment (canal) de studiu al caracteristicilor hidraulice ale SCP ⑨ Bazin de colectare (și liniștire) Q_{tr} din compartimentul de studiu al SCP | <ul style="list-style-type: none"> ⑩ Devorsor de măsură debit (Q_{tr}) și reglare a nivelului în bieful aval al SCP ⑪ Bazin de evacuare al Q_{tr} către recirculare; ⑫ Priza de captare a conductei de recirculare ⑬, cu vană de reglaj ⑭ ⑮ Conducte cu prize de captare și tranzitare a consumurilor către vanele electrice ⑮ și ⑮ din biefurile amonte respectiv aval ⑯ ⑰ Bazine de acces (cu grătare de liniștire) ale secțiunilor deversoare de măsură ale consumurilor amonte respectiv aval; ⑱ Panouri piezometrice; ⑲ Tablouri comenzi pompă și vane electrice |
|--|--|

Fig. 6.1. Plan general al standului experimental de laborator

- 1) compartimentul care asigură alimentarea cu apă a standului;
- 2) compartimentul destinat studiului propus prin tematica tezei;
- 3) compartimentele de simulare, control și măsură ale consumurilor de apă din biefuri;
- 4) compartimentul de colectare, măsură și recirculare a debitului tranzitat prin zona de studiu (2).



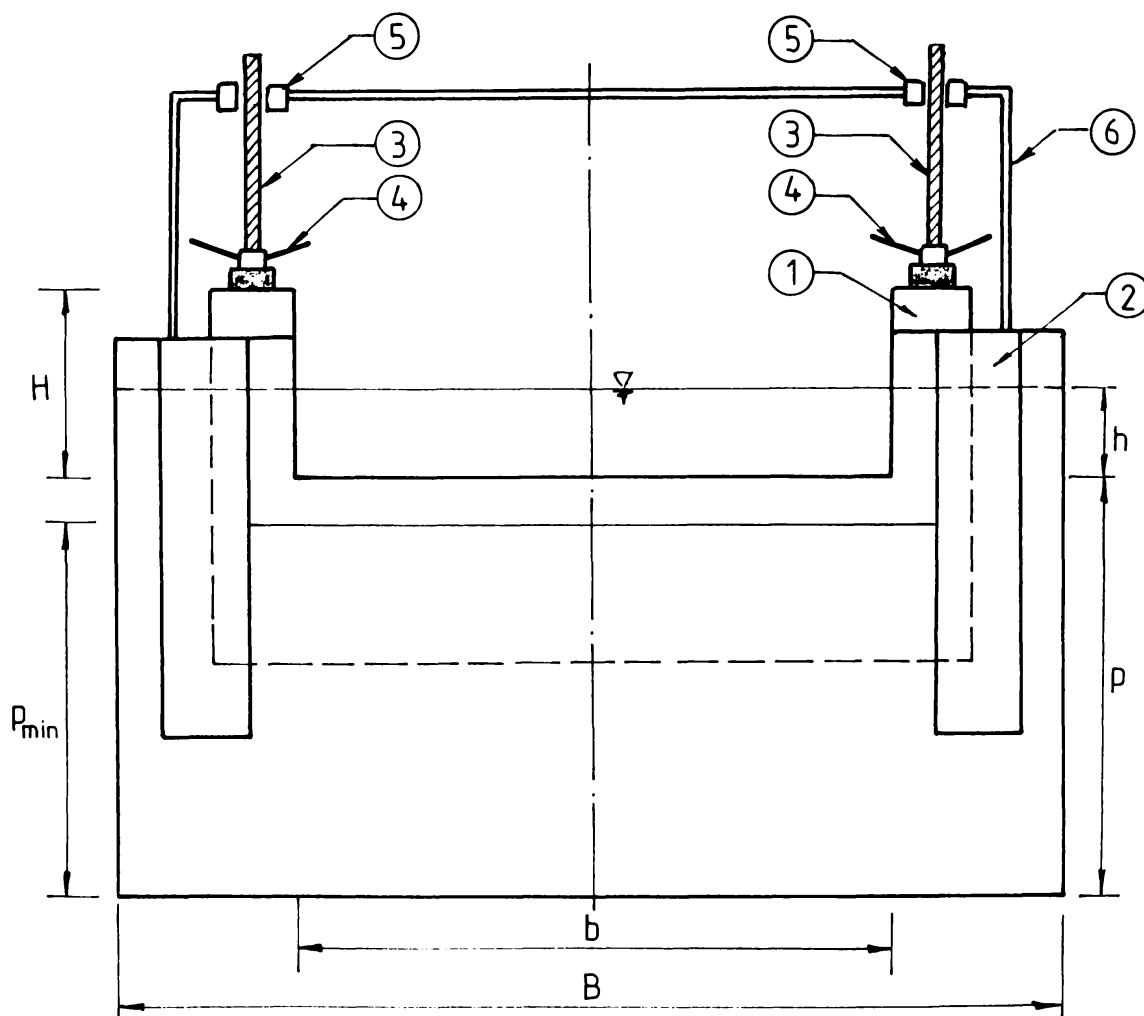
Foto 6.1

Foto 6.2

Compartimentul de alimentare cu apă al standului la nivel constant (bieful amonte de secțiunea de control a SCP), este alcătuit din:

- pompa (1) **tip CRIȘ-150**
- bazinul de aspirație al pompei (2), realizat din tablă OL 37 ($\delta = 5\text{mm}$), cu dimensiunile (2,00 x 0,50 x 1,20) m;
- conducta de aspirație a pompei (3), prevăzută cu vană de reglaj ($D_n = 250\text{mm}$);
- conducta de refulare pompă (4), prevăzută cu vană de reglaj ($D_n = 150\text{mm}$), prelungită cu conducta de alimentare a standului (5) ($D_n = 150\text{mm}$) cu perforații pentru uniformizarea și liniștirea alimentării ($\phi = 10\text{mm}$);
- bazinul de refulare al pompei (6), (alimentare stand) realizat din tablă OL 37 ($\delta = 5\text{mm}$) cu dimensiunile (2,00 x 1,00 x 1,20)m; pentru îmbunătățirea condițiilor de acces a apei către zona de studiu a standului este prevăzut suplimentar grătarul de liniștire (6') realizat din tablă ($\delta = 5\text{mm}$, cu găuri $\phi = 20\text{mm}$);

- deversorul (7) de măsură a debitului și reglaj (menținere constantă) a nivelului apei în bieful amonte al SCP; este un deversor dreptunghiular în perete subțire, cu contracție laterală și prag variabil (vezi fig.6.2 și foto 6.3.), realizat din tablă OL 37 ($\delta = 4\text{mm}$); muchia deversorului este prelucrată prin polizare (1,5mm zona orizontală a crestei, iar diferența - 2,5mm - fiind prelucrată sub un unghi de 45° față de orizontală.



OBS : Semnificația numerotării elementelor componente este aceeași ca și în cazul deversorului cu prag variabil din bieful aval

Caracteristicile geometrice ale deversorului ①: $b = 1250\text{ mm}$; $B = 2000\text{ mm}$;
 $P_{\min} = 800\text{ mm}$; $H = 400\text{ mm}$; $\delta = 5\text{ mm}$

Fig.6.2. Vedere frontală a deversorului cu prag variabil din bieful amonte

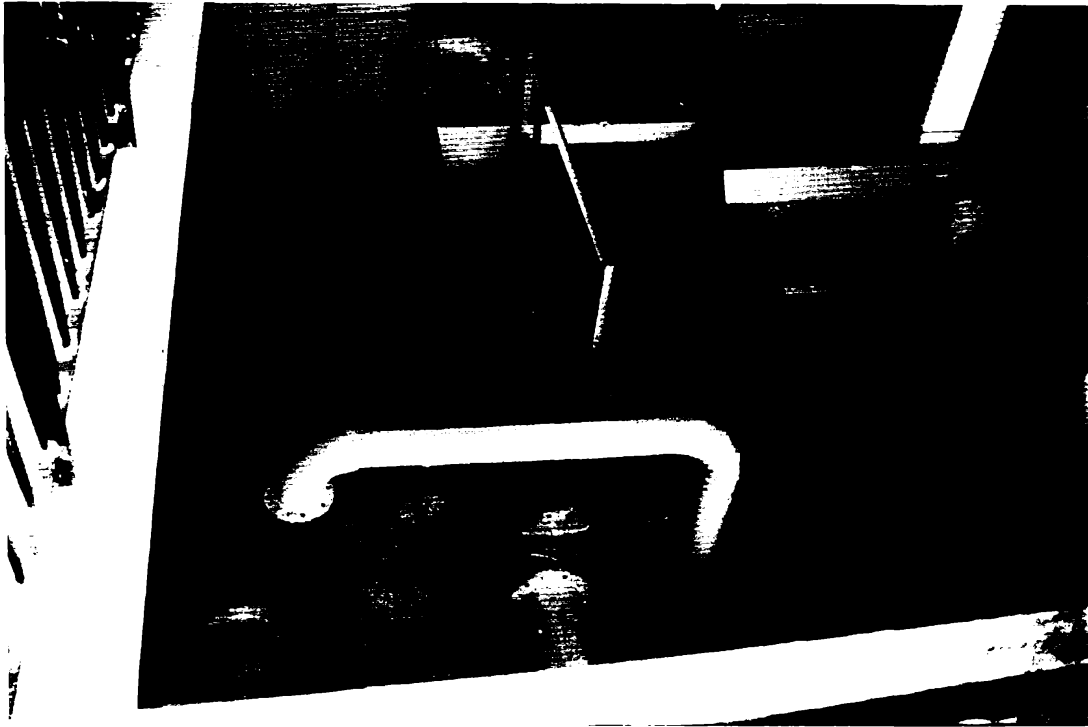


Foto 6.3

În tabelul nr. 6.1. sunt calculate valorile debitului de deversare (deversorul 7) pentru sarcini $h \in [0,01; 0,20]$ m, cu pasul $\Delta h = 0,01$ m și valori ale pragului $p \in \{0,80; 0,90; 1,00; 1,05\}$ m.

Relațiile utilizate sunt [50]:

$$Q = m \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh} \quad (6.1)$$

unde: $m = m'_0 \cdot m'_1$ (formula Bazin)

$$m'_0 = 0,405 - 0,03 \frac{B-b}{B} + \frac{0,0027}{h} \quad (6.2)$$

$$m'_1 = 1 + 0,55 (b/B)^2 [h/(h+p)]^2 \quad (6.3)$$

relații valabile în următoarele condiții:

$$b \in [0,2 \dots 2,0] \text{m}$$

$$p \in [0,2 \dots 0,75] \text{m}$$

$$h \in [0,01 \dots 0,80] \text{m}$$

$$h/p < 0,8 \text{m}$$

Sarcina deversorului (h) a fost măsurată piezometric (piezometru simplu cu apă, tub plastic transparent $\phi_{\text{int}} = 8 \text{mm}$).

Compartimentul destinat studiului propus prin tematica tezei este alcătuit din:

- canal (8) de studiu, cu secțiunea transversală de formă trapezoidală ($b = 0,20 \text{m}$; $B = 1,00 \text{m}$; $H = 0,40 \text{m}$; $m = 1$; $L = 7,50 \text{m}$) realizat din tablă OL 37 cu grosimea $\delta = 3 \text{mm}$;

- set piezometre (panourile (18)) simple cu apă, având prizele montate în lungul axei radierului canalului (8), la distanța de 0,15m una de alta; tuburile piezometrelor sunt realizate din plastic transparent ($\phi_{int} = 8\text{mm}$; $\phi_{ext} = 12\text{mm}$); pentru reducerea la maximum a erorilor, fiecare priză a fost prelucrată prin polizare până la uniformizarea cu cota radierului; aceste piezometre au fost amplasate în vederea măsurării nivelurilor caracteristice din cele două biefuri determinate de secțiunea controlată de SCP; sistemul de referință ales a fost cota radierului canalului, reperat prin citiri în regim hidrostatic (vezi foto 6.4);

Tabelul nr.6.1

h (m)	p (m)				Obs (m)
	0,80	0,90	1,00	1,05	
	Q (m ³ / s) × 10 ⁻³				
0.01	2.5998	2.5987	2.5987	2.5987	b = 1,25 B = 2,00 p min = 0,80
0.02	5.8560	5.8557	5.8556	5.8556	
0.03	9.8440	9.8434	9.8430	9.8428	
0.04	14.4540	14.4524	14.4514	14.4510	
0.05	19.6135	19.6109	19.6086	19.6078	
0.06	25.2722	25.2671	25.2631	25.2616	
0.07	31.3906	31.3819	31.3759	31.3734	
0.08	37.9391	37.9259	37.9164	37.9126	
0.09	44.9111	44.8731	44.8594	44.8538	
0.10	52.2304	52.2031	52.1842	52.1763	
0.11	59.9348	59.9006	59.8738	59.8632	
0.12	67.9913	67.9913	67.9110	67.8971	
0.13	76.3878	76.3291	76.2848	76.2669	
0.14	85.1529	85.0390	84.9833	84.9607	
0.15	94.0928	94.0951	93.9939	93.9659	
0.16	103.5044	103.3941	103.3110	103.2770	
0.17	113.1522	113.0204	112.9211	112.8801	
0.18	123.1112	122.9407	122.8222	122.7735	
0.19	133.3268	133.1420	133.0040	132.9467	
0.20	143.8358	143.6222	143.4613	143.3946	

- dispozitiv (sistem) de măsurare limnometrică a cotelor suprafeței libere și a adâncimilor curentului de apă (pentru verificarea citirilor piezometrice); s-a folosit un limnometru tip R 82, montat pe un cărucior prevăzut cu role, deplasabil longitudinal pe o cale de rulare (șine de ghidare); deplasarea transversală a limnometrului a fost asigurată de al doilea sistem mecanic

al căruciorului; pentru diminuarea efectului tensiunii superficiale a apei în jurul vârfului senzor s-a înlocuit vârful original cu un ac de seringă; citirile (cotele nivelurilor) au fost reparate potrivit sistemului de măsură al limnimetrului cu precizia de 0,0001m.



Foto 6.4



Foto 6.5

Compartimentul de simulare, control și măsură a consumurilor de apă din biefuri, pentru fiecare dintre acestea, cuprinde (amonte respectiv aval):

- conducte ($D_n = 200\text{mm}$) cu prize de captare și tranziție a consumurilor (14 respectiv 14') către sectorul de măsură (deversoarele 16, 16');
- vane electrice (tip RAE, $D_n = 200\text{ mm}$ $P_n 4$) pentru simularea și reglarea consumurilor din biefuri (15 respectiv 15', vezi foto 6.6);

Principali parametri ai acestor vane sunt următorii:

a) vana din bieful amonte

- număr de ture la deschidere/închidere: (20/20);
- durata maximă de deschidere/închidere: (172/175)sec;



Foto 6.6

-debitul, funcție de sarcina de alimentare a conductei (14): $Q \in [0; 40]$ l/s;

b) vana din bieful aval

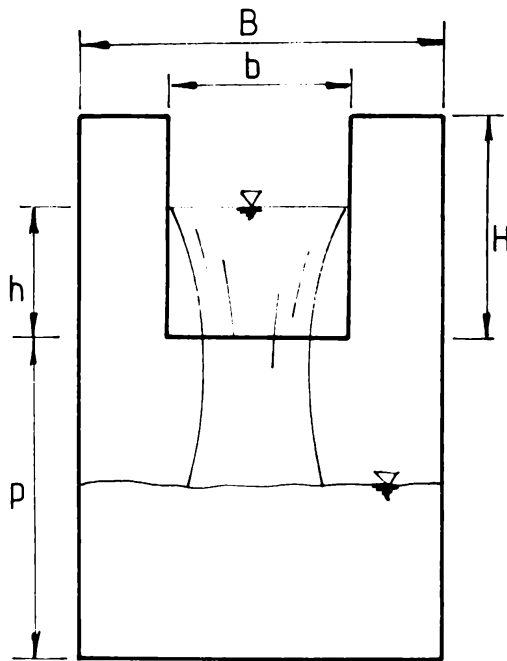
- număr de ture la deschidere/închidere: (12/12);

- durata maximă de deschidere/închidere: (105/110)sec.;

- debitul, funcție de sarcina de alimentare a conductei (14'): $Q \in [0; 35]$ l/s;

- bazine de acces ale consumurilor captate în biefuri cu grătare de liniștire (16 respectiv 16'), acces către secțiunile de măsură a debitelor; aceste secțiuni (de măsură) sunt deversoare în perete subțire cu contracție laterală, ale căror principale caracteristici geometrice sunt prezentate în fig.6.3; sarcinile deversoarelor sunt citite cu ajutorul piezometrelor simple cu apă (tuburi plastic transparent cu $\phi_{int} = 8$ mm); relațiile de calcul pentru debitul (Q_{cons}) și coeficienții de debit (m) sunt de asemenea (6.1)...(6.3); valorile debitelor pentru sarcini $h \in [0,01...0,20]$ m, cu pasul $\Delta h = 0,01$ m sunt prezentate în tabelele 6.2 respectiv 6.3;

- prize de captare (17 respectiv 17') a consumurilor trecute prin secțiunile de măsură (16 respectiv 16') pentru reintroducerea lor în circuitul hidraulic al standului (conduțe de recirculare 13).



Deversor amonte :

- $b = 0,245\text{ m}$
- $B = 0,500\text{ m}$
- $H = 0,300\text{ m}$
- $p = 0,650\text{ m}$

Deversor aval :

- $b = 0,245\text{ m}$
- $B = 0,495\text{ m}$
- $H = 0,300\text{ m}$
- $p = 0,650\text{ m}$

Fig.6.3.

Tabelul nr. 6.2

Tabelul nr. 6.3

h (m)	Q x 10 ⁻³ (m ³ /s)	Obs	h (m)	Q x 10 ⁻³ (m ³ /s)	Obs
0.01	0.7160	b=0,245m	0.01	0.7159	b=0,245m
0.02	1.6111	B=0.495m	0.02	1.6107	B=0.500m
0.03	2.7065	p=0.650m	0.03	2.7057	p=0.650m
0.04	3.9726		0.04	3.9710	
0.05	5.3896		0.05	5.3870	
0.06	6.9437		0.06	6.9396	
0.07	8.6248		0.07	8.6188	
0.08	10.4242		0.08	10.4157	
0.09	12.3331		0.09	12.3215	
0.10	14.3489		0.10	14.3335	
0.11	16.4640		0.11	16.4441	
0.12	18.6796		0.12	18.6544	
0.13	20.9883		0.13	20.9570	
0.14	23.3848		0.14	23.3466	
0.15	25.8660		0.15	25.8226	
0.16	28.4397		0.16	28.3851	
0.17	31.0912		0.17	31.0270	
0.18	33.8222		0.18	33.7475	
0.19	36.6320		0.19	36.5460	
0.20	39.5206		0.20	39.4221	

Compartimentul de măsură, colectare și recirculare a debitului tranzitat prin zona de studiu, este alcătuit din:

- bazinul de colectare (9) al debitului tranzitat prin zona de studiu, liniștire și acces către secțiunea de măsură a acestuia; este realizat din tablă OL 37 cu grosimea $\delta = 5\text{mm}$ și dimensiunile (1,95 x 1,00 x 1,20)m; liniștirea nivelului liber al apei către secțiunea de măsură este realizată cu ajutorul unui grătar plutitor;

- deversorul de măsură (10) al debitului tranzitat prin secțiunea de control a SCP și reglaj al nivelului din bieful aval; este un deversor dreptunghiular în perete subțire cu contracție laterală și prag variabil (vezi fig.6.4 și foto 6.7), realizat în aceleași condiții ca și deversorul din bieful amonte (7);

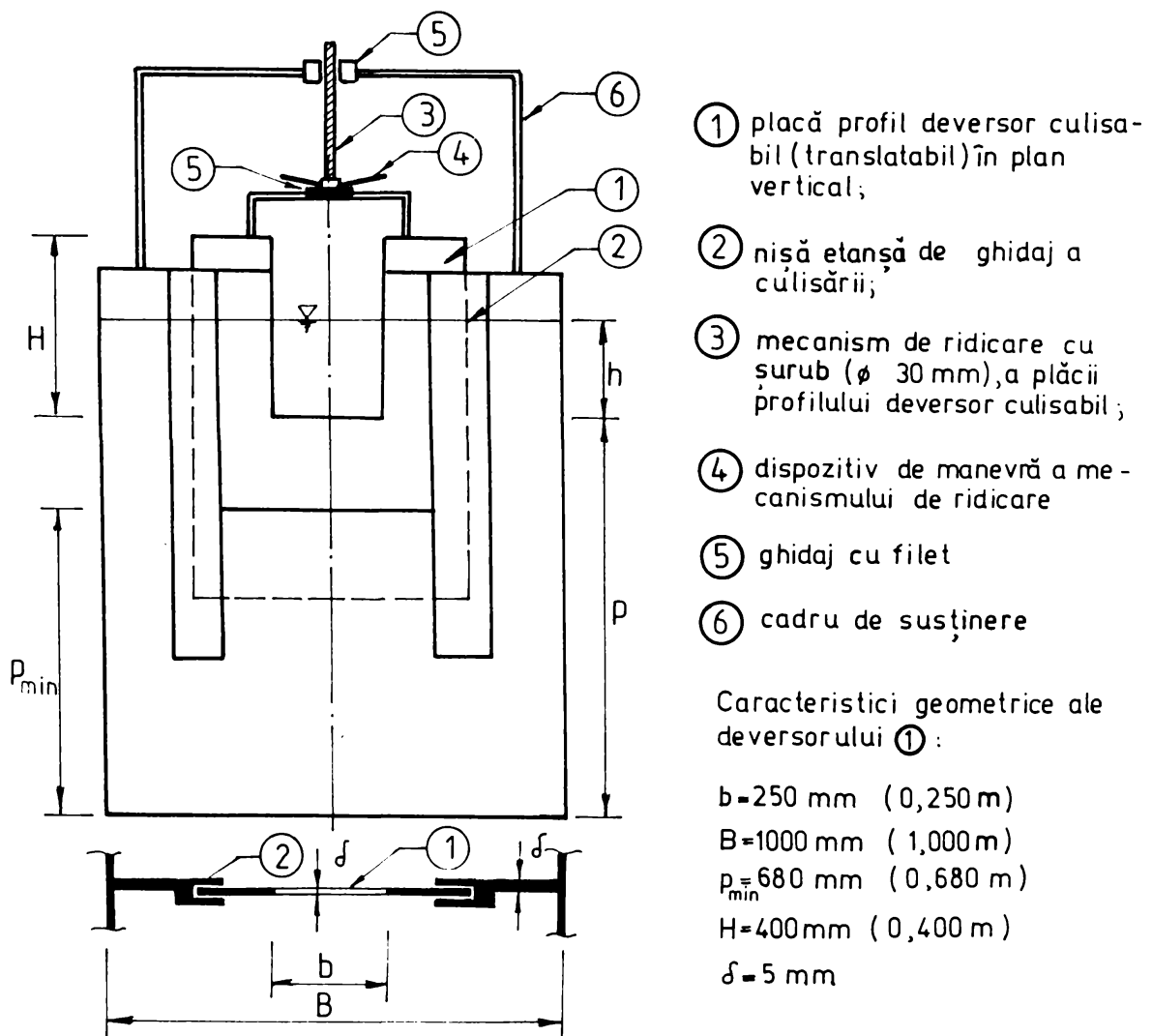


Fig.6.4. Vedere frontală și secțiune transversală prin deversorul cu prag variabil din bieful aval



Foto 6.7

Relațiile de calcul ale debitului (Q_r) și coeficientului de debit (m) sunt (6.1)...(6.3), iar valorile debitului deversat (Q_r) pentru sarcini $h \in [0,01 \dots 0,30]$ m, cu pasul $\Delta h = 0,01$ m și valori ale pragului $p \in \{0,80; 0,90; 1,00; 1,05\}$ m sunt prezentate în tabelul nr.6.4.

- bazinul de evacuare (11) ale debitului deversat peste deversorul (10), către conducta de recirculare (13); este realizat de asemenea din tablă OL 37 ($\delta = 5$ mm) cu dimensiunile (0,80 x 1,00 x 1,20)m;

- priza de captare (12), cu vană de reglaj ($D_n = 250$ mm), a debitului deversat către conducta de recirculare (13) ($D_n = 250$ mm și $L = 11,50$ m).

Baza experimentală de teren a fost realizată în perimetrul sectorului nr.2 al sistemului de irigații Pecica ($S = 2.000$ ha, respectiv $S = 9.760$ ha), din cadrul SCELIF Arad, în conformitate cu protocolul contractului științific de cercetare nr.28/23.04.1990. Amplasamentul acesteia se află pe canalul de aducțiune al SPP3, RAIF Arad, la km 0 + 180 (al sectorului nr.3 cu $S = 5.760$ ha).

Caracteristicile geometrice ale acestui canal, cu debitul maxim $Q_{\max}^c = 2,875$ m³/s, sunt următoarele (vezi fig.6.6):

$$\begin{aligned}
 b &= 1,50\text{m} & ; & & m &= 1,5 \\
 B_{\text{imp}} &= 5,70\text{m} & ; & & H_{\text{imp}} &= 1,40\text{m} \\
 B_t &= 7,20\text{m} & ; & & H_t &= 1,90\text{m} & ; & i &= 0,3 \%
 \end{aligned}$$

Tabelul nr.6.4.

h (m)	p (m)				Obs (m)
	0,80	0,90	1,00	1,05	
	Q (m ³ /s) x 10 ⁻³				
0.01	0.7226	0.7226	0.7226	0.7226	b = 0,25 B = 1,00 p min = 0,68
0.02	1.6209	1.6209	1.6209	1.6209	
0.03	2.7189	2.7189	2.7189	2.7189	
0.04	3.9868	3.9867	3.9867	3.9867	
0.05	5.4048	5.4047	5.4046	5.4045	
0.06	6.9586	6.9584	6.9582	6.9582	
0.07	8.6381	8.6377	8.6374	8.6373	
0.08	10.4340	10.4335	10.4331	10.4329	
0.09	12.3375	12.3367	12.3361	12.3359	
0.10	14.3458	14.3447	14.3438	14.3435	
0.11	16.4508	16.4493	16.4482	16.4477	
0.12	18.6538	18.6518	18.6503	18.6497	
0.13	20.9469	20.9444	20.9425	20.9417	
0.14	23.3248	23.3216	23.3192	23.3163	
0.15	25.7867	25.7828	25.7799	25.7786	
0.16	28.3326	28.3279	28.3243	28.3228	
0.17	30.9553	30.9496	30.9453	30.9435	
0.18	33.6525	33.6469	33.6418	33.6397	
0.19	36.4272	36.4192	36.4132	36.4107	
0.20	39.2753	39.2661	39.2591	39.2562	
0.21	42.1981	42.1875	42.1794	42.1761	
0.22	45.1842	45.1721	45.1629	45.1590	
0.23	48.2318	48.2181	48.2075	48.2032	
0.24	51.3651	51.3496	51.3377	51.3327	
0.25	54.5456	54.5324	54.5140	54.5093	
0.26	57.7989	57.7795	57.7645	57.7583	
0.27	61.1103	61.0888	61.0721	61.0652	
0.28	64.4786	64.4548	64.4364	64.4287	
0.29	67.9197	67.8935	67.8732	67.8647	
0.30	71.4169	71.3881	71.3659	71.3565	

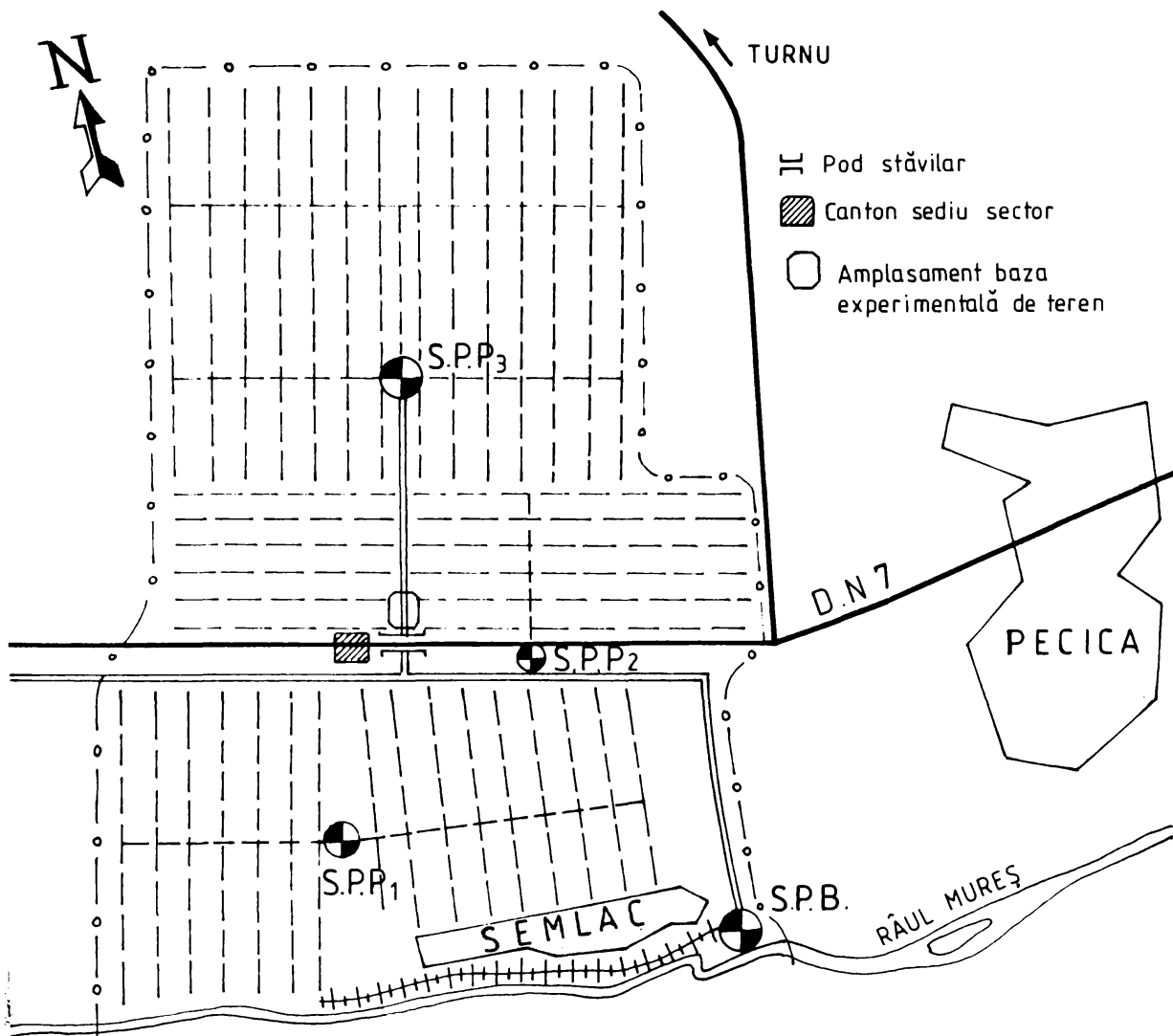


Fig.6.5. Sistemul de irigații PECICA vedere generală , amplasarea punctului experimental de teren

Este impermeabilizat cu dale din beton armat de dimensiuni (1,50 x 1,00 x 0,10)m.

În vederea efectuării măsurătorilor regimurilor necesare determinării parametrilor hidraulici caracteristici SCP, baza experimentală de teren a fost amenajată cu:

- deversor dreptunghiular cu muchie ascuțită și contracție laterală, necesar determinării debitului tranzitat de SCP (Q_{trSCP}), având următoarele caracteristici:

$$b = 0,6 \text{ m} \quad ; \quad B = f(h_{am}) \quad ; \quad p = 1,0 \text{ m};$$

- mire hidrometrice pentru determinarea nivelurilor amonte/aval ale SCP (h_{am}/h_{av}) și ale deversorului de măsură a debitului (sarcina h și $B = f(h_{am})$).



Foto 6.8 a

Foto 6.8 b

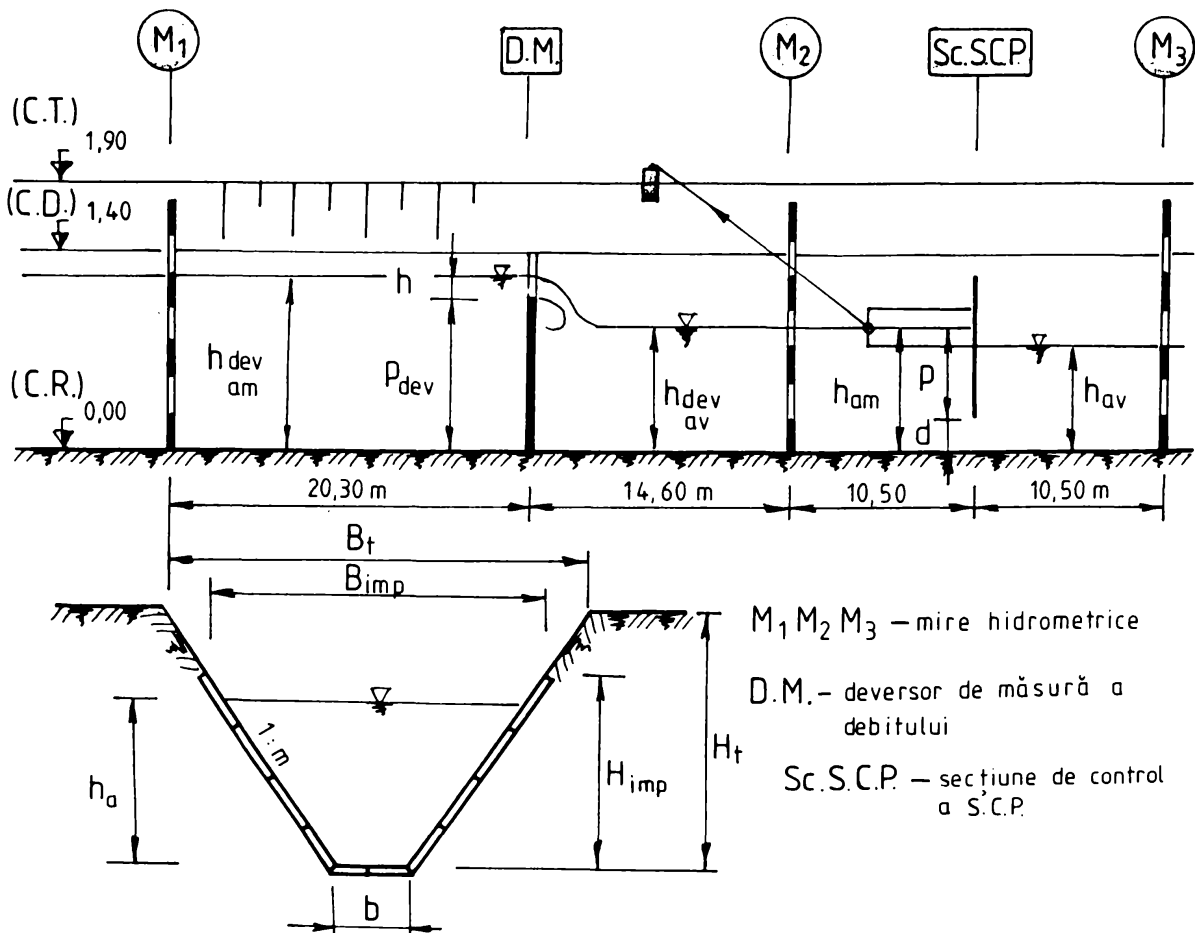


Fig.6.6. Secțiune longitudinală prin sectorul punctului experimental de teren

Baza experimentală, de laborator și de teren utilizată, a mai cuprins:

- cronometru, pentru determinarea timpilor de deschidere/închidere și de etalonare a vanelor electrice;
- rulete de 50m, 10m și 2m, șubler;
- rigle gradate simple și rigle gradate cu reper culisabil pentru reperarea locală a nivelurilor apei, a cotelor pragurilor deversoarelor nivel și debit (am/av), sau reglarea acestor niveluri;
- nivele ZEISS, tip Ni 025 și miră topometrică pentru determinarea cu precizie a cotelor de importanță deosebită, a pantelor longitudinale ale canalelor standului de laborator și a celui din teren, și pentru verificarea citirilor (cotelor) nivelurilor efectuate la mirele hidrometrice.

Caracteristicile constructive ale SCP, utilizate în cadrul celor două baze experimentale, sunt prezentate în tabelul nr.6.5 (vezi și fig. 6.7).

Obs: 1. parametrul p ("prag") este reglabil funcție de necesități (valoarea debitului de tranzit și a adâncimii apei în bieful amonte);

2. cele cinci compartimente de lezare (din interiorul celor doi plutitori) pot folosi pentru reglarea de detaliu a valorii parametrului "p", sau la suprapunerea axelor longitudinale ale plutitorilor cu planul de plutire (orizontalizare, în cazul lipsei contragreutăților).

6.3. Aspecte teoretice legate de corecțiile aduse și precizia măsurătorilor

În vederea obținerii încrederii cerute rezultatelor măsurătorilor experimentale și a mărimilor calculate, au fost studiate și/sau calculate erorile:

- sistematice;
- întâmplătoare;
- relative.

Erorile sistematice, generate de particularitățile aparaturii de măsură utilizate și de condițiile de lucru în care acestea funcționează, pot fi reduse sau chiar eliminate prin introducerea corecțiilor corespunzătoare. În acest context, am studiat influența asupra măsurătorilor și deci și a rezultatelor obținute prin calcul a următoarelor corecții [26], [50], [52]:

1) corecția de temperatură:

a) asupra înălțimii coloanei piezometrice (dilatate), la temperatura de lucru.

$$h_0 = \frac{1}{1 + \beta(t - t_{oa})} \cdot h_t \quad (6.4)$$

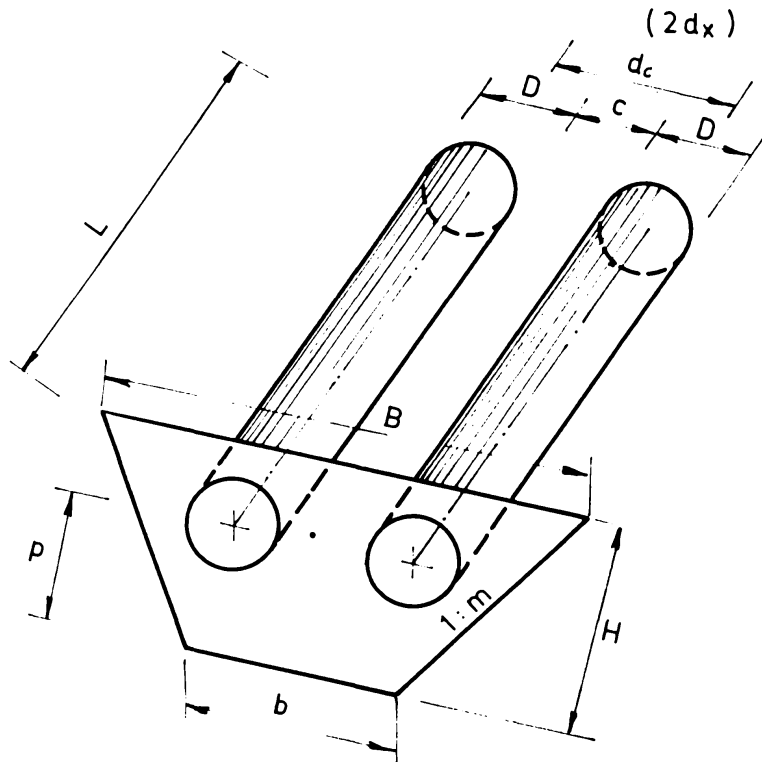


Fig. 6.7.

Tabelul nr. 6.5.

Tip stavilă	S. C. P.	S. C. P.
Caracteristici	Baza experimentală laborat.	Baza experimentală teren
b (mm)	200	1500
B (mm)	1000	4500
H (mm)	400	1500
L (mm)	1250	2500
D (mm)	150	600
c (mm)	10	325
d_c (mm)	16	925
m (—)	1	1,5
Materiale de execuție		
Tablă OL 37, δ (mm)	2	5
Cornier, L (mm)	25 x 25 x 5	45 x 45 x 5
Profil, U (mm)	—	10
Platbandă, l (mm)	—	5

b) simultan asupra înălțimii piezometrice (h_t) și a lungimii scării gradate (dilatare/comprimare)

$$h_0 = \frac{1 + \alpha(t - t_{os})}{1 + \beta(t - t_{oa})} \cdot h_t \quad (6.5)$$

unde: h_0 - înălțimea coloanei de apă (piezometrice) la temperatura normală

$$t_{oa} = 4^\circ\text{C};$$

h_t - înălțimea coloanei piezometrice la temperatura de lucru $t(t=10...30^\circ\text{C})$;

α, β (grad^{-1}) - coeficienți de dilatare/contractie ai materialului de execuție ai scării gradate respectiv ai coloanei piezometrice (apa).

Având în vedere că domeniul valoric al temperaturii mediului ambiant și al apei, pe parcursul măsurătorilor, s-a înscris în intervalul $t = (10...30)^\circ\text{C}$, și că erorile cauzate de această variație pentru valorile maxime ale coloanelor piezometrice măsurate nu depășesc 0,5% nu am mai efectuat calculele corecțiilor de temperatură.

2) corecția pentru accelerația câmpului gravitațional

$$g = g_n(1 - 0,0259 \cos 2\varphi - 0,0000002H) \quad (6.5)$$

unde: g_n - valoarea normală a accelerației gravitaționale

$$(g_n = 9,806665 \text{ m/s}^2);$$

φ - latitudinea geografică a locului ($\bar{\varphi} = 46^\circ$)

H - altitudinea locului față de nivelul mării ($\bar{H} = 100\text{m}$),

care pentru valorile menționate are valoarea $g = 9,8153321 \text{ m/s}^2$;

3) corecțiile datorate fenomenului de **capilaritate** și **prezenței aerului** deasupra meniscului au putut fi considerate ca neglijabile în comparație cu erorile de măsură necontrolabile ale aparatelor de măsură și chiar înglobate, în general în acestea.

Erorile întâmplătoare (accidentale), datorate unor cauze diverse, în general necunoscute, au fost determinate cu ajutorul relațiilor [52], [74]:

a) pentru **mărimile fizice direct măsurabile** (adâncimi ale curentului - h_{am}, h_{av}, h_c etc. - , sarcini ale deversoarelor de măsură ale debitelor -h):

$$\delta_{xi} = \frac{S \cdot t(P; n_{xi} - 1)}{\sqrt{n_{xi}}} \quad (6.6)$$

unde: n_{x_i} - numărul de măsurători directe, efectuate pentru determinarea mărimii x_i ;

s - abaterea standard empirică

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_{x_i}} (x_i - \bar{x})^2}{(n_{x_i} - 1)}} \quad (6.7)$$

\bar{x} - valoarea medie a măsurătorilor efectuate în cadrul unui regim, considerând că aceasta este cea mai bună estimatie pentru valoarea adevărată [$a \in (\bar{x} \pm \delta_{x_i})$];

$t(P; n_{x_i} - 1)$ - un parametru dependent de nivelul de încredere al măsurătorilor (P) și de numărul acestora (n_{x_i}), calculat cu ajutorul funcției lui Student.

b) pentru **mărimile fizice exprimate prin funcții** (debite tranzitate de SCP - $Q_{tr(SCP)}$,

- de consum în biefuri - $Q_{cons(am)}$, $Q_{cons(av)}$ -, coeficienți de contracție - ψ -, de debit - μ -, pierderi de sarcină - Δh - etc.):

$$\delta_a = \delta_{f_{xi}} = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \right| \cdot \delta_{x_i} \quad (6.8)$$

$$a = f(x_1^a; x_2^a; \dots; x_n^a) \in [f(\bar{x}_1; \bar{x}_2; \dots; \bar{x}_n) \pm \delta_{f_{xi}}] \quad (6.9)$$

Erorile relative, pentru cele două tipuri de mărimi fizice menționate au fost calculate cu relațiile:

$$\varepsilon_{x_i} = \frac{\delta_{x_i}}{\bar{x}_i} \quad (6.10)$$

$$\varepsilon_{f_{xi}} = \frac{\delta_{f_{xi}}}{f(\bar{x}_i)} \quad (6.11)$$

6.4. Concluzii privind baza experimentală

Baza experimentală, atât cea de laborator cât și cea de teren, prin componentă și echipamente auxiliare, a satisfăcut toate cerințele legate de lămurirea modului de funcționare al SCP și cele ale programului experimental propus.

În acest context,

a) **baza experimentală de laborator**, a permis:

1) "ridicarea" curbelor experimentale $Q_{tr(SCP)} = f(h_{am}, h_{av})$ în diverse situații funcționale:

- $h_{am} = \text{const}$, pentru $h_{av} \in [h_c; h_{am}]$, adică verificarea funcționalității SCP (funcționare eficientă) prin simularea indirectă a reducerii sau creșterii consumurilor în bieful aval prin variații de nivel;

- $h_{am} = \text{const}$, cu diverse consumuri de debit în bieful amonte;

- $h_{am} = \text{const}$, cu diverse consumuri de debit în bieful aval,

prin manevrarea corespunzătoare ale echipamentelor de simulare, control și măsură a debitelor tranzitate de SCP și/sau consumuri în biefuri;

2) stabilirea legăturii dintre funcționalități (funcțiuni îndeplinite) și regimurile hidraulice de curgere în bieful aval;

3) determinarea cantitativă a influenței adâncimilor apei din biefuri (h_{am} , h_{av}) asupra debitului tranzitat prin secțiunea de control a SCP, utilizând posibilitățile de reglaj ale vanelor circuitului de alimentare sau recirculare și al deversoarelor de nivel cu prag variabil;

4) determinarea cantitativă a influenței adâncimii de scufundare a tablierului (p) și a pierderilor de sarcină (Δh) asupra debitului tranzitat în secțiunea de control, prin posibilitatea modificării valorii adâncimii (p) al SCP, prin utilizarea setului de piezometre și al deversorului de nivel și debit al biefului aval;

5) alcătuirea diagramelor $Q_{tr} = f(\Delta h, p)$, utilizând aceleași posibilități și dispozitive ca și cele menționate la punctul 4;

6) măsurători experimentale necesare determinării coeficienților ψ, μ, σ caracteristici relației $Q_{tr(SCP)}$ (pe tipuri de regimuri de curgere în bieful aval), folosind limnimetrul tip R 82, setul de piezometre, deversorul de nivel și debit al biefului aval și riglele cu reper culisabil.

b) baza experimentală de teren, a permis:

1) verificarea funcționalității SCP și a alurii curbelor caracteristice $Q_{tr(SCP)} = f(h_{am}, h_{av})$, adică testarea posibilității de utilizare a SCP ca debitmetru sau dispozitiv de urmărire a debitelor tranzitate prin secțiunea de control către consumatori, pentru aceleași valori (p), prin folosirea posibilităților de manevră ale stăvilărilor cu oblon plan vertical, a utilizării deversorului dreptunghiular în perete subțire cu contracție laterală, a mirelor hidrometrice și a aparaturii topografice.

Alegerea sistemului de determinare piezometrică a adâncimilor caracteristice curgerii în biefuri este justificată prin:

- fenomenul studiat se încadrează în categoria curenților cu nivel liber;
- simplitate în funcționare și întreținere;
- precizie de măsurare relativ ridicată, suficientă de altfel studiului fenomenului considerat;

- cost redus.

Modul de efectuare al citirilor pe scara gradată (hârtia milimetrică) și lungimea acesteia au respectat recomandările cunoscute în literatura de specialitate. În plus, datorită faptului că pentru adâncimi mai mici de 0,02m ale curentului de apă, citirile piezometrice conduc la valori mari ale erorilor relative, s-a utilizat unilateral pentru aceste situații, limnimetrul, a cărui precizie de măsurare este de 0,0001m. Erorile datorate trasării scării gradate au putut fi considerate ca neglijabile, având în vedere construcția îngrijită a scării și a tuburilor piezometrice. Componenta corespunzătoare a bazelor experimentale utilizate și calitatea măsurătorilor este demonstrată și de valorile obținute în calculele legate de precizia măsurătorilor.

CAPITOLUL 7 PREZENTAREA REZULTATELOR PROGRAMULUI EXPERIMENTAL

7.1. Introducere, direcții ale programului experimental

Relațiile teoretice care descriu funcționarea SCP-am dezvoltate în capitolul 5 sunt afectate de o serie de coeficienți, fie nedeterminați valoric, fie cu relații analitice complicate. În sprijinul eliminării acestui neajuns vine, ca întotdeauna experimentul [30]. Acesta cuprinde în totalitate complexitatea fenomenului, conținutul real al coeficienților nedeterminați, simplificările în reprezentare rezultate din neglijarea unor aspecte ale mișcării apei în spațiul de lucru (control) al stavilei, simplificări cerute de modelul matematic adoptat [30] (distribuția hidrostatică a presiunilor în secțiuni, viteza de apropiere, neuniformitatea distribuției vitezelor, anizotropia turbulenței, etc.).

În context cu cele menționate și cu cerințele planului tematic al lucrării, cercetările experimentale s-au orientat către:

- evaluarea și reprezentarea dependenței coeficienților nedeterminați caracteristici relațiilor capacității de transport (debitul tranzitat), diferențiat pe tipuri de regimuri hidraulice de curgere în bieful aval (coeficienți de contracție - ψ , ψ' , σ_c -, de debit - μ -, de înecare - χ -);
- evaluarea dependenței valorice a pierderilor de sarcină (Δh) funcție de regimul hidraulic din bieful aval și de parametrii funcționali specifici SCP-am (sarcina p și tipodimensiunea $B = B(h_{am})$) și în consecință alcătuirea diagramei $Q_{tr} = Q_{tr}(\Delta h, B, p)$;
- definirea rolului funcțional general, delimitarea funcțiunilor îndeplinite de SCP-am, alcătuirea curbelor caracteristice $Q_{tr} = Q_{tr}(h_{am}, h_{av}, p)$; delimitări ale acestora (funcționale) și în mod deosebit a zonei de autoreglaj, concluzii asupra modelelor fizic și analitic adoptate;
- studii și măsurători de evaluare a forței de ancorare a SCP-am.

7.2. Prezentarea, interpretarea și concluziile rezultatelor măsurătorilor programului experimental

7.2.1. Evaluări teoretice și experimentale asupra coeficienților caracteristici capacității de transport ai SCP-am.

Pentru ca relațiile analitice ale capacității de transport specifice SCP-am să fie utilizabile în proiectare și exploatare este necesară ridicarea nedeterminării valorice a coeficienților ce intervin în cadrul acestora. Acești coeficienți, caracteristici modelului fizic al curgerii (mișcării efluente) și dependenți valoric de regimul hidraulic al biefului aval, sunt:

1) coeficienții de contracție

- ψ' și ψ , ai tubului de curent ce tranzitează zona I, contracție dezvoltată în plan vertical (yOz);
- σ_c , laterală, contracție dezvoltată prioritar în plan orizontal (xOy) și caracteristică zonelor deversante laterale (II);

2) coeficienții de debit (μ) ale celor două zone ale modelului fizic (I și II) și **globali** ($\mu_{st,gl}$);

3) coeficienții de înecare (χ) ale aceluiași zone și globali ai SCP-am ($\sigma_{\hat{\gamma},st,gl}$).

7.2.1.1. Coeficienții de contracție ψ și ψ'

Fenomenul contracției în plan vertical este datorat convergenței liniilor de curent dinspre spațiul amonte al tablierului stavilei, către zona I, și vitezelor continuu crescătoare mai ales dincolo de zona desprinderii de muchia inferioară a tablierului.

Coeficientul de contracție (ψ) este definit analitic de relația:

$$\psi = \frac{S_c}{S_d} \quad (7.1)$$

$$\text{unde: } S_c = (\beta_c + m)\bar{h}_c^2 = C_c \bar{h}_c^2; \beta_c = \frac{b}{\bar{h}_c} \quad (7.2)$$

$$S_d = (\beta_d + m)\bar{d}^2 = C_d \bar{d}^2; \beta_d = \frac{b}{\bar{d}} \quad (7.3)$$

$$\text{Deci } \psi = \frac{C_c}{C_d} \left(\frac{\bar{h}_c}{\bar{d}} \right)^2 = \frac{C_c}{C_d} (\psi')^2 \quad (7.4)$$

Așa după cum se poate observa din relația (7.4), cu ψ' am notat raportul dintre adâncimea contractată (\bar{h}_c) și deschiderea tablierului stavilei (\bar{d}), cu valori mediate aritmetic pe regim hidraulic.

$$\psi' = \frac{\bar{h}_c}{\bar{d}} \quad (7.5)$$

$$\bar{d} = \bar{h}_{am} - p \quad (7.6)$$

Din structura relațiilor (7.4) și (7.5) se poate deduce dependența coeficienților ψ' , $\psi = f(h_{am}, h_c, p, d)$, căci $\psi = f(\psi')$ prin relația de legătură (7.4). Deci ridicarea nedeterminării valorice a coeficienților ψ și ψ' , se rezolvă prin măsurători experimentale (în regimuri libere aval, cu grade diferite de dezvoltare al saltului hidraulic) efectuate asupra:

- adâncimii curentului în spațiul amonte de tablierul stavilei (h_{am} , în ipoteza nelijării pierderii de sarcină $\Delta h_{am,K}$, adică aproximarea $h_{am} \cong h_K$);

- adâncimii curentului în secțiunea contractată (h_c , figura nr.7.1);

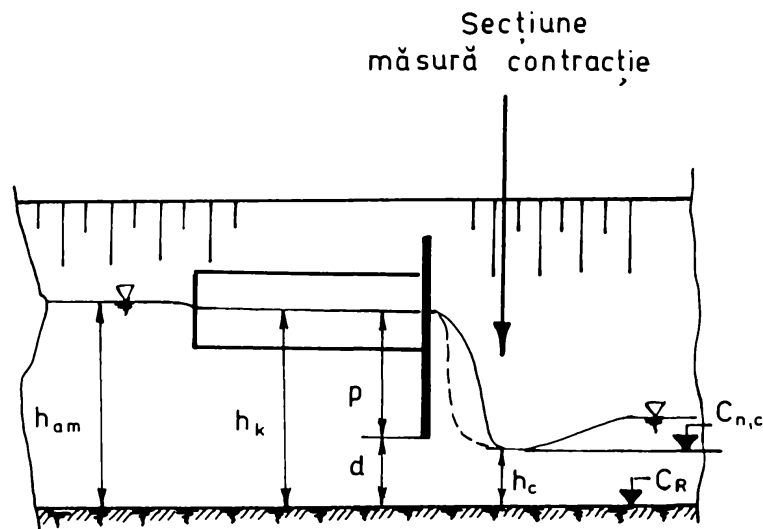


Fig. 7.1.

- deschiderii stavilei (d), determinată indirect (prin calcul, cu ajutorul relației (7.6)).

Adâncimile h_{am} și h_c au fost măsurate experimental limnometric sau piezometric respectiv piezometric și verificate prin limnometrie, cu ajutorul aparaturii de laborator și în condițiile de experiment și precizie a măsurătorilor (descrise pe larg în capitolul 6). Rezultatele măsurătorilor experimentale necesare determinării coeficienților de contracție ψ și ψ' , pentru valori $p = \{0,20; 0,25\}$ m sunt prezentate centralizat în tabelele 7.1 și respectiv 7.2, iar reprezentările grafice aferente dependențelor ψ' , $\psi = f(\bar{d}/\bar{h}_{am})$ și ψ' , $\psi = f(p/\bar{h}_{am})$ în figurile 7.2. și respectiv 7.3.

Rezultatele aferente preciziei măsurătorilor, atât cele ale mărimilor experimentale necesare determinării coeficienților ψ' și ψ cât și cele ale acestor coeficienți sunt prezentate în tabelul nr.7.3. Pentru calculul **erorilor accidentale** ale mărimilor direct măsurabile (h_{am} , h_c) au fost utilizate relațiile tip (6.6) și (6.7), iar pentru cele ale mărimilor exprimate prin funcții, relația tip (6.8), care particularizată în conformitate cu relațiile de definire ale acestora, este:

$$\delta_{\psi'} = \frac{1}{d} \delta_{h_c} + \frac{\bar{h}_c}{d} \delta_{h_{am}} \quad (7.7)$$

$$\delta_{\psi} = \frac{(b + 2m\bar{h}_c)}{C_d \cdot \bar{d}^2} \delta_{h_c} + (b + 2m\bar{d})\bar{\psi} \cdot \delta_{h_{am}} \quad (7.8)$$

$$\delta_d = \delta_{h_{am}}$$

Tabelul nr.7.1. Valori ale coeficienților de contracție ψ^1 și ψ ($p = 0,200$ m)

Nr. reg.	Nr. mäs.	C_R (m)	$C_{n,c,i}$ (m)	$\bar{C}_{n,c}$ (m)	\bar{h}_c (m)	$h_{am,i}$ (m)	\bar{h}_{am} (m)	\bar{d} (m)	ψ^1	ψ	$\frac{\bar{d}}{\bar{h}_{am}}$	$\times 10^{-3}$ Q_{tr} (m ³ /s)	Obs.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	0.7792	0.7915	0.7917	0.0125	0.2060	0.2056	0.0126	0.9921	0.9916	0.0613	11.1002	
	2		0.7916			0.2050							
	3		0.7923			0.2060							
	4		0.7916			0.2050							
	5		0.7915			0.2060							
2	1	0.7792	0.7950	0.7949	0.0157	0.2100	0.2100	0.0170	0.9212	0.9180	0.0810	13.3417	
	2		0.7951			0.2100							
	3		0.7950			0.2090							
	4		0.7947			0.2100							
	5		0.7945			0.2100							
3	1	0.7791	0.7982	0.7980	0.0189	0.2160	0.2156	0.0226	0.8363	0.8224	0.1048	16.6711	
	2		0.7979			0.2150							
	3		0.7980			0.2160							
	4		0.7980			0.2150							
	5		0.7979			0.2160							
4	1	0.7793	0.8034	0.8031	0.0238	0.2230	0.2234	0.0304	0.7836	0.7605	0.1361	21.6603	
	2		0.8032			0.2240							
	3		0.8030			0.2230							
	4		0.8030			0.2240							
	5		0.8030			0.2230							
5	1	0.7792	0.8103	0.8105	0.0313	0.2350	0.2350	0.0420	0.7448	0.7123	0.1787	27.3142	
	2		0.8105			0.2350							
	3		0.8106			0.2350							
	4		0.8105			0.2350							
	5		0.8105			0.2350							
6	1	0.7786	0.8158	0.8156	0.0370	0.2420	0.2420	0.0490	0.7551	0.7187	0.2056	32.9782	
	2		0.8158			0.2420							
	3		0.8152			0.2420							
	4		0.8157			0.2420							
	5		0.8155			0.2420							
7	1	0.7780	0.8190	0.8185	0.0405	0.2500	0.2502	0.0516	0.7857	0.7503	0.2110	35.5948	
	2		0.8187			0.2510							
	3		0.8185			0.2500							
	4		0.8180			0.2500							
	5		0.8185			0.2500							
8	1	0.7787	0.8258	0.8259	0.0472	0.2550	0.2550	0.0572	0.8252	0.8043	0.2286	38.7057	
	2		0.8257			0.2550							
	3		0.8260			0.2550							
	4		0.8259			0.2550							
	5		0.8260			0.2550							
9	1	0.7787	0.8266	0.8260	0.0473	0.2550	0.2550	0.0620	0.7635	0.7201	0.2431	41.9058	
	2		0.8257			0.2550							
	3		0.8260			0.2550							
	4		0.8259			0.2550							
	5		0.8260			0.2550							
10	1	0.7787	0.8295	0.8300	0.0513	0.2580	0.2580	0.0650	0.7892	0.7484	0.2519	47.6223	
	2		0.8300			0.2580							
	3		0.8310			0.2580							
	4		0.8297			0.2580							
	5		0.8300			0.2580							

Obs: $\bar{\psi}^1 = 0.7703$ și $\bar{\psi} = 0.7351$ (valori mediate pe regimurile 4,5,6,7,9,10)

Tabelul nr.7.2. Valori experimentale ale coeficienților de contracție ψ' și ψ ($p = 0,250$ m)

Nr. reg.	Nr. mäs.	\bar{C}_R (m)	$C_{n,ci}$ (m)	$\bar{C}_{n,c}$ (m)	h_c (m)	$h_{am,i}$ (m)	h_{am} (m)	\bar{d} (m)	ψ'	ψ	$\frac{\bar{d}}{h_{am}}$	$\times 10^{-3}$ $\frac{Q}{m^3/s}$	Obs.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	0.7791	0.7939	0.7935	0.0144	0.2690	0.2704	0.0204	0.7039	0.6846	0.0754	15.6088	
	2		0.7941			0.2700							
	3		0.7928			0.2730							
	4		0.7930			0.2720							
	5		0.7935			0.2680							
2	1	0.7790	0.7960	0.7963	0.0173	0.2750	0.2737	0.0237	0.7291	0.7082	0.0866	19.8004	
	2		0.7969			0.2760							
	3		0.7962			0.2770							
	4		0.7960			0.2720							
	5		0.7963			0.2700							
3	1	0.7791	0.8028	0.8025	0.0234	0.2860	0.2848	0.0348	0.6730	0.6404	0.1222	27.0597	
	2		0.8035			0.2850							
	3		0.8020			0.2840							
	4		0.8015			0.2860							
	5		0.8028			0.2830							
4	1	0.7790	0.8078	0.8073	0.0283	0.2910	0.2896	0.0396	0.7146	0.6690	0.1367	31.2250	
	2		0.8070			0.2880							
	3		0.8075			0.2900							
	4		0.8078			0.2870							
	5		0.8065			0.2920							
5	1	0.7789	0.8061	0.8059	0.0270	0.2870	0.2880	0.0388	0.6959	0.6172	0.1343	30.4308	
	2		0.8062			0.2900							
	3		0.8061			0.2890							
	4		0.8056			0.2900							
	5		0.8057			0.2880							
6	1	0.7790	0.8100	0.8089	0.0299	0.2930	0.2932	0.0432	0.6921	0.6604	0.1473	33.6525	
	2		0.8083			0.2920							
	3		0.8079			0.2940							
	4		0.8100			0.2940							
	5		0.8083			0.2930							
7	1	0.7790	0.8124	0.8119	0.0329	0.2950	0.2964	0.0464	0.7091	0.6857	0.1565	36.4272	
	2		0.8117			0.2960							
	3		0.8115			0.2980							
	4		0.8116			0.2980							
	5		0.8125			0.2950							
8	1	0.7790	0.8118	0.8118	0.0358	0.2980	0.2986	0.0486	0.6749	0.6320	0.1628	37.8513	
	2		0.8105			0.2980							
	3		0.8123			0.3000							
	4		0.8124			0.2980							
	5		0.8120			0.2990							
9	1	0.7790	0.8134	0.8126	0.0336	0.2990	0.2990	0.0490	0.6861	0.6437	0.1639	38.4209	
	2		0.8123			0.2990							
	3		0.8126			0.3000							
	4		0.8127			0.2980							
	5		0.8121			0.2990							
10	1	0.7788	0.8130	0.8126	0.0338	0.3010	0.3000	0.0500	0.6760	0.6322	0.1667	39.8599	
	2		0.8125			0.3000							
	3		0.8121			0.2990							
	4		0.8129			0.3000							
	5		0.8125			0.3000							

Obs: $\bar{\psi}' = 0.6917$ și $\bar{\psi} = 0.6517$ (valori mediate pe regimurile 1,3,4,5,6,7,8,9,10)

Tabelul nr.7.3. Valorile erorilor accidentale și relative ale mărimilor experimentale aferente și ale coeficienților de contracție Ψ' și Ψ

Nr. reg.	\bar{h}_{am} (m)	d_{ham} (%)	E_{ham} (%)	\bar{h}_c (m)	d_{hc} (%)	E_{hc} (%)	$\bar{\Psi}'$	d_{Ψ}' (%)	E_{Ψ}' (%)	$\bar{\Psi}$	d_{Ψ} (%)	E_{Ψ} (%)	Obs.
1	0.2704	0.24	0.89	0.0144	0.05	3.546	0.7039	2.620	3.72	0.6846	2.58	3.77	p=0,25 m b=0,20 m m=1,00
2	0.2737	0.33	1.22	0.0173	0.04	2.312	0.7291	1.950	2.67	0.7082	1.83	2.58	
3	0.2848	0.15	0.52	0.0234	0.07	2.991	0.6730	2.110	3.14	0.6404	2.14	3.34	
4	0.2896	0.24	0.83	0.0283	0.05	1.766	0.7146	1.430	2.03	0.6690	1.39	2.08	
5	0.2880	0.18	0.63	0.0270	0.03	1.111	0.6959	0.900	1.29	0.6172	0.85	1.38	
6	0.2932	0.09	0.31	0.0299	0.08	2.676	0.6921	1.910	2.77	0.6604	1.98	3.00	
7	0.2964	0.17	0.57	0.0329	0.04	1.216	0.7091	0.980	1.43	0.6857	0.96	1.41	
8	0.2986	0.10	0.35	0.0328	0.07	2.134	0.6749	1.500	2.38	0.6320	1.56	2.46	
9	0.2990	0.08	0.27	0.0336	0.05	1.488	0.6861	1.080	1.57	0.6437	1.11	1.73	
10	0.3000	0.08	0.27	0.0338	0.04	1.183	0.6760	0.850	1.26	0.6322	0.87	1.38	
1	0.2056	0.08	0.28	0.0125	0.03	2.400	0.9921	2.440	2.46	0.9916	2.53	2.55	p=0,20 m b=0,20 m m=1,00
2	0.2100	0.06	0.29	0.0157	0.03	1.911	0.9212	1.820	1.98	0.9180	1.89	2.06	
3	0.2156	0.06	0.27	0.0189	0.09	0.476	0.8363	0.490	0.59	0.8224	0.44	0.54	
4	0.2234	0.06	0.26	0.0238	0.02	0.840	0.7836	0.700	0.90	0.7605	0.72	0.95	
5	0.2350	0	0	0.0313	0.09	0.288	0.7448	0.210	0.29	0.7123	0.102	1.43	
6	0.2420	0	0	0.0370	0.03	0.811	0.7551	0.610	0.81	0.7187	0.67	0.94	
7	0.2502	0.05	0.18	0.0516	0.04	0.775	0.7857	0.810	1.04	0.7503	0.88	1.17	
8	0.2550	0	0	0.0572	0.01	0.175	0.8252	0.170	0.21	0.8043	0.20	0.25	
9	0.2550	0	0	0.0620	0.03	0.484	0.7635	0.480	0.63	0.7201	0.54	0.76	
10	0.2580	0	0	0.0650	0.05	0.769	0.7892	0.770	0.97	0.7484	0.88	1.17	

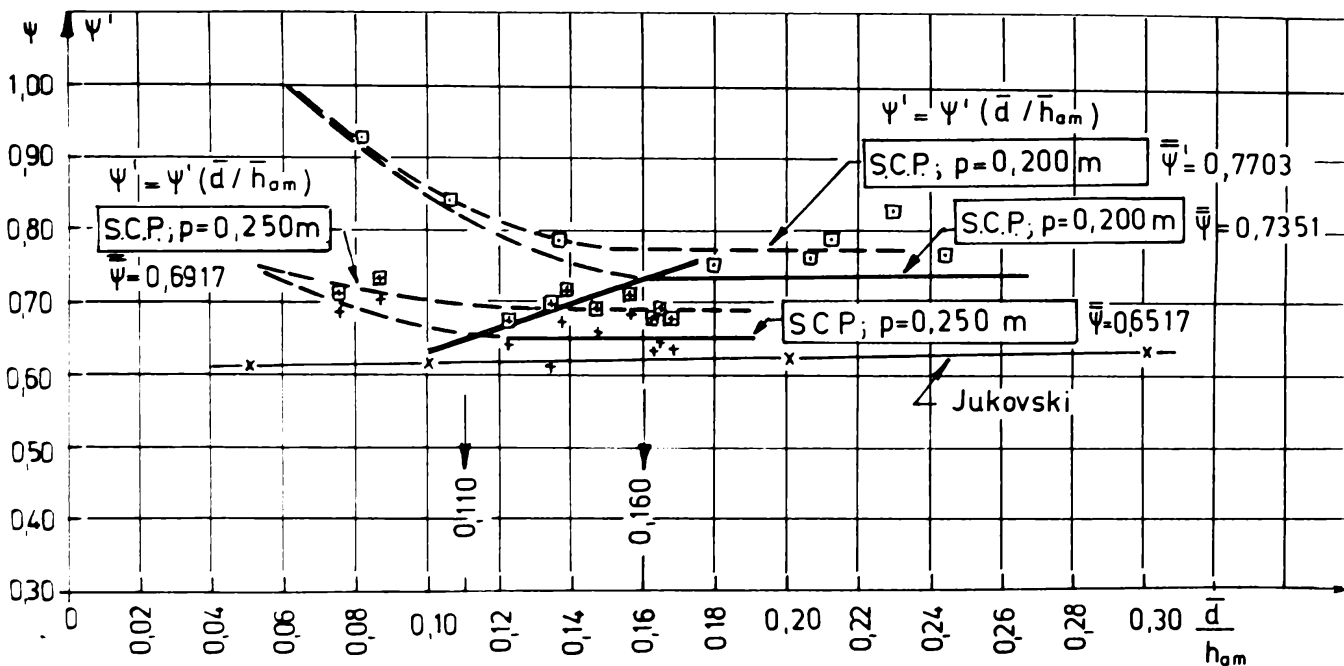


Fig.7.2. S.C.P. Reprezentarea grafică a dependenței $\psi, \psi = f(\bar{d}/\bar{h}_{0m})$

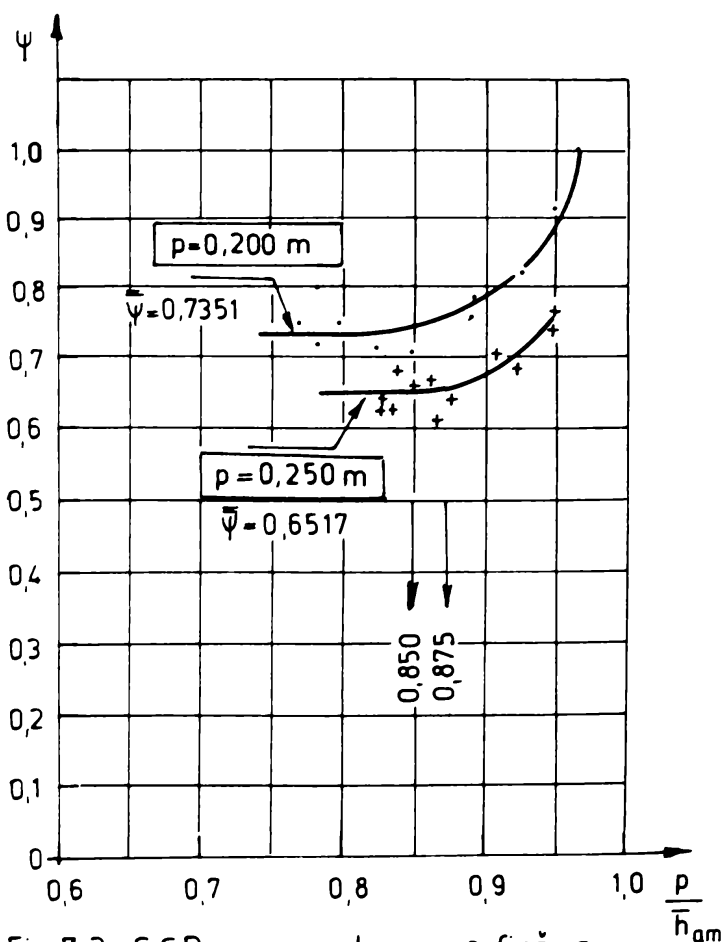


Fig.7.3. S.C.P., reprezentarea grafică a dependenței $\psi, \psi = f(\bar{p}/\bar{h}_{0m})$

Pentru calculul **erorilor relative** ale mărimilor direct măsurabile (experimentale) s-a utilizat relația tip (6.10), iar pentru mărimile exprimate prin funcții relația tip (6.11).

Analizând rezumativ cercetările experimentale eferente coeficienților ψ' și ψ , se pot remarca următoarele:

1) alura descrescătoare a dependențelor ψ' , $\psi = f(\bar{d}/\bar{h}_{am})$ caracteristice SCP (pentru valori $\bar{d}/\bar{h}_{am} < 0,110$ la $p = 0,250$ m și $\bar{d}/\bar{h}_{am} < 0,160$ la $p = 0,200$ m), comparativ cu cea ușor crescătoare caracteristică stavilelor plane verticale cu deschidere dreptunghiulară (după Jukovski); explicația acestei deosebiri poate fi pusă pe seama creșterii mai accentuate a gradului de curbură a liniilor de curent ce converg către zona I la mărirea raportului \bar{d}/\bar{h}_{am} , dar mai ales datorită influenței plutitorilor, care urmăresc evoluția nivelului apei din bieful amonte (fig.7.2);

2) superioritatea valorică a coeficienților de contracție ai SCP, față de cei ai stavilei plane verticale pe întreg domeniul \bar{d}/\bar{h}_{am} studiat;

3) coeficienții ψ' și ψ sunt:

- invers proporționali cu raportul \bar{d}/\bar{h}_{am} pentru valori ale $\bar{d}/\bar{h}_{am} < 0,160$ ($p = 0,200$ m) și $\bar{d}/\bar{h}_{am} < 0,110$ ($p = 0,250$ m), fapt care conduce la concluzia reducerii gradului de curbură a liniilor de curent odată cu creșterea deschiderii (d) stavilei;

- direct proporționali cu raportul p/\bar{h}_{am} pentru valori $p/\bar{h}_{am} > 0,850$ ($p = 0,200$ m) și $p/\bar{h}_{am} > 0,875$ ($p = 0,250$ m), datorită creșterii gradului de curbură a liniilor de curent odată cu creșterea acestui raport, deci a valorii adâncimii de scufundare (p) a tablierului stavilei (fig.7.3)

4) tendința de convergență a valorilor coeficienților ψ' și ψ către o valoare stabilă (constantă), pentru valori ale raportului $\bar{d}/\bar{h}_{am} > 0,160$ ($p = 0,200$ m) și $\bar{d}/\bar{h}_{am} > 0,110$ ($p = 0,250$ m) adică pentru valorile mediate:

$$\begin{cases} \bar{\psi}' = 0,7703 \\ \bar{\psi} = 0,7351 \end{cases} \quad \text{pentru } p = 0,200 \text{ m}$$

$$\begin{cases} \bar{\psi}' = 0,6917 \\ \bar{\psi} = 0,6517 \end{cases} \quad \text{pentru } p = 0,250 \text{ m}$$

5) superioritatea valorică a coeficientului ψ' față de ψ cu

$$\Delta_{\psi',\psi} = 4,5697 \%, \text{ pentru } p = 0,200 \text{ m}$$

$$\Delta_{\psi',\psi} = 5,7829 \%, \text{ pentru } p = 0,250 \text{ m}$$

valori raportate la valorile medii prezentate la punctul anterior (4);

6) influența mărimii "pragului" (p) asupra valorilor coeficienților de contracție, adică pentru o creștere cu $\Delta p = 25\%$, ($\Delta p = 0,05$ m) coeficientul $\bar{\psi}'$ scade cu $\Delta\psi' = 10,2038\%$, iar coeficientul $\bar{\psi}$ cu $\Delta\psi = 11,3454\%$;

7) analizarea calculelor legate de precizia măsurătorilor (tabelul nr.7.3), arată că:

7.1.) pentru adâncimea h_{am}

- erorile accidentale au valori $\delta_{ham} \in [0; 0,0033]$;
- erorile relative au valori $\varepsilon_{ham} \in [0; 0,0122]$;

7.2) pentru adâncimea h_c

- erorile accidentale au valori $\delta_{hc} \in [0,00009; 0,00008]$;
- erorile relative au valori $\varepsilon_{hc} \in [0,0029; 0,0347]$, doar două valori peste 3%;

7.3) pentru coeficientul ψ'

- erori accidentale $\delta_{\psi'} \in [0,0017; 0,0262]$, cu valori medii:

$$\begin{cases} \bar{\delta}_{\psi'(200)} = 0,01533 \\ \bar{\delta}_{\psi'(250)} = 0,0085 \\ \bar{\delta}_{\psi'} = 0,01192 \end{cases} \quad \text{și}$$

- erori relative $\varepsilon_{\psi'} \in [0,0029; 0,0372]$, cu valori medii

$$\begin{cases} \bar{\varepsilon}_{\psi'(200)} = 0,00988 \\ \bar{\varepsilon}_{\psi'(250)} = 0,0223 \\ \bar{\varepsilon}_{\psi'} = 0,01609 \end{cases}$$

7.4) pentru coeficientul ψ

- erori accidentale $\delta_{\psi} \in [0,00102; 0,0258]$, cu valori medii

$$\begin{cases} \bar{\delta}_{\psi(200)} = 0,01527 \\ \bar{\delta}_{\psi(250)} = 0,00977 \\ \bar{\delta}_{\psi} = 0,01252 \end{cases}$$

- erori relative $\varepsilon_{\psi} \in [0,0025; 0,0377]$, cu valori medii

$$\begin{cases} \bar{\varepsilon}_{\psi(200)} = 0,01182 \\ \bar{\varepsilon}_{\psi(250)} = 0,02313 \\ \bar{\varepsilon}_{\psi} = 0,01748 \end{cases}$$

7.2.1.2. Coeficientul contracției laterale, σ_c

Acest fenomen este caracteristic profilelor deversante ale zonei II. Contracția laterală (în planul xOy) este datorată trecerii curentului din spațiul amonte (de la lățimea luciului apei $B = b + 2m\bar{h}_{am}$) în cel al secțiunii de control a stavilei (la cele două deschideri laterale deversante, fiecare de lățime md)

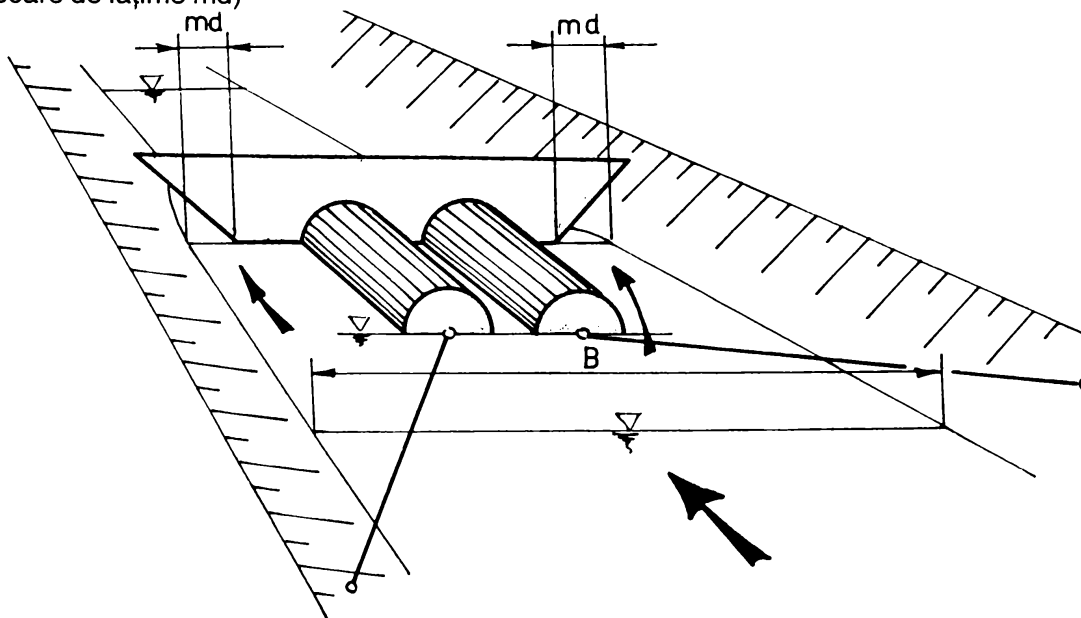


Fig. 7.4 .

Influența contracției laterale, deci efectul convergenței liniilor de curent datorat tranzitării spațiilor amintite, se introduce în relația debitului zonei II (5.97) prin intermediul coeficientului multiplicativ σ_c . Având în vedere modelul fizic al curgerii prin această zonă, pentru coeficientul σ_c se poate adopta relația lui Berezinski, adaptată particularităților SCP, adică

$$\sigma_c = 1 - \frac{0.19}{\sqrt[3]{0.2 + \frac{\bar{d}}{\bar{h}_{am}}}} \sqrt[4]{\left(\frac{2m}{C_{am}^{(c)}}\right)\left(\frac{\bar{d}}{\bar{h}_{am}}\right)} \left[1 - \left(\frac{2m}{C_{am}^{(c)}}\right)\left(\frac{\bar{d}}{\bar{h}_{am}}\right)\right] \quad (7.10)$$

unde: $C_{am}^{(c)} = \frac{b}{\bar{h}_{am}} + 2m$; $p = \bar{h}_{am} - d$ sau $\bar{d} = \bar{h}_{am} - p$

Obs: 1) la valori ale parametrilor

$$\left(\frac{2m}{C_{am}^{(c)}}\right)\left(\frac{\bar{d}}{\bar{h}_{am}}\right) < 0,2 \quad \text{și} \quad \left(\frac{\bar{d}}{\bar{h}_{am}}\right) > 3,0$$

în relația (7.10) se vor adopta pentru aceștia valorile 0,2 și respectiv 3,0;

2) întrucât coeficientul contracției laterale nu este dependent decât de elementele curgerii din bieful amonte, se poate efectua lesne o evaluarea a acestuia; în acest context, în tabelul 7.4. sunt prezentate valori ale σ_c pentru un domeniu:

Tabelul nr.7.4 Valori ale coeficientului de contracție laterală G_c

h_{am} (m)	d/p				d/h_{am}				G_c				Obs.	
	p (m)				p (m)				p (m)					
	0.10	0.15	0.20	0.25	0.10	0.15	0.20	0.25	0.10	0.15	0.20	0.25		
0.11	0.10	-	-	-	0.0909	-	-	-	0.8482	**	-	-	-	m=1.00 b=0,20 m
0.12	0.20	-	-	-	0.1667	-	-	-	0.8620	-	-	-		
0.13	0.30	-	-	-	0.2308	-	-	-	0.8719	-	-	-		
0.14	0.40	-	-	-	0.2857	-	-	-	0.8795	-	-	-		
0.15	0.50	-	-	-	0.3333	-	-	-	0.8855	-	-	-		
0.16	0.60	0.0667	-	-	0.3750	0.0625	-	-	0.8909	0.8421	**	-	-	
0.17	0.70	0.1333	-	-	0.4118	0.1176	-	-	0.8960	0.8534	-	-	-	
0.18	0.80	0.2000	-	-	0.4444	0.1667	-	-	0.9008	0.8620	-	-	-	
0.19	0.90	0.2667	-	-	0.4737	0.2105	-	-	0.9053	0.8690	-	-	-	
0.20	1.00	0.3333	-	-	0.5000	0.2500	-	-	0.9094	0.8747	-	-	-	
0.21	1.10	0.4000	0.05	-	0.5238	0.2857	0.0476	-	0.9133	0.8795	0.8387	**	-	
0.22	1.20	0.4667	0.10	-	0.5455	0.3182	0.0909	-	0.9169	0.8838	0.8482	-	-	
0.23	1.30	0.5333	0.15	-	0.5652	0.3478	0.1304	-	0.9203	0.8880	0.8558	-	-	
0.24	1.40	0.6000	0.20	-	0.5833	0.3750	0.1667	-	0.9235	0.8921	0.8620	-	-	
0.25	1.50	0.6667	0.25	-	0.6000	0.4000	0.2000	-	0.9264	0.8959	0.8674	-	-	
0.26	1.60	0.7333	0.30	0.04	0.6154	0.4231	0.2308	0.0385	0.9291	0.8996	0.8719	0.8364	**	
0.27	1.70	0.8000	0.35	0.08	0.6296	0.4444	0.2593	0.0741	0.9317	0.9031	0.8759	0.8446	-	
0.28	1.80	0.8667	0.40	0.12	0.6429	0.4643	0.2857	0.1071	0.9342	0.9064	0.8795	0.8514	-	
0.29	1.90	0.9333	0.45	0.16	0.6552	0.4828	0.3103	0.1379	0.9364	0.9096	0.8831	0.8571	-	
0.30	2.00	1.0000	0.50	0.20	0.6667	0.5000	0.3333	0.1667	0.9386	0.9126	0.8865	0.8620	-	

□ * Valori afectate de prima condiție de domeniu a relației (7.10), condiție prezentată la obs.1)

$h_{am} \in [0,11 \text{ m} \dots 0,30 \text{ m}]$ și

$p = \{0,10 \text{ m}; 0,15 \text{ m}; 0,20 \text{ m}; 0,25 \text{ m}\}$

7.2.1.3. Coeficienții de debit (μ) și înecare (χ)

În conformitate cu modelele fizic și analitic considerate și dezvoltate în cadrul capitolului 5, rezultatele măsurătorilor programului experimental și evaluările aferente coeficienților de debit (μ), de înecare (χ) și globali ai stavilei cu corpuri plutitoare ($\mu_{st,gl}$, $\sigma_{st,gl}$) sunt organizate diferențiat funcție de tipul regimului hidraulic din bieful aval, adică:

- **liber** (pentru $h_{av,c} > h_{av}$) caracterizat, după cum este bine cunoscut, de prezența saltului hidraulic îndepărtat, și la limită, a saltului hidraulic imediat (fig.5.5. a);

- **semiînecat**, caracterizat prin înecarea saltului hidraulic ($h_{av,c} < \bar{h}_{av}$), deci prin înecarea zonei I, zona II funcționând în continuare liber ($\bar{h}_n/\bar{p}_0 < 0,8$, fig.5.5.b);

- **complet înecat**, când datorită valorilor crescătoare ale adâncimii biefului aval (\bar{h}_{av}) se produce și înecarea zonei II ($\bar{h}_n/\bar{p}_0 \geq 0,8$, fig.5.5.c)

Ridicarea nedeterminării valorice a acestor coeficienți prin studii experimentale este justificată de faptul că aceștia cuprind în formă globală pe lângă efectul pierderilor de sarcină și pe cel al unor efecte secundare cum sunt neuniformitatea distribuției de viteze în secțiunile de flux și eflux, anizotropia fluctuațiilor turbulente etc.

Regim hidraulic liber în bieful aval

Pornind de la relația debitului tranzitat de SCP prin secțiunea de control, caracteristică acestui tip de regim (5.98)

$$\bar{Q}_{tr} = \mu_{zI} C_d \bar{d}^2 \sqrt{2g(\bar{h}_{am_0} - \psi' \bar{d})} + 2\mu_{zII} \sigma_c (m\bar{d}) \sqrt{2g} \cdot \bar{p}_0^{1,5}$$

și utilizând rezultatele măsurătorilor experimentale mediate pe regim hidraulic (\bar{h}_{am_0} , \bar{d} , ψ' , C_d , \bar{p}_0), coeficientul de debit al zonei I se evaluează cu ajutorul relației:

$$\mu_{zI} = \frac{\bar{Q}_{tr} - 2\mu_{zII} \sigma_c (m\bar{d}) \sqrt{2g} \cdot \bar{p}_0^{1,5}}{C_d \bar{d}^2 \sqrt{2g(\bar{h}_{am_0} - \psi' \bar{d})}} \quad (7.11)$$

unde: μ_{zII} este coeficientul de debit al zonei II (profilele deversante laterale), care se determină cu ajutorul relației lui Berezinski (5.99)

$$\mu_{zII} = 0,32 + 0,01 \frac{3 - \frac{\bar{d}}{p}}{0,46 + 0,75 \frac{\bar{d}}{p}}$$

Obs: valori ale acestui coeficient, pentru $p = \{0,10m; 0,15m; 0,20m; 0,25m\}$, $h_{am} \in [0,11 \dots 0,30]$ și rapoarte $0 < \bar{d}/p \leq 3$, sunt prezentate în tabelul nr.7.5

σ_c , este coeficientul contracției laterale a zonei II, pentru calculul căruia se poate utiliza relația (7.10) sau valorile reprezentate în tabelul 7.4 ;

ψ' , este coeficientul de contracție al zonei I pentru calculul căruia se pot utiliza relațiile (7.5) sau (7.6) sau rezultatele măsurătorilor experimentale prezentate în fig. 7.2 sau tabelele 7.1 și 7.2 .

Având în vedere faptul că pentru calculele de proiectare este utilă și evaluarea unui coeficient global de debit al SCP (global al celor două zone), propun pentru calculul acestuia relația (dedusă tot din relația 5.98):

$$\mu_{st,gl} = \frac{\bar{Q}}{C_d \bar{d}^2 \sqrt{2g(\bar{h}_{am_0} - \psi' \bar{d})} + 2\sigma_c (m\bar{d}) \sqrt{2g} \cdot \bar{p}_0^{1,5}} \quad (7.12)$$

cu recomandări și explicitări similare relației (7.11),

Tabelul nr.7.5 Valori ale coeficientului de debit al zonei II (μ_{zII})

h_{am} (m)	d (m)				d / p				μ_{zII}				Obs.
	p (m)				p (m)				p (m)				
	0.10	0.15	0.20	0.25	0.10	0.15	0.20	0.25	0.10	0.15	0.20	0.25	
0.11	0.01	-	-	-	0.10	-	-	-	0.3742	-	-	-	valori valabile pentru: - muchia de intrare ascuțită; -valori ale raportului $0 < \frac{d}{p} \leq 3$
0.12	0.02	-	-	-	0.20	-	-	-	0.3659	-	-	-	
0.13	0.03	-	-	-	0.30	-	-	-	0.3594	-	-	-	
0.14	0.04	-	-	-	0.40	-	-	-	0.3542	-	-	-	
0.15	0.05	-	-	-	0.50	-	-	-	0.3499	-	-	-	
0.16	0.06	0.01	-	-	0.60	0.0667	-	-	0.3464	0.3775	-	-	
0.17	0.07	0.02	-	-	0.70	0.1333	-	-	0.3434	0.3712	-	-	
0.18	0.08	0.03	-	-	0.80	0.2000	-	-	0.3408	0.3659	-	-	
0.19	0.09	0.04	-	-	0.90	0.2667	-	-	0.3385	0.3614	-	-	
0.20	0.10	0.05	-	-	1.00	0.3333	-	-	0.3365	0.3576	-	-	
0.21	0.11	0.06	0.01	-	1.10	0.4000	0.05	-	0.3348	0.3542	0.3793	-	
0.22	0.12	0.07	0.02	-	1.20	0.4667	0.10	-	0.3332	0.3513	0.3742	-	
0.23	0.13	0.08	0.03	-	1.30	0.5333	0.15	-	0.3318	0.3487	0.3698	-	
0.24	0.14	0.09	0.04	-	1.40	0.6000	0.20	-	0.3306	0.3464	0.3659	-	
0.25	0.15	0.10	0.05	-	1.50	0.6667	0.25	-	0.3295	0.3443	0.3625	-	
0.26	0.16	0.11	0.06	0.01	1.60	0.7333	0.30	0.04	0.3284	0.3424	0.3594	0.3804	
0.27	0.17	0.12	0.07	0.02	1.70	0.8000	0.35	0.08	0.3275	0.3408	0.3567	0.3762	
0.28	0.18	0.13	0.08	0.03	1.80	0.8667	0.40	0.12	0.3266	0.3392	0.3542	0.3724	
0.29	0.19	0.14	0.09	0.04	1.90	0.9333	0.45	0.16	0.3258	0.3378	0.3520	0.3690	
0.30	0.20	0.15	0.10	0.05	2.00	1.0000	0.50	0.20	0.3251	0.3365	0.3499	0.3659	

Mărimile fizice determinate pe cale experimentală (h_{am} , h_{av} , h_{dev} etc.), necesare calculului coeficienților de debit (μ_{zI} , $\mu_{st,gl}$) au fost măsurate după cum am precizat detaliat în capitolul 6, piezometric și verificate cu ajutorul limnimetrului. Rezultatele acestor determinări și calcule, pentru valori medii pe regim hidraulic, sunt prezentate în tabelul nr.7.6 (pentru adâncimea de scufundare a tablîerului $p=0,200m$) și nr.7.7 (pentru $p=0,250m$), iar reprezentările grafice ale dependențelor $\mu_{zI} = f(d/h_{am})$ și $\mu_{zII} = f(d/h_{am})$ în diverse combinații ale parametrilor determinanți în fig.7.5, 7.6, 7.7 și 7.8.

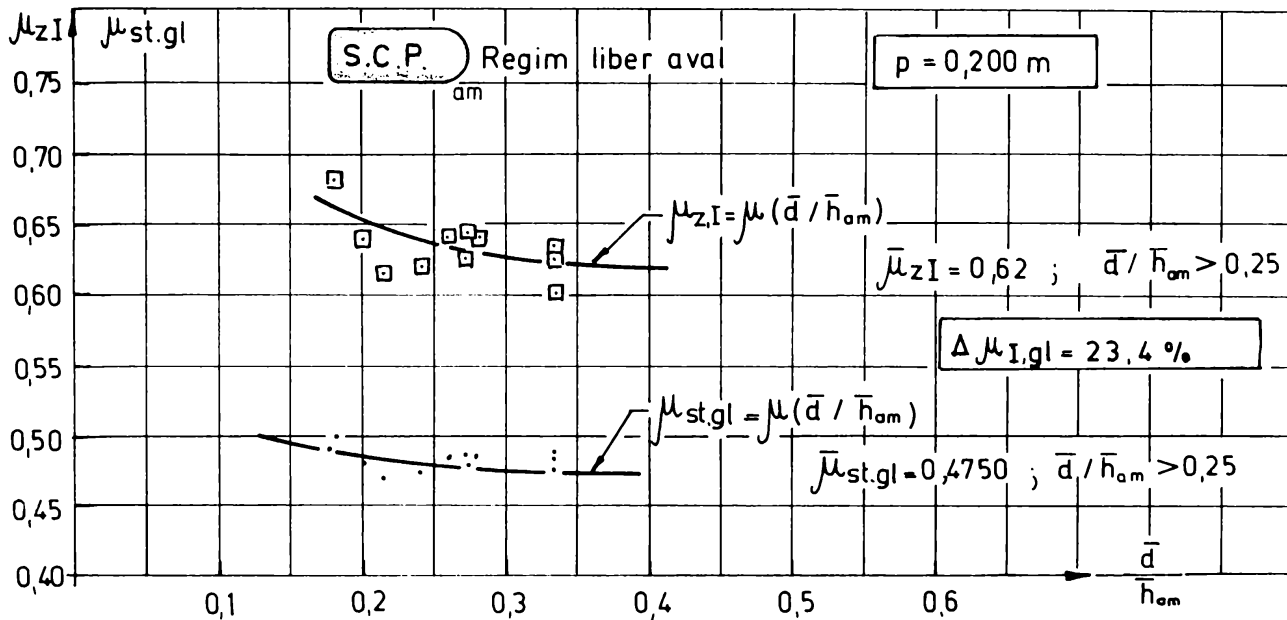


Fig. 7.5.

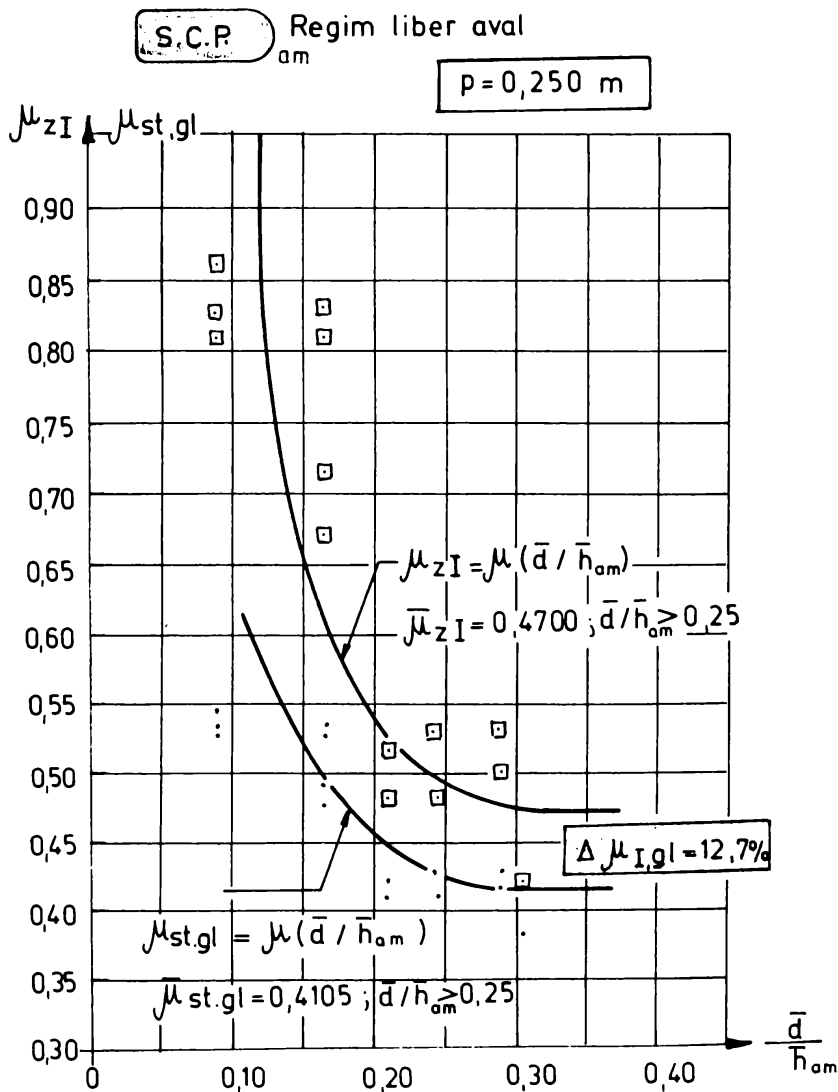


Fig. 7.6.

Tabelul nr.7.6 Valori ale coeficienților de debit, caracteristici SCP, pentru regim liber în bieful aval ($b = 0,20 \text{ m}$; $m = 1$; $p = 0,200 \text{ m}$; $\Psi' = 0,760$)

Nr. reg.	$\bar{Q}_{tr} \times 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{s)}$	$\bar{h}_{am} \text{ (m)}$	$\bar{h}_{am_0} \text{ (m)}$	$\bar{d} \text{ (m)}$	$\bar{p}_0 \text{ (m)}$	G_c	μ_{zII}	μ_{zI}	$\mu_{st,gl}$	$\frac{\bar{d}}{\bar{p}}$	$\frac{\bar{d}}{\bar{h}_{am}}$
1	68.6190	0.3000	0.3016	0.1000	0.2016	0.8901	0.3479	0.6359	0.4876	0.5000	0.3333
2	67.9200	0.3000	0.3016	0.1000	0.2016	0.8901	0.3479	0.6256	0.4827	0.5000	0.3333
3	66.1990	0.3000	0.3015	0.1000	0.2015	0.8901	0.3479	0.6009	0.4707	0.5000	0.3333
4	53.8050	0.2783	0.2866	0.0783	0.2083	0.8825	0.3523	0.6419	0.4848	0.3915	0.2814
5	51.3650	0.2750	0.2829	0.0750	0.2079	0.8813	0.3531	0.6446	0.4857	0.3750	0.2727
6	50.4250	0.2750	0.2826	0.0750	0.2076	0.8813	0.3531	0.6264	0.4775	0.3750	0.2727
7	47.5700	0.2703	0.2775	0.0703	0.2076	0.8796	0.3542	0.6414	0.4839	0.3515	0.2601
8	41.3710	0.2633	0.2692	0.0633	0.2059	0.8767	0.3560	0.6182	0.4727	0.3165	0.2404
9	34.9900	0.2542	0.2589	0.0542	0.2047	0.8737	0.3584	0.6147	0.4710	0.2710	0.2132
10	32.8430	0.2500	0.2543	0.0500	0.2043	0.8723	0.3597	0.6383	0.4801	0.2500	0.2000
11	30.3860	0.2443	0.2583	0.0443	0.2040	0.8729	0.3516	0.6834	0.4998	0.2215	0.1813

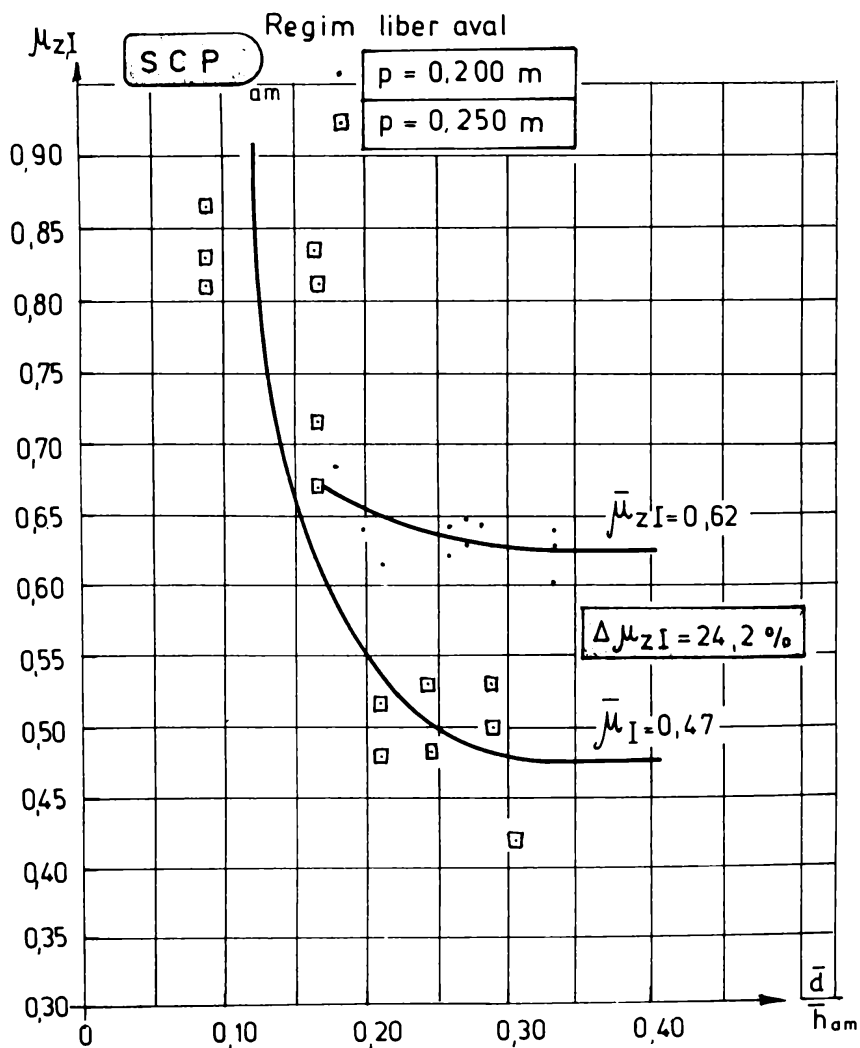


Fig.7.7. Influența sarcinii zonei II (p) asupra coeficientului de debit μ_{zI}

Tabelul nr.7.7 Valori ale coeficienților de debit, caracteristici SCP, pentru regim liber în bieful aval ($b = 0,200 \text{ m}$; $m = 1$; $p = 0,250 \text{ m}$; $\psi'_{1,\bar{p}} = 0,6917$; $\psi'_{2,\bar{p}} = 0,7035$)

Nr. reg.	$\bar{Q}_{1r} \times 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{s)}$	$\bar{h}_{am} \text{ (m)}$	$\bar{h}_{am,0} \text{ (m)}$	$\bar{d} \text{ (m)}$	$\bar{p}_0 \text{ (m)}$	\bar{G}_c	$\mu_{z \text{ II}}$	$\mu_{z \text{ I}}$	$\mu_{st, gl}$	$\frac{\bar{d}}{\bar{p}}$	$\frac{\bar{d}}{\bar{h}_{am}}$
1	74.2147	0.3510	0.3585	0.1010	0.2575	0.8650	0.3540	0.5310	0.4278	0.4040	0.2877
2	72.6406	0.3520	0.3591	0.1020	0.2751	0.8650	0.3538	0.4992	0.4146	0.4080	0.2898
3	72.8158	0.3600	0.3666	0.1100	0.2566	0.8670	0.3524	0.4190	0.3808	0.4400	0.3056
4	56.1723	0.3300	0.3352	0.0800	0.2552	0.8666	0.3583	0.5297	0.4266	0.3200	0.2424
5	54.3866	0.3310	0.3358	0.0810	0.2548	0.8668	0.3581	0.4827	0.4079	0.3240	0.2447
6	45.1842	0.3170	0.3209	0.0810	0.2539	0.8633	0.3613	0.5178	0.4220	0.2680	0.2114
7	43.5418	0.3170	0.3206	0.0670	0.2536	0.8633	0.3613	0.4795	0.4072	0.2680	0.2114
8	42.7953	0.3000	0.3045	0.0670	0.2545	0.8620	0.3659	0.8121	0.5266	0.2000	0.1667
9	41.6135	0.3000	0.3039	0.0500	0.2539	0.8620	0.3659	0.8330	0.5361	0.2000	0.1667
10	39.5676	0.3000	0.3034	0.0500	0.2534	0.8620	0.3659	0.7142	0.4892	0.2000	0.1667
11	38.4209	0.3000	0.3031	0.0500	0.2531	0.8620	0.3659	0.6696	0.4756	0.2000	0.1667
12	19.8004	0.2750	0.2762	0.0250	0.2512	0.8480	0.3742	0.8644	0.5461	0.1000	0.0909
13	19.3417	0.2750	0.2761	0.0250	0.2511	0.8480	0.3742	0.8288	0.5337	0.1000	0.0909
14	19.1124	0.2750	0.2761	0.0250	0.2511	0.8480	0.3742	0.8107	0.5274	0.1000	0.0909

O analiză comparativă a rezultatelor măsurătorilor experimentale, dar mai ales a valorilor obținute pentru coeficienții de debit $\bar{\mu}_{zI}$ și $\bar{\mu}_{st,gl}$ (mediați pentru valorile $\bar{d}/\bar{h}_{am} > 0,25$) conduce la următoarele concluzii:

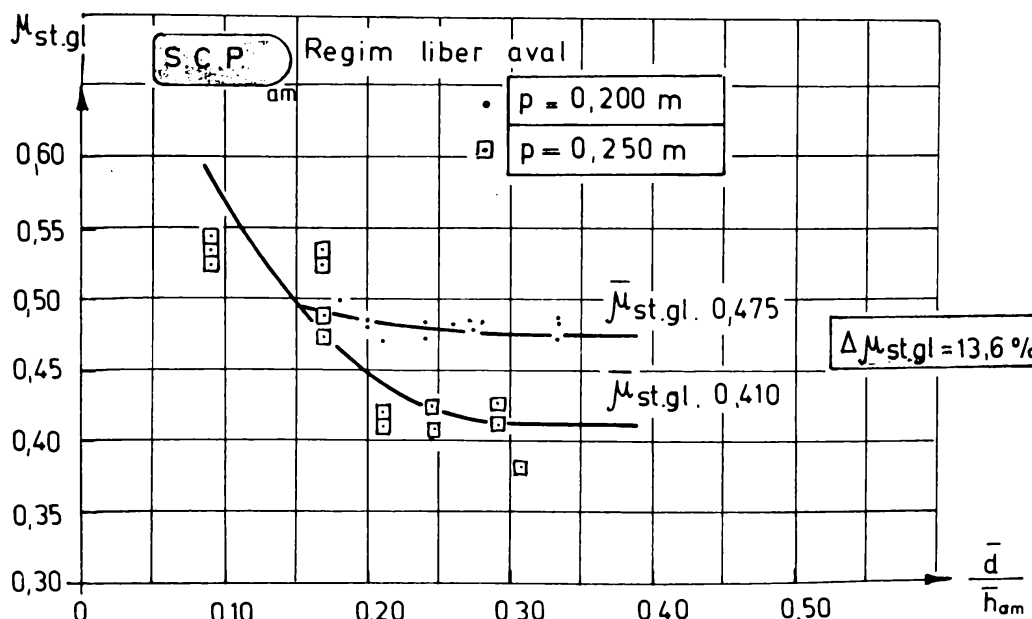


Fig. 7.8. Influența sarcinii zonei II (p) asupra coeficientului global de debit

1) pentru SCP-am, cu adâncimea de scufundare a tablierului $p = 0,200\text{m}$, valoarea medie a coeficientului $\bar{\mu}_{z1} = 0,62$ este superioară celei medii a coeficientului $\bar{\mu}_{st,gl} = 0,4750$ cu $\Delta\mu_{1,gl} = 0,1450$ (adică cu 23,3871%, fig.7.5);

2) pentru SCP-am, cu $p = 0,250\text{m}$, valoarea medie a coeficientului $\bar{\mu}_{z1} = 0,4700$ este superioară celui global $\bar{\mu}_{st,gl} = 0,4105$ cu $\Delta\mu_{1,gl} = 0,0595$ (adică cu 12,6596%, fig.7.6);

3) **creșterea** valorii adâncimii de scufundare a tablierului de la $p = 0,200\text{m}$ la $p = 0,250\text{m}$, adică cu $\Delta p = 0,05\text{m}$ ($\Delta p = 25\%$) produce **reducerea**:

- coeficientului de debit de la $\mu_{z1} = 0,62$ la $\mu_{z1} = 0,4700$, adică cu $\Delta\mu_{z1} = 0,15$ (24,1935%, fig.7.7);

- coeficientului global de debit al stavilei de la $\bar{\mu}_{st,gl} = 0,4750$ la $\bar{\mu}_{st,gl} = 0,4105$, adică cu $\Delta\mu_{st,gl} = 0,0645$ (13,5789%, fig.7.8);

Rezultatele aferente preciziei măsurătorilor efectuate pentru determinarea coeficienților de debit caracteristici acestui tip de regim hidraulic (atât pentru mărimile direct măsurabile $-h_{am}, h_{av}, h_{dev}$ - cât și pentru cele exprimate prin funcții $-Q_{tr}, v, h_{am0}, p_0$ -), sunt prezentate centralizat, pentru câteva regimuri mai reprezentative, în tabelul nr.7.8.

Relațiile necesare calculului erorilor accidentale aferente mărimilor direct măsurabile sunt cele de tipul (6.6) și (6.7), iar ale celor relative de tipul (6.10). Relațiile de calcul ale erorilor accidentale ale mărimilor exprimate prin funcții (deduse din cea de tipul 6.8) sunt:

$$\delta_{Q_{tr}} = K_1 \left\{ \left[-\frac{0,0027}{\sqrt{h_{dev}}} + K_2 \frac{\bar{h}_{dev}^{2,5}}{(p_{dev} + \bar{h}_{dev})} (p + 2\bar{h}_{dev}) \right] + 1,5m\sqrt{h_{dev}} \right\} \delta_{h_{dev}} \quad (7.13)$$

$$\text{unde: } K_1 = b\sqrt{2g} = 1,1074 \quad K_2 = 2 \cdot 0,55 \left(\frac{b}{B} \right)^2 = 0,0688$$

sunt constante determinate de elemente geometrice ale deversorului de măsură a debitului;

$$\delta_v = \frac{\bar{h}_{am} \cdot \delta_{Q_{tr}} + 2\bar{Q}_{tr}\delta_{h_{am}}}{C_{am}\bar{h}_{am}^3} \quad (7.14)$$

$$\delta_{am0} = \delta_{h_{am}} + \frac{\bar{v}}{g} \delta_v \quad (7.15)$$

$$\delta_p = \frac{\bar{v}}{g} \delta_v \quad (7.16)$$

$$\delta_d = \delta_{h_{am}} \quad (7.17)$$

iar ale erorilor relative de tipul (6.11). De remarcat sunt doar valorile mai mari de 1% ale erorilor relative caracteristice deschiderii stavilei (d).

Tabelul nr.7.8. Valori ale erorilor accidentale și relative ale mărimilor fizice caracteristice regimului liber în bieful aval

Nr. reg.	h_{ami} (m)	\bar{h}_{am} (m)	δ_{ham} (%)	ϵ_{ham} (%)	h_{devi} (m)	\bar{h}_{dev} (m)	δ_{hdev} (%)	ϵ_{hdev} (%)	$\delta_{q_{tr}}$ (%)	$\epsilon_{q_{tr}}$ (%)	δ_v (%)	ϵ_v (%)	δ_{hamo} (%)	ϵ_{hamo} (%)	δ_{p_o} (%)	ϵ_{p_o} (%)	δ_d (%)	ϵ_d (%)	p (m)
1	0.3010	0.3000	0.0704	0.2300	0.2920	0.2920	0.0704	0.2411	0.0244	0.3542	0.3776	0.8253	0.0880	0.2918	0.0176	0.0873	0.0704	0.0704	0.200
	0.2995				0.2915														
	0.3000				0.2920														
	0.3000				0.2930														
	0.2995				0.2915														
4	0.2780	0.2783	0.0771	0.2772	0.2470	0.2478	0.0962	0.3882	0.0305	0.5663	0.4529	1.1205	0.0958	0.3341	0.0187	0.0896	0.0771	0.9847	0.200
	0.2790				0.2480														
	0.2775				0.2490														
	0.2780				0.2470														
	0.2790				0.2480														
10	0.2500	0.2500	0.0813	0.3252	0.1765	0.1770	0.0704	0.3978	0.0185	0.5627	0.3541	1.2132	0.0918	0.3611	0.0105	0.0516	0.0813	1.6260	0.200
	0.2500				0.1770														
	0.2510				0.1765														
	0.2490				0.1780														
	0.2500				0.1770														
1	0.3505	0.3510	0.0600	0.1709	0.3080	0.3080	0.0900	0.2922	0.0323	0.4352	0.2982	0.7771	0.0717	0.2042	0.0117	0.0453	0.0600	0.5900	0.250
	0.3510				0.3090														
	0.3515				0.3085														
	0.3515				0.3070														
	0.3505				0.3075														
3	0.3595	0.3600	0.1300	0.3611	0.3040	0.3040	0.0400	0.1316	0.0142	0.1956	0.3315	0.9178	0.1422	0.3950	0.0122	0.0476	0.1300	1.1800	0.250
	0.3620				0.3040														
	0.3600				0.3035														
	0.3595				0.3045														
	0.3590				0.3040														
6	0.3170	0.3170	0.0700	0.2208	0.2200	0.2200	0.0400	0.1818	0.0121	0.2680	0.1957	0.6655	0.0759	0.2393	0.0059	0.0231	0.0700	1.0400	0.250
	0.3165				0.2200														
	0.3165				0.2195														
	0.3170				0.2205														
	0.3180				0.2200														

Regim hidraulic semiînecat în bieful aval

Este regimul hidraulic caracterizat prin înecarea zonei I ($h_{av,c} < h_{av}$), dar cu funcționarea în continuare liberă a zonei II (profilele laterale deversante laterale, $h_n/p_0 < 0,80$). Efectul înecării zonei I, în relația debitului tranzitat prin această zonă, este introdus prin intermediul coeficientului de înecare χ_{zI} (5.111) cu expresia:

$$\chi_{zI} = \sqrt{1 - \sqrt{\frac{B_{av}C_s + \sqrt{B_{av}^2C_s^2 - 4C_{av}^*gC_sC'_s\bar{h}_s}}{2gC_sC'_s\bar{h}_s}}}$$

rezultat din necesitatea explicitării influenței înecării zonei, adică a raportului \bar{h}_s/\bar{h}_{am} (5.110)

$$\frac{\bar{h}_s}{\bar{h}_{am}} = \sqrt{\frac{B_{av}C_s \pm \sqrt{B_{av}^2C_s^2 - 4C_{av}^*A_s}}{2A_s}}$$

unde:

$$A_s = gC_sC'_s\bar{h}_s; \quad B_{av} = (C_{av} + gC'_{av}\bar{h}_{av})\left(\frac{\bar{h}_{av}}{\bar{h}_{am}}\right)^2$$

$$C_s = \frac{b}{h_s} + m; \quad C'_s = \frac{1}{6}\left(\frac{3b}{h_s} + 2m\right)$$

$$C_{av} = \frac{b}{h_{av}} + m; \quad C'_{av} = \frac{1}{6}\left(\frac{3b}{h_{av}} + 2m\right); \quad C_{av}^* = C_{av}^2\left(\frac{\bar{h}_{av}}{\bar{h}_{am}}\right)^4$$

Întrucât calculul direct al valorii coeficientului χ_{zI} din expresia (5.111) este greoi, este mai eficientă determinarea unui coeficient global de debit și înecare al zonei I ($\sigma_{zI} = \chi_{zI} \mu_{zI}$), pornind de la expresia debitului total tranzitat de SCP-am (5.113):

$$\bar{Q}_{tr} = \chi_{zI}\mu_{zI}C_d\bar{d}^2\sqrt{2g} \cdot \bar{h}_{am_0}^{0,5} + 2\mu_{zI}\sigma_c(m\bar{d})\sqrt{2g} \cdot \bar{p}_0^{1,5}$$

adică

$$\sigma_{zI} = \frac{\bar{Q}_{tr} - 2\mu_{zI}\sigma_c(m\bar{d})\sqrt{2g} \cdot \bar{p}_0^{1,5}}{C_d\bar{d}^2\sqrt{2g} \cdot \bar{h}_{am_0}^{0,5}} \quad (7.18)$$

unde pentru coeficienții μ_{zI} și σ_c rămân în continuare valabile relațiile (5.99) și respectiv (5.95) sau (7.10).

\bar{Q}_{tr} , \bar{d} , \bar{p}_0 , \bar{h}_{am} sunt mărimi fizice caracteristice, mediate pe regim hidraulic (debit, deschidere stavilă, adâncimea de scufundare a tablierului și respectiv adâncimea apei în canal, amonte de secțiunea de control).

Obs: dacă se calculează separat coeficientul χ_{zI} , utilizând relația (5.111), atunci este posibil și calculul coeficientului de debit (μ_{zI}) al zonei I în funcționare înecată, conform expresiei:

$$\mu_{zI} = \frac{\bar{Q}_{tr} - 2\mu_{zI}\sigma_c(\bar{m}\bar{d})\sqrt{2g} \cdot \bar{p}_0^{1,5}}{\chi_{zI} \cdot C_d \bar{d}^2 \sqrt{2g} \cdot \bar{h}_{am_0}^{0,5}} \quad (7.19)$$

Similar regimului liber, și pentru regimul semiînecat este utilă o evaluare globală a coeficientului caracteristic SCP-am (ambelor zone) conform relației:

$$\sigma_{\hat{f},st,gl} = \frac{\bar{Q}_{tr}}{C_d \bar{d}^2 \sqrt{2g} \cdot \bar{h}_{am_0}^{0,5} + 2\sigma_c(\bar{m}\bar{d})\sqrt{2g} \cdot \bar{p}_0^{1,5}} \quad (7.20)$$

dedusă ca și relația (7.18), tot din (5.113).

Rezultatele determinărilor experimentale și ale calculului caracteristic funcționării SCP-am în acest tip de regim (valori medii pe regim), sunt prezentate:

a) pentru baza experimentală de laborator

a1) SCP-am cu sarcina $p = 0,200\text{ m}$ în tabelul 7.9, iar reprezentările grafice ale dependențelor $\sigma_{\hat{f},zI} = f(d/h_{am})$ și $\sigma_{\hat{f},st,gl} = f(d/h_{am})$ în figura nr.7.9;

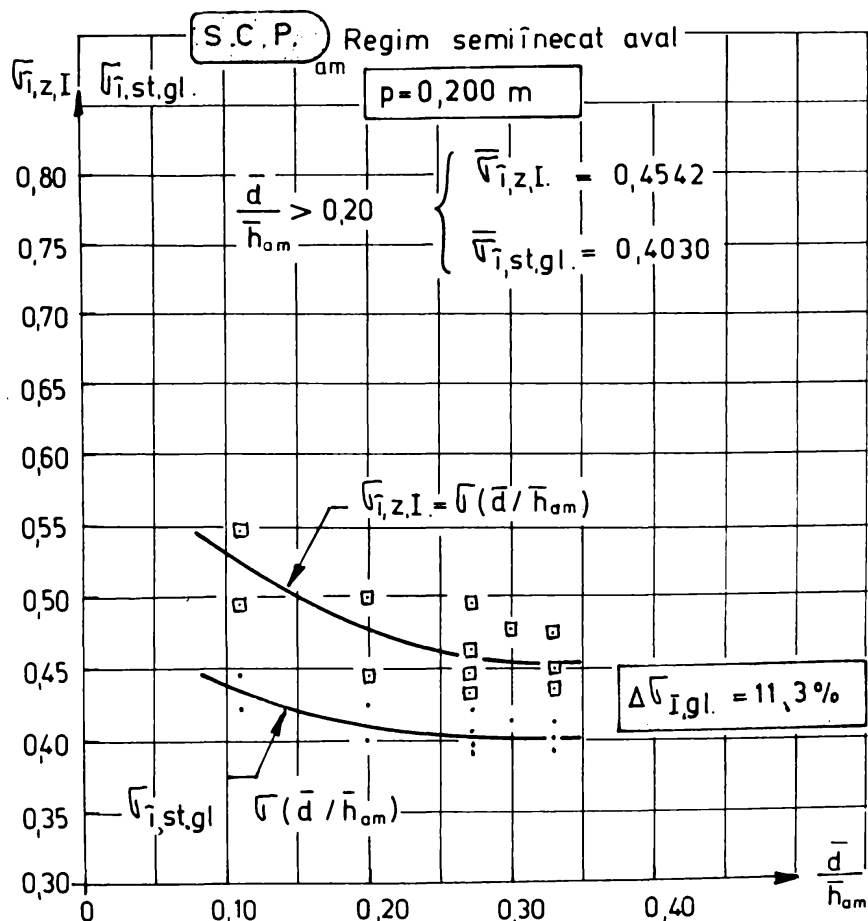


Fig. 7.9.

Tabelul nr.7.9 Valori ale coeficienților caracteristici relației debitului tranzitat de SCP-am pentru regimul semiînecat în bieful aval

Nr. reg.	$\bar{Q}_{tr} \times 10^{-3}$ (m ³ /s)	\bar{h}_{am} (m)	\bar{h}_{ams} (m)	\bar{d} (m)	\bar{p}_o (m)	\bar{h}_{av} (m)	\bar{h}_n (m)	\bar{h}_n \bar{p}_o	G_c	μ_{z11}	$G_{1,z1}$	$G_{1,sl,gl}$	$\frac{\bar{d}}{\bar{p}}$	$\frac{\bar{d}}{\bar{h}_{am}}$	Obs.
1	65.1670	0.3000	0.3096	0.1000	0.2096	0.2150	0.1150	0.5487	0.8865	0.3479	0.4756	0.4135	0.500	0.3333	b=0,200m m=1,0 p=0,200m
2	61.7840	0.3000	0.3087	0.1000	0.2087	0.2360	0.6517	0.6517	0.8865	0.3479	0.4367	0.3936	0.500	0.3333	
3	60.7790	0.3000	0.3084	0.1000	0.2084	0.2560	0.7486	0.7486	0.8865	0.3479	0.4503	0.4019	0.500	0.3333	
4	54.8709	0.2868	0.2947	0.0868	0.2079	0.2082	0.5839	0.5839	0.8852	0.3505	0.4777	0.4141	0.434	0.3026	
5	50.7384	0.2770	0.2845	0.0770	0.2075	0.1960	0.5735	0.5735	0.8809	0.3526	0.5320	0.4404	0.385	0.2780	
6	47.0130	0.2750	0.2816	0.0750	0.2066	0.1950	0.5808	0.5808	0.8802	0.3531	0.4945	0.4221	0.375	0.2727	
7	45.4890	0.2750	0.2812	0.0750	0.2062	0.2220	0.7129	0.7129	0.8809	0.3526	0.4451	0.3979	0.375	0.2727	
8	45.1840	0.2750	0.2811	0.0750	0.2061	0.2020	0.6162	0.6162	0.8802	0.3531	0.4627	0.4067	0.375	0.2727	
9	43.6910	0.2750	0.2807	0.0750	0.2057	0.2100	0.6563	0.6563	0.8802	0.3531	0.4366	0.3940	0.375	0.2727	
10	30.1660	0.2500	0.2537	0.0500	0.2037	0.1880	0.6775	0.6775	0.8709	0.3597	0.5008	0.4246	0.250	0.2000	
11	28.3300	0.2500	0.2532	0.0500	0.2032	0.1940	0.7087	0.7087	0.8709	0.3597	0.4466	0.3998	0.250	0.2000	
12	16.2392	0.2250	0.2265	0.0250	0.2015	0.1480	0.6104	0.6104	0.8573	0.3685	0.5468	0.4223	0.125	0.1111	
13	15.3980	0.2250	0.2263	0.0250	0.2013	0.1330	0.5365	0.5365	0.8573	0.3685	0.4940	0.4449	0.125	0.1111	

a2) SCP-am cu adâncimea de scufundare, $p = 0,250\text{m}$, în tabelul nr.7.10, iar reprezentările grafice ale dependențelor $\sigma_{\hat{\gamma},ZI} = f(d/h_{am})$ și $\sigma_{\hat{\gamma},st,gl}$ în fig.7.10;

b) pentru baza experimentală de teren

b1) SCP-am cu sarcina $p = 0,680\text{m}$ ($b = 1,00\text{m}$; $m = 1,5$) în tabelul nr.7.11, cu valori medii pentru $\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},ZI} = 0,3698$ și $\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},st,gl} = 0,3085$ la $d/h_{am} > 0,250$;

b2) SCP-am cu sarcina $p = 0,850\text{m}$ ($b = 1,00\text{m}$; $m = 1,5$) în tabelul 7.12, cu valori medii pentru $\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},ZI} = 0,2983$ și $\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},st,gl} = 0,2807$ la $d/h_{am} > 0,200$;

Obs: pentru cazurile b1) și b2) nu am efectuat reprezentări grafice ale dependențelor menționate la cazurile a1) și a2) datorită domeniului valoric restrâns al raportului d/h_{am} obținut.

Efectuând o analiză comparativă a rezultatelor obținute, în special asupra valorilor medii $\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},ZI}$ și $\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},st,gl}$ pentru $d/h_{am} > 0,200$ (de unde curbele de dependență tind către o valoare de stabilizare), se pot trage următoarele concluzii:

1) pentru SCP-am cu $p = 0,200\text{m}$, valoarea medie a coeficientului $\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},ZI} = 0,4542$ este superioară celei medii a coeficientului global $\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},st,gl} = 0,4030$ cu $\Delta\bar{\sigma}_{1,gl} = 0,0512$ (adică cu 11,2726%, fig 7.9);

2) similar, dar pentru $p = 0,250\text{m}$, $\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},ZI} = 0,3816$ este superioară $\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},st,gl} = 0,3667$ cu $\Delta\bar{\sigma}_{1,gl} = 0,0149$ (adică cu 3,9046%, fig 7.10);

3) creșterea valorii adâncimii de scufundare, p cu $\Delta p = 0,05\text{m}$ ($\Delta p = 25\%$) conduce la **reducerea**:

- coeficientului $\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},ZI}$ cu $\Delta\bar{\sigma}_{1,ZI} = 0,0726$ (adică cu 15,9841%, fig 7.11);

- coeficientului $\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},st,gl}$ cu $\Delta\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},st,gl} = 0,0363$ (adică cu 9,0074%, fig 7.12);

4) pentru SCP-am (sistem Pecica-Arad), în mod similar:

- pentru $p = 0,680\text{m}$, $\Delta\bar{\sigma}_{1,gl} = 0,0613$ (adică cu 16,5765%);

- pentru $p = 0,850\text{m}$, $\Delta\bar{\sigma}_{1,gl} = 0,0176$ (adică cu 5,891%);

- creșterea sarcinii $\Delta p = 0,170\text{m}$ ($\Delta p = 25\%$), conduce la **reducerea** coeficientului $\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},ZI}$ cu $\Delta\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},ZI} = 0,0715$ (adică cu 19,3348%) și a coeficientului $\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},st,gl}$ cu $\Delta\bar{\sigma}_{\hat{\gamma},st,gl} = 0,0278$ (adică cu 9,0113%).

Rezultatele calculelor aferente preciziei măsurătorilor mărimilor directe și a celor exprimate prin funcții, mărimi necesare calculului coeficienților caracteristici acestui tip de regim sunt prezentate în tabelul 7.13. Relațiile de determinare ale erorilor atât accidentale cât și relative sunt aceleași cu cele de la regimul liber, adică (6.6) și (6.7) pentru mărimile direct măsurabile și (7.13)...(7.17) pentru mărimile exprimate prin funcții.

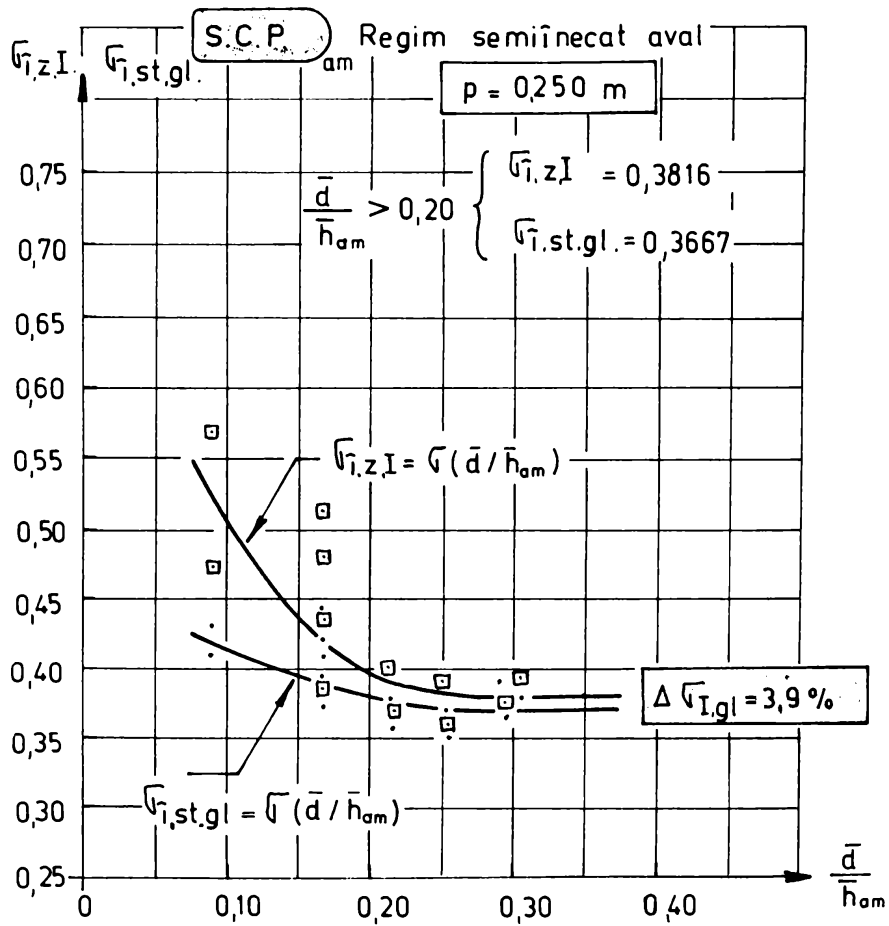


Figura 7.10.

Tabelul nr.7.10 Valori ale coeficienților caracteristici relației debitului tranzitat de SCP-am pentru regimul semiîneecat în bieful aval

Nr. reg.	$\bar{Q}_{tr} \times 10^{-3}$ (m ³ /s)	\bar{h}_{am} (m)	$\bar{h}_{am,0}$ (m)	\bar{d} (m)	\bar{p}_0 (m)	\bar{h}_{av} (m)	\bar{h}_n (m)	$\frac{\bar{h}_n}{\bar{p}_0}$	G_c	$\mu_{z,II}$	$G_{\tau,z,I}$	$G_{\tau,sl,gl}$	$\frac{\bar{d}}{p}$	$\frac{\bar{d}}{h_{am}}$	Obs.
1	72.8158	0.3600	0.3666	0.110	0.2566	0.2520	0.1420	0.5534	0.8670	0.3719	0.3927	0.3808	0.440	0.3056	b=0,200m m=1,0 p=0,250m
2	72.1163	0.3520	0.3590	0.102	0.2570	0.2150	0.1170	0.4397	0.8650	0.3728	0.4177	0.3928	0.408	0.2898	
3	69.1992	0.3550	0.3613	0.105	0.2563	0.2300	0.1250	0.4877	0.8657	0.3726	0.3750	0.3647	0.420	0.2958	
4	53.7505	0.3340	0.3386	0.084	0.2546	0.2145	0.1305	0.5126	0.8675	0.3574	0.3921	0.3722	0.336	0.2515	
5	51.8422	0.3360	0.3402	0.086	0.2542	0.2397	0.1535	0.6039	0.8679	0.3750	0.3597	0.3496	0.344	0.2560	
6	42.3474	0.3180	0.3214	0.068	0.2534	0.1785	0.1105	0.4361	0.8636	0.3611	0.4017	0.3777	0.272	0.2138	
7	41.1751	0.3200	0.3231	0.070	0.2531	0.2025	0.1325	0.5235	0.8641	0.3606	0.3682	0.3551	0.280	0.2188	
8	35.0399	0.3000	0.3028	0.500	0.2528	0.1850	0.1350	0.5340	0.8620	0.3659	0.5728	0.4436	0.200	0.1667	
9	33.3828	0.3000	0.3025	0.500	0.2525	0.1880	0.1380	0.5465	0.8620	0.3659	0.5142	0.4231	0.200	0.1667	
10	32.2956	0.3000	0.3024	0.500	0.2524	0.2255	0.1755	0.6953	0.8620	0.3659	0.4789	0.4095	0.200	0.1667	
11	30.9496	0.3000	0.3022	0.500	0.2522	0.2315	0.1815	0.7197	0.8620	0.3659	0.4355	0.3928	0.200	0.1667	
12	29.3766	0.3000	0.3020	0.500	0.2520	0.2375	0.1875	0.7440	0.8620	0.3659	0.3847	0.3731	0.200	0.1667	
13	16.2388	0.2750	0.2758	0.025	0.2508	0.1725	0.1475	0.5881	0.8480	0.3742	0.5688	0.4335	0.100	0.0909	
14	14.9758	0.2750	0.2757	0.025	0.2507	0.1870	0.1620	0.6462	0.8480	0.3742	0.4723	0.4092	0.100	0.0909	

Tabelul nr.7.11 Valori ale coeficienților caracteristici relației debitului tranzitat de SCP-am pentru regim semiînecat în bieful aval (sistem Pecica-Arad)

Nr. reg.	\bar{Q}_{tr} (m ³ /s)	\bar{h}_{am} (m)	\bar{h}_{om} (m)	\bar{d} (m)	\bar{p}_o (m)	\bar{h}_{av} (m)	\bar{h}_n (m)	$\frac{\bar{h}_n}{\bar{p}_o}$	G_c	μ_{z11}	$G'_{i,z1}$	$G'_{i,si,gl}$	$\frac{\bar{d}}{p}$	$\frac{\bar{d}}{\bar{h}_{om}}$	Obs.
1	1.2070	0.955	0.9645	0.275	0.6895	0.565	0.290	0.4206	0.8709	0.3540	0.3455	0.2937	0.4044	0.2880	b=1,50m m=1,5 p=0,680m
2	1.1858	0.950	0.9593	0.270	0.6893	0.563	0.293	0.4251	0.8706	0.3543	0.3476	0.2950	0.3971	0.2842	
3	1.1700	0.945	0.9542	0.265	0.6892	0.570	0.305	0.4425	0.8702	0.3547	0.3519	0.2978	0.3897	0.2804	
4	1.1607	0.940	0.9492	0.260	0.6892	0.585	0.325	0.4716	0.8699	0.3551	0.3594	0.3022	0.3824	0.2766	
5	1.1511	0.935	0.9442	0.255	0.6892	0.650	0.395	0.5731	0.8695	0.3554	0.3672	0.3068	0.3750	0.2727	
6	1.1295	0.930	0.9390	0.250	0.6890	0.640	0.390	0.5660	0.8692	0.3558	0.3693	0.3083	0.3676	0.2688	
7	1.1196	0.925	0.9340	0.245	0.6890	0.695	0.450	0.6531	0.8688	0.3561	0.3775	0.3131	0.3603	0.2649	
8	1.1117	0.920	0.9290	0.240	0.6890	0.725	0.485	0.7039	0.8684	0.3565	0.3870	0.3186	0.3529	0.2609	
9	1.0900	0.915	0.9238	0.235	0.6888	0.730	0.495	0.7186	0.8680	0.3569	0.3897	0.3203	0.3456	0.2568	
10	1.0876	0.910	0.9189	0.230	0.6889	0.733	0.503	0.7301	0.8676	0.3573	0.4030	0.3278	0.3382	0.2527	
11	1.0555	0.905	0.9135	0.225	0.6885	0.720	0.495	0.7190	0.8672	0.3577	0.4003	0.3266	0.3309	0.2486	

Tabelul nr.7.12 Valori ale coeficienților caracteristici relației debitului tranzitat de SCP-am pentru regim semiîneecat în bieful aval (sistem Pecica-Arad)

Nr. reg.	\bar{Q}_{tr} (m ³ /s)	\bar{h}_{am} (m)	\bar{h}_{am0} (m)	\bar{d} (m)	\bar{p}_0 (m)	\bar{h}_{av} (m)	\bar{h}_n (m)	$\frac{\bar{h}_n}{\bar{p}_0}$	G_c	μ_{zII}	$G_{i,zI}$	$G_{i,st,gl}$	$\frac{\bar{d}}{\bar{p}}$	$\frac{\bar{d}}{\bar{h}_{am}}$	Obs.
1	1.3170	1.125	1.1319	0.275	0.8569	0.568	0.293	0.3419	0.8668	0.3581	0.2683	0.2639	0.3235	0.2444	b=1,50m m=1,5 p=0,850 m
2	1.2955	1.115	1.1218	0.265	0.8568	0.575	0.310	0.3618	0.8661	0.3587	0.2814	0.2711	0.3118	0.2377	
3	1.2763	1.110	1.1167	0.260	0.8567	0.575	0.315	0.3677	0.8658	0.3591	0.2846	0.2732	0.3059	0.2342	
4	1.2602	1.110	1.1166	0.260	0.8566	0.590	0.330	0.3852	0.8658	0.3591	0.2776	0.2698	0.3059	0.2342	
5	1.2485	1.105	1.1115	0.255	0.8565	0.660	0.405	0.4729	0.8654	0.3594	0.2843	0.2734	0.3000	0.2308	
6	1.2310	1.100	1.1064	0.250	0.8564	0.725	0.475	0.5546	0.8650	0.3598	0.2885	0.2759	0.2941	0.2273	
7	1.2197	1.090	1.0965	0.240	0.8565	0.720	0.480	0.5604	0.8643	0.3605	0.3087	0.2866	0.2824	0.2202	
8	1.1984	1.085	1.0914	0.235	0.8564	0.725	0.490	0.5722	0.8639	0.3608	0.3120	0.2866	0.2765	0.2166	
9	1.1802	1.080	1.0863	0.230	0.8563	0.715	0.485	0.5664	0.8635	0.3612	0.3169	0.2914	0.2706	0.2130	
10	1.1679	1.075	1.0812	0.225	0.8562	0.711	0.486	0.5676	0.8631	0.3615	0.3252	0.2958	0.2647	0.2093	
11	1.1555	1.070	1.0762	0.220	0.8562	0.715	0.495	0.5781	0.8627	0.3619	0.3340	0.3003	0.2588	0.2056	

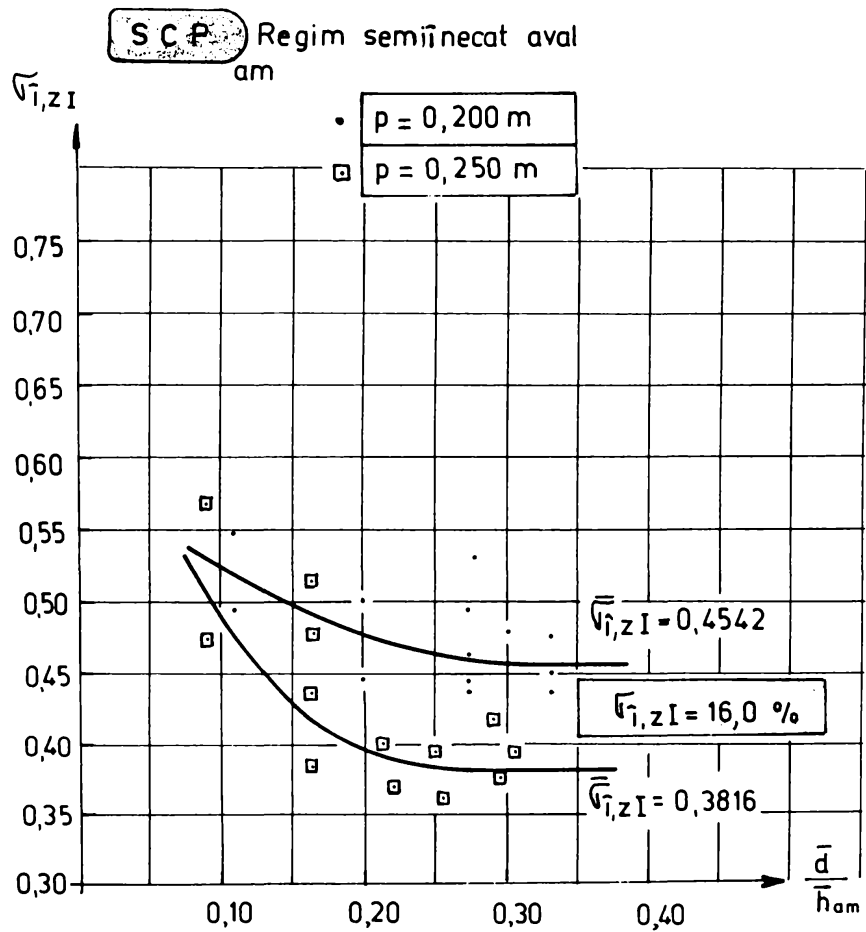


Fig.7.11. Influența sarcinii zonei II (p) asupra coeficientului $\bar{G}_{I,zI}$

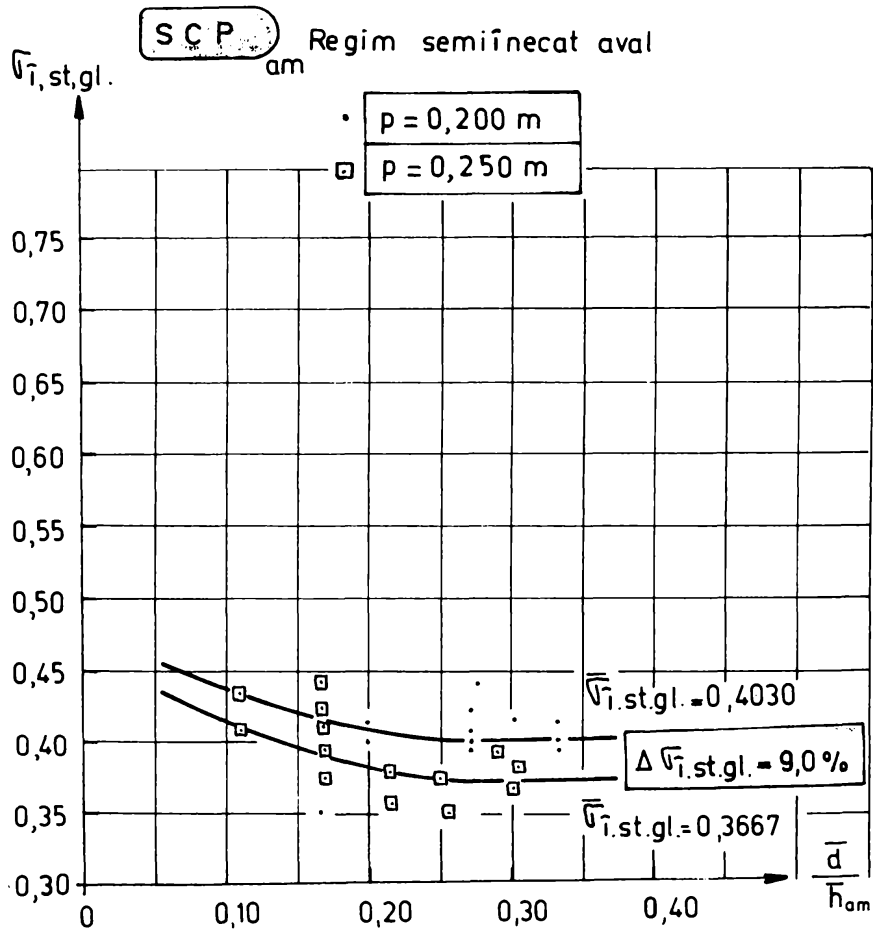


Fig. 7.12. Influența sarcinii zonei II (p) asupra coeficientului $\sqrt{v_{i, \text{st. gl.}}}$.

Tabelul nr.7.13. Valori ale erorilor accidentale și relative pentru mărimile caracteristice regimului seminecat în bieful aval

Nr. reg.	h_{am} (m)	\bar{h}_{am} (m)	ϵ_{ham} (%)	h_{avi} (m)	\bar{h}_{av} (m)	ϵ_{hav} (%)	\bar{d}_{hav} (%)	ϵ_{hav} (%)	h_{dev} (%)	\bar{d}_{hdev} (%)	ϵ_{hdev} (%)	\bar{d}_{Qtr} (%)	ϵ_{Qtr} (%)	\bar{d}_v (%)	ϵ_v (%)	\bar{d}_{hamo} (%)	ϵ_{hamo} (%)	\bar{d}_{p_0} (%)	ϵ_{p_0} (%)	\bar{d}_d (%)	ϵ_d (%)	P (m)	
2	0.3000			0.2360																		0,20	
	0.3000			0.2370																			
	0.2990	0.3010	0.2710	0.2360	0.2360	0.1150	0.4872		0.2710	0	0	0	0.2232	0.5420	0.0907	0.2937	0.0094	0.0449	0.0813	0.813			
	0.3000			0.2350																			
	0.3010			0.2370																			
8	0.2750			0.2010																		0	
	0.2750			0.2020																			
	0.2750	0.2750	0	0.2030	0.2020	0.1150	0.5692		0.2200	0.1581	0.7187	0.0480	1.0630	0.3677	1.0630	0.0130	0.0461	0.0013	0.0629	0	0		
	0.2750			0.2010																			
	0.2750			0.2030																			
12	0.2250			0.1470																		0,25	
	0.2250			0.1480																			
	0.2260	0.2250	0.3613	0.1470	0.1480	0.1408	0.9515		0.1090	0.0813	0.7459	0.0175	1.0768	0.3056	1.7998	0.0966	0.3823	0.0053	0.0263	0.0813	2.252		
	0.2240			0.1480																			
	0.2250			0.1500																			
2	0.3520			0.2150																		0,25	
	0.3530			0.2160																			
	0.3520	0.3520	0.2310	0.2150	0.2150	0.0813	0.3781		0.3030	0.3020	0.1818	0.0650	0.9016	0.5061	1.3633	0.1005	0.2798	0.0192	0.0745	0.0813	0.7971		
	0.3510			0.2140																			
	0.3520			0.2150																			
9	0.3000			0.1880																		0,25	
	0.2990			0.1900																			
	0.3000	0.3000	0.2710	0.1880	0.1880	0.1626	0.8649		0.1790	0.1790	0.6423	0.0315	0.9430	0.3305	1.4847	0.0988	0.2936	0.0075	0.0297	0.0813	1.6260		
	0.3010			0.1860																			
	0.3000			0.1880																			
14	0.2750			0.1870																		0	
	0.2750			0.1850																			
	0.2750	0.2750	0	0.1910	0.1870	0.2227	1.1907		0.1030	0.1030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0.2750			0.1860																			
	0.2750			0.1860																			

Regimul înecat în bieful aval

Înecare completă a SCP-am, adică și a zonei II (profilele laterale deversante), se produce la valori ale raportului $h_n/p_0 \geq 0,80$, valori determinate de nivelul în creștere al apei din bieful aval de secțiunea de control. Efectul îneării acestei zone se introduce în relația debitului prin intermediul coeficientului de înecare (5.136):

$$\chi_{ZII} = \left(\frac{2\lambda_n + \sqrt{(2\lambda_n)^2 + (1 + 4\lambda_n)(\bar{h}_d/\bar{p}_0)^2}}{(1 + 4\lambda_n)} \right) \sqrt{1 - \frac{2\lambda_n + \sqrt{(2\lambda_n)^2 + (1 + 4\lambda_n)(\bar{h}_d/\bar{p}_0)^2}}{(1 + 4\lambda_n)}}$$

$$\text{unde: } \lambda_n = \frac{\bar{h}_n}{\bar{h}_d} - 1; \bar{h}_n = \bar{h}_{av} - \bar{d}$$

$$h_n = \frac{2\lambda_n + \sqrt{(2\lambda_n)^2 + (1 + 4\lambda_n)(\bar{h}_d/\bar{p}_0)^2}}{(1 + 4\lambda_n)}$$

$$h_d = \frac{-B_n \pm \sqrt{B_n^2 + 4C_n\bar{h}_d}}{2\bar{h}_d}$$

$$B_n = 4(1 - \bar{h}_n/\bar{p})\bar{h}_n^2 - p^2; C_n = 4(p - \bar{h}_n)\bar{h}_n^2$$

În consecință, relația debitului tranzitat de SCP-am prin secțiunea de control, pentru acest tip de regim hidraulic este (5.137):

$$Q_{tr} = \chi_{ZI}\mu_{ZI}C_d\bar{d}^2\sqrt{2g} \cdot \bar{h}_{am_0}^{0,5} + 2\chi_{ZII}\mu_{ZII}\sigma_c(m\bar{d})\sqrt{2g} \cdot \bar{p}_0^{1,5}$$

în care pentru coeficienții de înecare (χ_{ZI}) și debit (μ_{ZI}) se iau aceleași expresii ca și la regimul semiînecat (5.111) și respectiv (7.19).

Cum calculul coeficientului de înecare utilizând relația (5.136) este greoi, este mai utilă pentru proiectare estimarea unui coeficient global de debit și înecare al SCP-am ($\sigma_{\hat{r},st,gl}$) din relația (5.137), adică

$$\sigma_{\hat{r},st,gl} = \frac{\bar{Q}_{tr}}{C_d\bar{d}^2\sqrt{2g} \cdot \bar{h}_{am_0}^{0,5} + 2\sigma_c(m\bar{d})\sqrt{2g} \cdot \bar{p}_0^{1,5}} \quad (7.21)$$

Rezultatele studiilor experimentale și analitice aferente acestui tip de regim (prin valori medii pe regim) sunt prezentate în:

- tabelul nr.7.14, pentru SCP-am cu adâncimea de scufundare a tablîerului $p = 0,200m$, iar reprezentarea grafică a dependenței $\sigma_{\hat{r},st,gl} = f(\bar{d}/\bar{h}_{am})$ în fig.7.13;
- tabelul nr.7.15, pentru SCP-am cu adâncimea, $p = 0,250m$, iar reprezentarea grafică aferentă în fig.7.14.

Tabelul nr.7.14 Valori ale coeficienților caracteristici relației debitului tranzitat de SCP-am pentru regimul înecat în bieful aval

Nr. reg.	$\bar{Q}_{tr} \times 10^{-3}$ (m ³ /s)	\bar{h}_{am} (m)	\bar{h}_{amo} (m)	\bar{d} (m)	\bar{p}_o (m)	\bar{h}_{av} (m)	\bar{h}_n (m)	$\frac{\bar{h}_n}{\bar{p}_o}$	G_c	μ_{z11}	$G_{i, st, gl}$	$\frac{\bar{d}}{\bar{p}}$	$\frac{\bar{d}}{\bar{h}_{am}}$	Obs.
1	48.2181	0.3000	0.3053	0.100	0.2033	0.2800	0.1900	0.9346	0.8865	0.3479	0.3119	0.500	0.3333	b=0,200 m
2	39.2660	0.3000	0.3035	0.100	0.2035	0.2860	0.1860	0.9140	0.8865	0.3479	0.2560	0.500	0.3333	m=1,0
3	37.5580	0.2790	0.2830	0.079	0.2040	0.2470	0.1680	0.8235	0.8828	0.3522	0.2133	0.395	0.2832	p=0,200 m
4	35.3100	0.3000	0.3028	0.100	0.2028	0.2900	0.1900	0.9369	0.8865	0.3479	0.2310	0.500	0.3333	
5	32.2980	0.2750	0.2781	0.075	0.2031	0.2400	0.1650	0.8124	0.8802	0.3531	0.2949	0.375	0.2727	
6	32.0290	0.2750	0.2781	0.075	0.2031	0.2500	0.1750	0.8616	0.8802	0.3531	0.2924	0.375	0.2727	
7	27.5640	0.2750	0.2773	0.075	0.2023	0.2530	0.1780	0.8799	0.8802	0.3531	0.2526	0.375	0.2727	
8	23.8140	0.2750	0.2767	0.075	0.2017	0.2600	0.1850	0.9172	0.8802	0.3531	0.2189	0.375	0.2727	
9	20.9440	0.2500	0.2518	0.050	0.2018	0.2260	0.1760	0.8722	0.8709	0.3597	0.2977	0.250	0.2000	
10	17.7730	0.2500	0.2513	0.050	0.2013	0.2340	0.1840	0.9141	0.8709	0.3597	0.2532	0.250	0.2000	
11	17.1100	0.2500	0.2512	0.050	0.2012	0.2390	0.1890	0.9394	0.8709	0.3597	0.2439	0.250	0.2000	
12	11.1950	0.2250	0.2257	0.025	0.2007	0.1960	0.1710	0.8520	0.8685	0.3685	0.3081	0.125	0.1111	
13	9.9580	0.2250	0.2256	0.025	0.2006	0.2040	0.1790	0.8923	0.8685	0.3685	0.2742	0.125	0.1111	

Tabelul nr.7.15 Valori ale coeficienților caracteristici relației debitului tranzitat de SCP-am pentru regimul înecat în bieful aval

Nr. reg.	$\bar{Q}_{tr} \times 10^{-3}$ (m ³ /s)	\bar{h}_{am} (m)	\bar{h}_{am_0} (m)	\bar{d} (m)	\bar{p}_0 (m)	\bar{h}_{av} (m)	\bar{h}_n (m)	$\frac{\bar{h}_n}{\bar{p}_0}$	G_c	μ_{zII}	$G_{I, st. gl}$	$\frac{\bar{d}}{\bar{p}}$	$\frac{\bar{d}}{\bar{h}_{am}}$	Obs.
1	57.9450	0.3735	0.3772	0.1235	0.2553	0.3310	0.2075	0.8128	0.8701	0.3704	0.2516	0.4940	0.3307	b=0,200 m m=1,0 p=0,250 m
2	49.7839	0.3770	0.3797	0.1270	0.2527	0.3475	0.2205	0.8726	0.8709	0.3700	0.2093	0.5080	0.3369	
3	45.1675	0.3780	0.3802	0.1280	0.2552	0.3540	0.2260	0.8856	0.8711	0.3699	0.1866	0.5120	0.3386	
4	37.2670	0.3530	0.3549	0.1030	0.2519	0.3280	0.2250	0.8932	0.8654	0.3727	0.2046	0.4120	0.2918	
5	29.9009	0.3260	0.3275	0.0760	0.2515	0.2780	0.2020	0.8032	0.8657	0.3592	0.2360	0.3040	0.2331	
6	23.3168	0.3275	0.3284	0.0775	0.2509	0.2950	0.2175	0.8669	0.8660	0.3588	0.1889	0.3100	0.2366	
7	20.0256	0.3010	0.3019	0.0510	0.2519	0.2720	0.2210	0.8773	0.8620	0.3659	0.2256	0.2040	0.1694	
8	17.5493	0.3020	0.3027	0.0520	0.2527	0.2820	0.2300	0.9102	0.8643	0.3679	0.2239	0.2080	0.1722	
9	13.5407	0.3000	0.3004	0.0500	0.2504	0.2850	0.2350	0.9385	0.8620	0.3659	0.1723	0.2000	0.1667	
10	13.1392	0.3000	0.3004	0.0500	0.2504	0.2900	0.2400	0.9585	0.8620	0.3659	0.1780	0.2000	0.1667	
11	8.3016	0.2750	0.2752	0.0250	0.2502	0.2325	0.2075	0.8293	0.8480	0.3742	0.2273	0.1000	0.0909	
12	7.1261	0.2750	0.2752	0.0250	0.2502	0.2470	0.2220	0.8873	0.8480	0.3742	0.1952	0.1000	0.0909	

S.C.P. Regim încecat aval

$p = 0,250 \text{ m}$

$\sqrt{r_{st.gl}}$

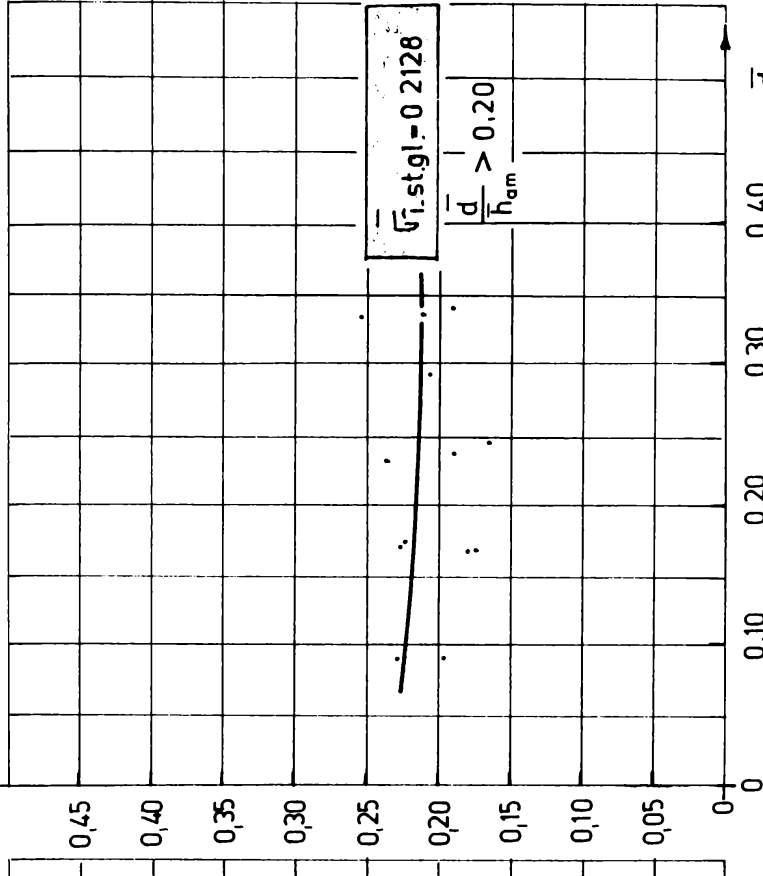


Fig. 7.13.

S.C.P. Regim încecat aval

$p = 0,250 \text{ m}$

$\sqrt{r_{st.gl}}$

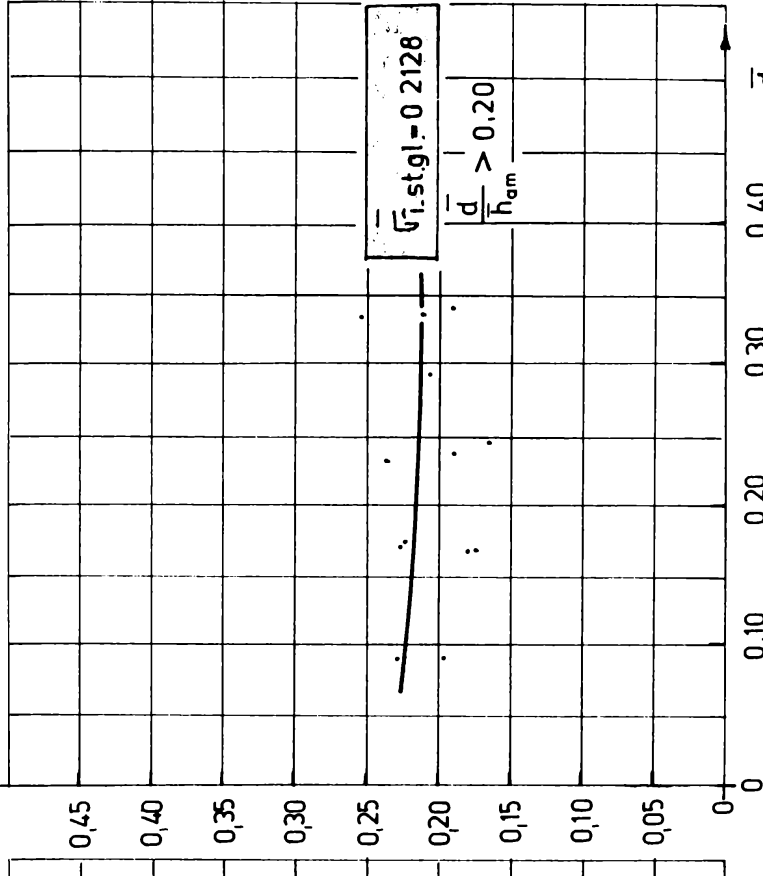


Fig. 7.14.

Analizând rezultatele obținute pentru regimul hidraulic înecat, la valori $\bar{d}/\bar{h}_{am} > 0,200$ se poate concluziona că:

1) SCP-am cu adâncimea, $p = 0,200m$ valoarea medie a coeficientului global $\bar{\sigma}_{\wedge, st, gl} = 0,2589$ (fig.7.13), iar pentru adâncimea, $p = 0,250m$ este $\bar{\sigma}_{\wedge, st, gl} = 0,2128$ (fig.7.14)

2) creșterea valorii adâncimii, p cu $\Delta p = 0,05m$ ($\Delta p = 25\%$) conduce la reducerea valorii coeficientului global cu $\Delta \bar{\sigma}_{\wedge, st, gl} = 0,0461$ (adică cu $17,8061\%$, fig.7.15)

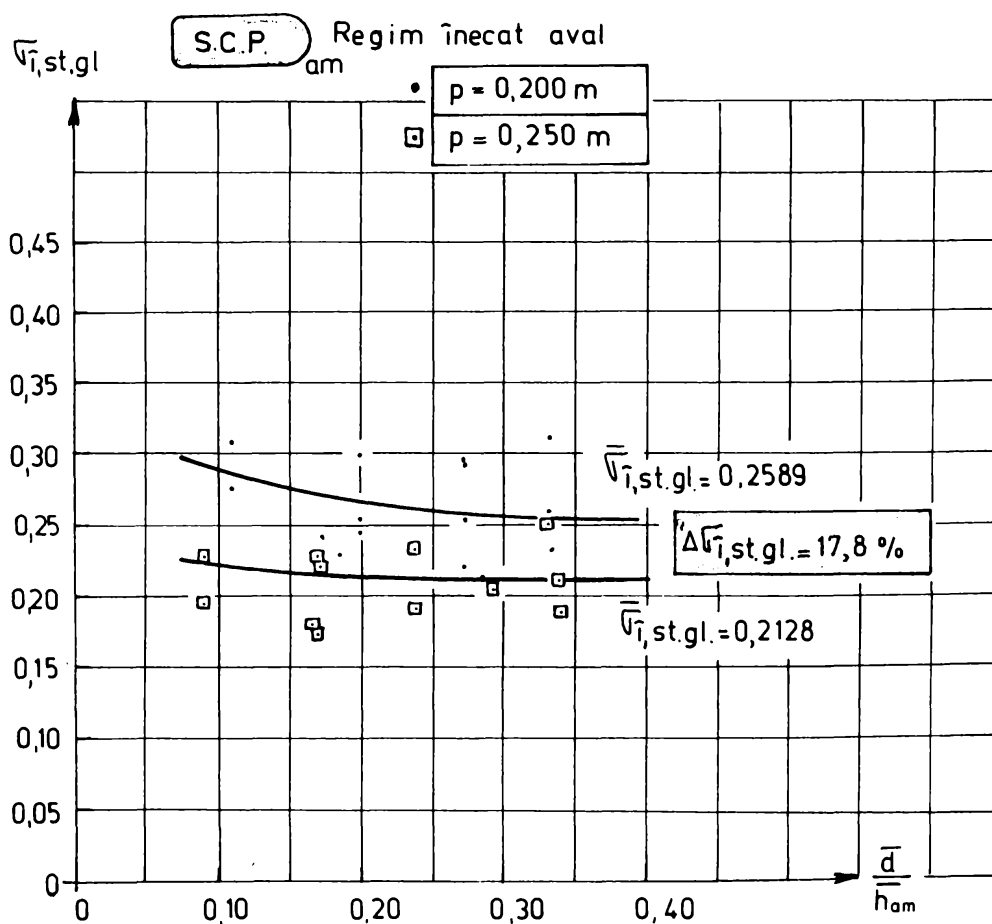


Fig.7.15. Influența sarcinii zonei II (p) asupra coeficientului $\bar{\sigma}_{\wedge, st, gl}$.

Rezultatele aferente preciziei măsurătorilor, în aceleași condiții ca și pentru celelalte două tipuri de regimuri hidraulice, sunt prezentate în tabelul nr.7.16

Tabelul nr.7.16. Valori ale erorilor accidentale și relative pentru mărimile caracteristice regimului înecat în bieful aval

Nr. reg.	h_{ar_i} (m)	\bar{h}_{am} (m)	δ_{ham} (%)	ϵ_{ham} (%)	h_{ar_i} (m)	\bar{h}_{av} (m)	δ_{hav} (%)	ϵ_{hav} (%)	h_{dev_i} (m)	\bar{h}_{dev} (m)	δ_{hdev} (%)	ϵ_{hdev} (%)	$\delta_{Q_{tr}}$ (%)	$\epsilon_{Q_{tr}}$ (%)	δ_v (%)	ϵ_v (%)	$\delta_{h_{am_0}}$ (%)	$\epsilon_{h_{am_0}}$ (%)	δ_{p_0} (%)	ϵ_{p_0} (%)	δ_d (%)	ϵ_d (%)	P (m)		
1	0.2990				0.2800				0.2290																
	0.3000				0.2790				0.2310																
	0.3000	0.3000	0.0813	0.2710	0.2800	0.2800	0.0813	0.2904	0.2300	0.2300	0.1150	0.4999	0.0478	0.9907	0.4927	1.5329	0.0974	0.3192	0.0161	0.0794	0.0813	0.8130			
	0.2990				0.2810				0.2290																
	0.3000				0.2800				0.2310																
7	0.2740				0.2540				0.1570																
	0.2760				0.2530				0.1560																
	0.2750	0.2750	0.1818	0.6611	0.2530	0.2530	0.0813	0.3213	0.1570	0.1570	0.0813	0.5179	0.0280	1.0159	0.4934	2.3381	0.1924	0.6939	0.0106	0.0525	0.1818	2.4240	0.20		
	0.2730				0.2520				0.1580																
	0.2770				0.2530				0.1570																
13	0.2250				0.2030				0.0730																
	0.2250				0.2040				0.0740																
	0.2250	0.2250	0	0	0.2050	0.2040	0.0813	0.3985	0.0740	0.0736	0.0630	0.8557	0.0152	1.5256	0.1589	1.5259	0.0017	0.0075	0.0017	0.0084	0	0			
	0.2250				0.2040				0.0730																
	0.2250				0.2040				0.0740																
1	0.3730				0.3310				0.2600																
	0.3740				0.3330				0.2610																
	0.3740	0.3735	0.0643	0.1721	0.3290	0.3310	0.1626	0.4913	0.2620	0.2604	0.1311	0.5034	0.0580	1.003	0.3637	1.3445	0.0743	0.1970	0.0100	0.0396	0.0643	0.5205			
	0.3730				0.3310				0.2590																
	0.3740				0.3310				0.2600																
4	0.3530				0.3280				0.1930																
	0.3530				0.3280				0.1930																
	0.3530	0.3530	0	0	0.3280	0.3280	0	0	0.1940	0.1930	0.0813	0.4213	0.0310	0.8286	0.1586	0.8321	0.0030	0.0085	0.0031	0.0122	0	0	0.25		
	0.3530				0.3280				0.1920																
	0.3530				0.3280				0.1930																
9	0.3000				0.2850				0.0960																
	0.3000				0.2850				0.0960																
	0.3000	0.3000	0	0	0.2850	0.2850	0	0	0.0970	0.0965	0.0643	0.6661	0.0176	1.2977	0.1171	1.2964	0.0011	0.0036	0.0011	0.0043	0	0			
	0.3000				0.2850				0.0960																
	0.3000				0.2850				0.0960																

Efectuând o analiză asupra rezultatelor obținute, atât în ceea ce privește măsurătorile experimentale, cât și asupra calculelor efectuate pentru determinarea coeficienților ca racteristici relației capacității de transport a SCP-am, se pot trage o serie de concluzii. Prima dintre acestea vine să confirme faptul că ipotezele simplificatoare adoptate în reprezentarea modelului fizic și a celui analitic nu au afectat cu nimic din punct de vedere cantitativ valorile coeficienților de debit, înecare sau globali. Mai mult decât atât, cuprinderea globală a efectelor vitezei de apropiere, neuniformitate a distribuției de viteze, anizotropia turbulenței sau acceptării hidrostative a presiunilor, a determinat includerea cantitativă și a influenței acestora pe lângă cea cunoscută a "pierderilor de sarcină" în evaluarea coeficienților menționați. În al doilea rând, trebuie remarcată alura descrescătoare a tuturor dependențelor $\mu, \sigma = f(d/h_{am})$ odată cu creșterea raportului d/h_{am} , și tendința de stabilizare valorică a acestora pentru $d/h_{am} > (0,20...0,25)$.

În acest context, din analizarea rezultatelor prezentate în fig.(7.16-7.19) se poate sublinia că:

1) pentru SCP-am, cu adâncimea de scufundare, **p = 0,200m** în

regim liber de funcționare

$\mu_{Z1} \in [0,660...0,620]$, cu stabilizare către $\bar{\mu}_{Z1} = 0,620$ pentru $d/h_{am} > 0,250$;

$\mu_{st,gl} \in [0,500...0,4750]$, cu stabilizare către $\bar{\mu}_{st,gl} = 0,4750$ pentru $d/h_{am} > 0,250$;

regim semiînecat

$\sigma_{\hat{st,gl}} \in [0,440...0,403]$, cu stabilizare către $\bar{\sigma}_{\hat{st,gl}} = 0,4030$ pentru $d/h_{am} > 0,250$;

regim înecat

$\sigma_{\hat{st,gl}} \in [0,300...0,259]$, cu stabilizare către $\bar{\sigma}_{\hat{st,gl}} = 0,2589$ pentru $d/h_{am} > 0,250$;

2) pentru SCP-am, cu adâncimea, **p = 0,250m**, în

regim liber

$\mu_{Z1} \in [0,850...0,470]$, cu stabilizare către $\bar{\mu}_{Z1} = 0,4700$ pentru $d/h_{am} > 0,250$;

$\mu_{st,gl} \in [0,600...0,411]$, cu stabilizare către $\bar{\mu}_{st,gl} = 0,4105$ pentru $d/h_{am} > 0,250$;

regim semiînecat

$\sigma_{\hat{st,gl}} \in [0,440...0,367]$, cu stabilizare către $\bar{\sigma}_{\hat{st,gl}} = 0,3667$ pentru $d/h_{am} > 0,250$;

regim înecat

$\sigma_{\hat{st,gl}} \in [0,225...0,213]$, cu stabilizare către $\bar{\sigma}_{\hat{st,gl}} = 0,2128$ pentru $d/h_{am} > 0,200$;

3) înecarea **zonei I**, are ca efect reducerea coeficientului de debit al acestei zone de la $\bar{\mu}_{Z1} = 0,620$ la $\bar{\sigma}_{\hat{Z1}} = 0,4542$ (pentru $d/h_{am} > 0,25$), adică cu $\Delta\mu_{\sigma} = 0,1658$ (26,75%) pentru cazul SCP-am cu sarcina $p = 0,200m$ și de la $\bar{\mu}_{Z1} = 0,470$ la $\bar{\sigma}_{\hat{Z1}} = 0,3816$ pentru $d/h_{am} > 0,25$, adică cu $\Delta\mu_{\sigma} = 0,0884$ (18,80%) pentru adâncimea, $p = 0,25m$.

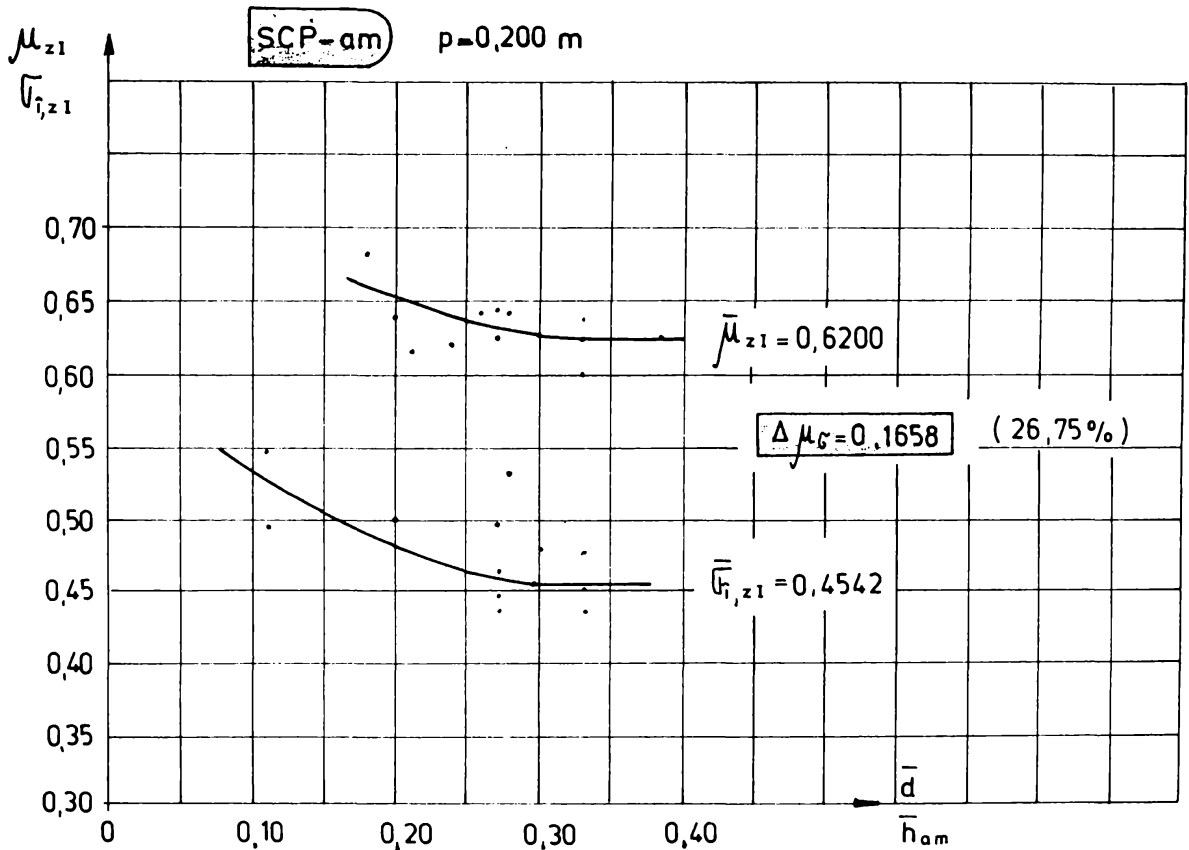


Fig.7.16 Influenta înecării biefului aval asupra capacității de transport a zonei I, SCP-am cu sarcina $p = 0,200\text{ m}$

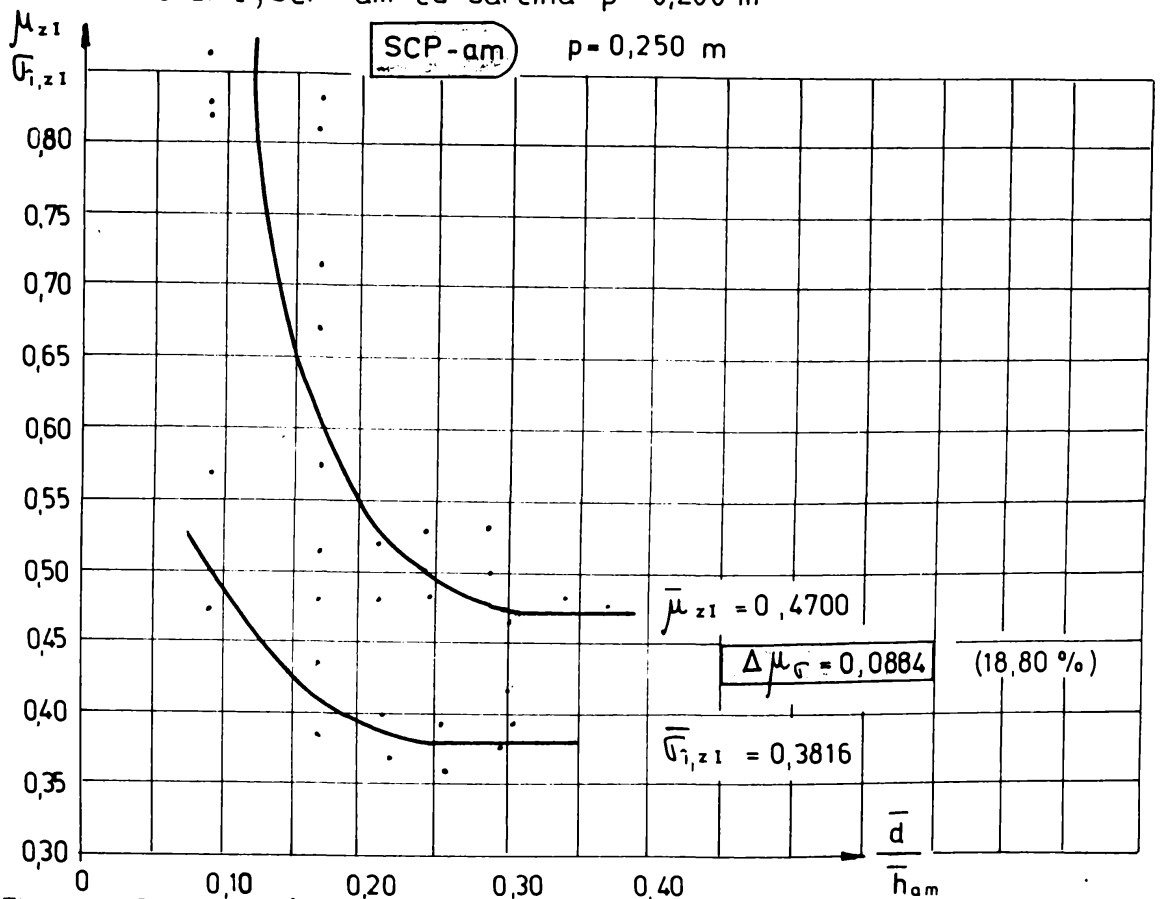


Fig.7.17. Influenta înecării biefului aval asupra capacității de transport a zonei I, SCP-am cu sarcina $p=0,250\text{ m}$

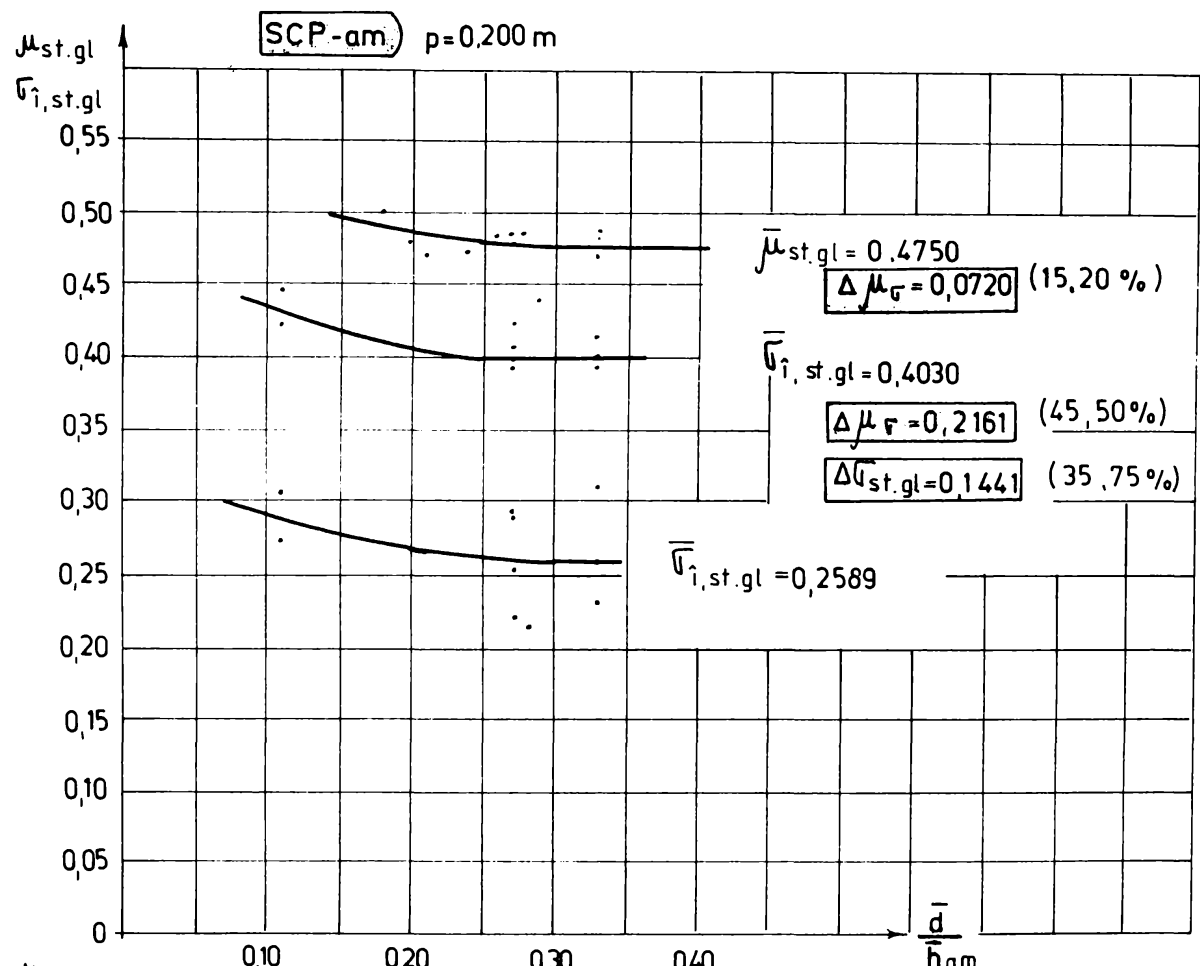


Fig.7.18. Influența înecării biefului aval asupra capacității totale de transport a SCP-am cu sarcina p=0,200 m

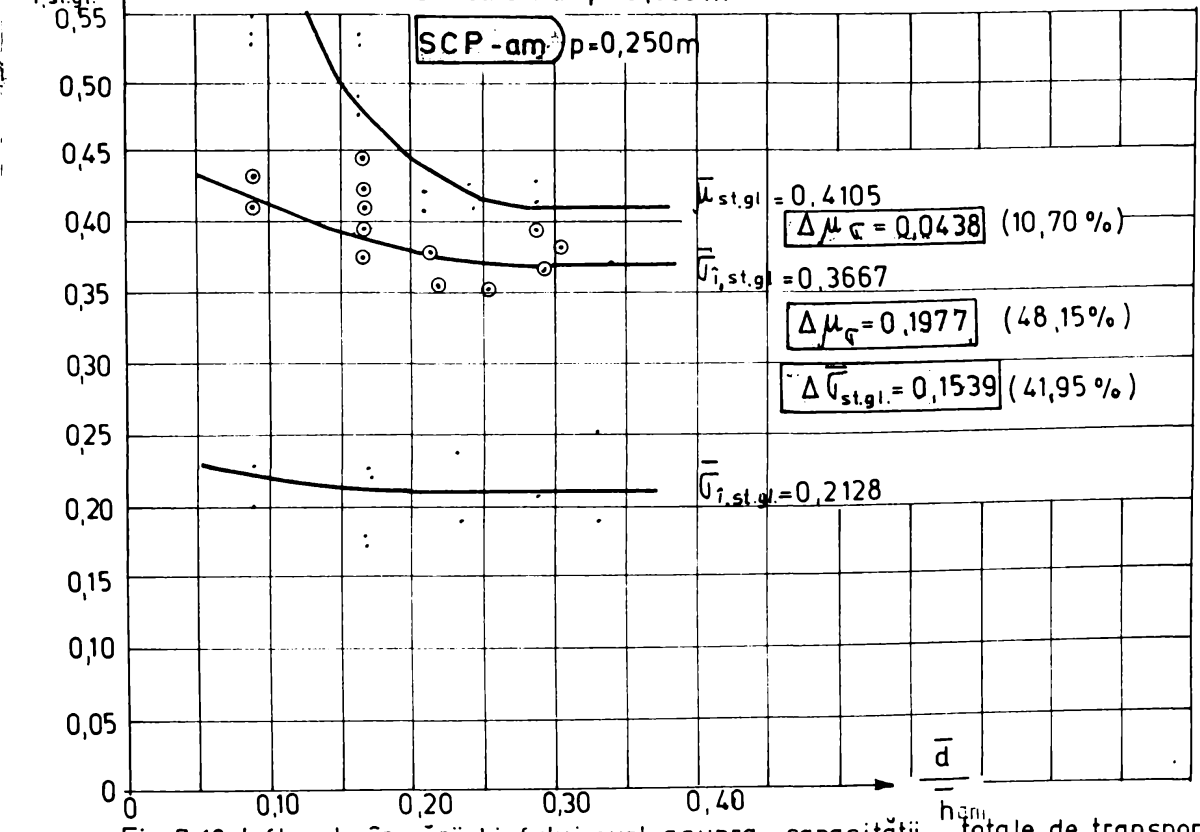


Fig.7.19 Influența înecării biefului aval asupra capacității totale de transport a SCP-am cu sarcina p=0,250 m

4) evoluția ascendentă a nivelului din bieful aval (înecare succesivă a zonelor I și II) are ca efect reducerea coeficienților globali de debit (valori medii pentru $d/h_{am} > 0,250$), adică:

- de la $\bar{\mu}_{st,gl} = 0,4750$ la $\bar{\sigma}_{\hat{f},st,gl} = 0,4030$, adică cu $\Delta\mu_{\sigma} = 0,072$ (15,20%), pentru trecerea de la regimul liber la cel semiînecat;
- $p = 0,200$ m - de la $\bar{\mu}_{st,gl} = 0,4750$ la $\bar{\sigma}_{\hat{f},st,gl} = 0,2589$, adică cu $\Delta\mu_{\sigma} = 0,2161$ (45,50%), pentru trecerea de la regimul liber către cel înecat;
- de la $\bar{\sigma}_{\hat{f},st,gl} = 0,4030$ la $\bar{\sigma}_{\hat{f},st,gl} = 0,2589$, adică cu $\Delta\bar{\sigma}_{st,gl} = 0,1441$ (35,75%), pentru trecerea de la regimul semiînecat la cel înecat;

- de la $\bar{\mu}_{st,gl} = 0,4105$ la $\bar{\sigma}_{\hat{f},st,gl} = 0,3667$, adică cu $\Delta\mu_{\sigma} = 0,0438$ (10,70%), pentru trecerea de la regimul liber către cel semiînecat;
- $p = 0,250$ m - de la $\bar{\mu}_{st,gl} = 0,4105$ la $\bar{\sigma}_{\hat{f},st,gl} = 0,2128$, adică cu $\Delta\mu_{\sigma} = 0,1977$ (48,15%), pentru trecerea de la regimul liber către cel complet înecat;
- de la $\bar{\sigma}_{\hat{f},st,gl} = 0,3667$ la $\bar{\sigma}_{\hat{f},st,gl} = 0,2128$, adică cu $\Delta\bar{\sigma}_{st,gl} = 0,1539$ (41,95%), pentru trecerea de la regimul semiînecat la cel complet înecat;

7.2.2. Prezentarea rezultatelor programului experimental, discuții și concluzii aferente "pierderilor de sarcină" caracteristice spațiului de lucru al SCP-am

Sintetizând cercetările teoretice prezentate în cadrul paragrafului 5.2.3., pot afirma că energia disipată ("pierderile de sarcină") în spațiul de control al SCP-am, este dependentă de:

- tipul regimului de curgere din bieful aval (liber/înecat), adică de valoarea adâncimii curentului ($h_{av}/h_s, h_n$) din avalul secțiunii de control al SCP;
- "geometria", adică forma și alcătuirea componentelor acestui tip de stavilă (plutitori, tablîer etc.) și nu în cele din urmă de caracteristicile spațiului de curgere (canalul).

În acest context, în paragraful 5.2.3., pentru

1. regimul liber, am stabilit:

1.1. relația "pierderilor de sarcină" a zonei (1) (Am-K, fig.5.8), adică a zonei efectului disipator al plutitorilor, de forma (5.144)

$$\Delta \bar{h}_{am,K} = \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_{am} \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_{am}}{C_K} \right)^2 \frac{1}{\left(\bar{h}_K^2 - \frac{\pi}{4 C_K} \bar{D}^2 \right)^2} - \frac{1}{\bar{h}_{am}^4} \right]$$

în care valoarea adâncimii \bar{h}_K se determină prin calculul iterativ din relația (5.142):

$$\bar{h}_{am} = \bar{h}_K + \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_{am} \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_{am}}{C_K} \right)^2 \frac{1}{\left(\bar{h}_K^2 - \frac{\pi}{4 C_K} \bar{D}^2 \right)^2} - \frac{1}{\bar{h}_{am}^4} \right]$$

1.2. relația "pierderilor de sarcină" caracteristică zonei (2) (K-C), adică a zonei efectului dissipator al tablierului stavilei (5.151):

$$\Delta \bar{h}_{K,C} = \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{C_K \cdot a} \right)^2 \left[\left(\frac{C_K}{C_C} \right)^2 \left(\frac{\bar{h}_K^2 - \frac{\pi}{4 C_K} \bar{D}^2}{\psi'^2 \cdot \bar{d}^2 + \frac{2m}{C_C} \bar{p} \cdot \bar{d}} \right)^2 - 1 \right] \frac{1}{\left(\bar{h}_K^2 - \frac{\pi}{4 C_K} \bar{D}^2 \right)^2}$$

în care valoarea adâncimii \bar{h}_K este determinată în cadrul zonei (1) (5.142), iar adâncimea contractată se determină funcție de coeficientul de contracție (ψ') și deschiderea stavilei (\bar{d})

$$\bar{h}_c = \psi' \bar{d}$$

Obs.: a) relațiile "pierderilor de sarcină" ale zonelor (1) și (2) sunt calculabile și din relațiile

$$\Delta \bar{h}_{am,K} = \bar{h}_{am} - \bar{h}_K \quad (7.22)$$

$$\Delta \bar{h}_{K,C} = \bar{h}_K - \bar{h}_c \quad (7.23)$$

iar "pierderea de sarcină" totală a SCP-am, corespunzătoare regimului liber:

$$\Delta \bar{h}_{SCP,L} = \Delta \bar{h}_{am,K} + \Delta \bar{h}_{K,C} = \bar{h}_{am} - \bar{h}_c \quad (7.24)$$

$$\text{sau} \quad \Delta \bar{h}_{SCP,L} = \bar{h}_{am} - \bar{h}_{av,C} \quad (7.25)$$

b) mărimile dublu barate sunt mărimi fizice adimensionale medii pe regim hidraulic, conforme cu notațiile din relațiile (5.138) și figura 5.8, mărimi explicitate detaliat în paragraful 5.2.3;

c) mărimile fizice determinante din cadrul relațiilor pierderilor de sarcină, adică:

- \bar{h}_{am} , \bar{Q}_{tr} , \bar{d} sunt mărimi ale adâncimii apei în bieful monte, debitului tranzitat și respectiv deschiderea SCP-am cu valori determinate din calculele premergătoare de biefare ale rețelei;

- \bar{D} , \bar{p} sunt diametrul plutitorilor cu valoare determinată din calculul de stabilitate la plutire, și respectiv adâncimea de scufundare a tablierului, calculată din condiția

$$\bar{p} = \bar{h}_K - \bar{d} \cong \bar{h}_{am} - \bar{d} \quad (7.26)$$

- b, m sunt elemente geometrice cunoscute ale secțiunii transversale a canalului în secțiunea de control, necesare și calculului coeficienților

$$C_{am} = (\beta_{am} + m); C_K = (\beta_K + m); C_c = (\beta_c + m)$$

$$\beta_{am(K)(C)} = b/h_{am(K)(C)}$$

2. regimul înecat, am stabilit:

2.1. relația "pierderilor de sarcină" caracteristică zonei (I), identică cu cea a regimului liber (5.144 cu 5.142), datorită condițiilor de curgere similare;

2.2. relația "pierderilor de sarcină" de determinare a efectului dissipator al tablierului caracteristică zonei (2) (K-S, fig.5.11), adică (5.163):

$$\left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{a} \right)^2 \frac{1}{C_K \bar{h}_K^2 - \frac{\pi \bar{D}^2}{4}} + C'_K \bar{h}_K^3 = \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{a} \right)^2 \frac{1}{C_S \bar{h}_S^2} + C'_S \bar{h}_S^3 - C'_d (\bar{h}_S - \bar{d})^3 + C'_p \bar{p}^3$$

relație din care se determină prin calcul iterativ valoarea adâncimii \bar{h}_S , valoarea adâncimii \bar{h}_K fiind anterior determinată din relația caracteristică zonei (1), adică (5.142); valoarea pierderii de sarcină" caracteristică acestei zone se poate calcula conform relației:

$$\Delta \bar{h}_{K,S} = \bar{h}_K - \bar{h}_S \quad (7.27)$$

2.3. relația de calcul a adâncimilor caracteristice zonei (3) (S-av, fig.5.12), adică cea a influenței adâncimii apei din avalul secțiunii de control (h_{av}) asupra funcționării profilelor deversante laterale (zona II), deci de diferențiere între regimul semiînecat și cel complet înecat (5.171):

$$\left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{\sqrt{C_S} \cdot a} \right)^2 \frac{1}{\bar{h}_S^2} + C'_S \bar{h}_S^3 = \left(\frac{\bar{Q}_{tr} \cdot b}{\sqrt{C_{av}} \cdot a} \right)^2 \frac{1}{\bar{h}_{av}^2} + C'_{av} \bar{h}_{av}^3 = 0;$$

din această relație se poate determina valoarea adâncimii \bar{h}_{av} , funcție de adâncimea \bar{h}_S calculată anterior din relația (5.163) caracteristică zonei (2) (dar și invers), și de aici valoarea adâncimii de înecare $\bar{h}_n = \bar{h}_{av} - \bar{d}$, cu care prin raportul h_n/p_0 se departajează regimurile hidraulice anterior menționate;

Obs: față de cele menționate la punctele a, b și c ale observațiilor regimului liber, valabile și pentru regimul înecat, mai trebuiesc menționate următoarele:

a) relațiile "pierderilor de sarcină" ale zonelor (1) și (2) pot fi și:

$$\text{Zona (1)} \quad \Delta \bar{h}_{am,K} = \bar{h}_{am} - \bar{h}_K$$

$$\text{Zona (2)} \quad \Delta \bar{h}_{K,S} = \bar{h}_K - \bar{h}_S \cong \bar{h}_{am} - \bar{h}_S \quad (7.28)$$

iar cea a "pierderilor de sarcină" totale a SCP-am corespunzătoare regimului înecat:

$$\Delta \bar{h}_{SCP,\uparrow} = \bar{h}_{am} - \bar{h}_{av} \quad (7.29)$$

c) relațiile de calcul ale coeficienților specifici acestui regim sunt:

$$\begin{aligned} C_S &= (b/h_S + m); & C'_S &= 1/6 (3 b/h_S + 2 m) \\ C_K &= (b/h_K + m); & C'_K &= 1/6 (3 b/h_K + 2 m) \\ C_d &= (b/h_d + m); & C'_d &= 1/6 (3 b/h_d + 2 m) \\ C_p &= (b/p + m); & C'_p &= 1/6 (3 b/p + 2 m) \\ C_{av} &= (b/h_{av} + m); & C'_{av} &= 1/6 (3 b/h_{av} + 2 m) \end{aligned}$$

Dar pentru proiectare este mai utilă cunoașterea (evaluarea) pierderilor de sarcină globale (pentru întreg spațiul de lucru al SCP-am), deci ca diferență între adâncimile caracteristice regimului în cele două biefuri (amonte-aval de secțiunea de control)

$$\Delta \bar{h}_{SCP,L} = \bar{h}_{am} - \bar{h}_{av,C}$$

$$\Delta \bar{h}_{SCP,\uparrow} = \bar{h}_{am} - \bar{h}_{av}$$

În consecință tematica programului experimental aferentă acestui paragraf s-a axat prioritar pe determinarea "pierderilor de sarcină" globale ale SCP-am, în aceleași condiții de departajare ca și pentru studiul teoretic (tipul regimului hidraulic din bieful aval, liber/înecat), diferențiat funcție de tipodimensiunea SCP (B) și valoarea sarcinii hidraulice (p) a zonelor profilelor deversante laterale. **Tipodimensiunea** SCP-am am definit-o funcție de parametrul caracteristic comenzii îndeplinite cu prioritate de aceasta ($h_{am} = \text{const.}$), prin lățimea la luciul apei (B) în bieful amonte de secțiunea de control, adică:

$$B = b + 2m h_{am}$$

unde, b și m sunt elemente geometrice principale ale secțiunii transversale a canalului în zona secțiunii de lucru (control) a stavilei.

Rezultatele determinărilor experimentale, ale calculelor necesare determinării energiei disipate și ale departajării regimurilor hidraulice din bieful aval, sunt prezentate diferențiat funcție de valorile parametrilor definatorii [B, p]:

- pentru baza experimentală de laborator

- p = 0,200m în tabelul nr.7.17 și fig.7.20 (corelația $\bar{Q}_{tr} = f(p, B, \Delta h)$);

- p = 0,250m în tabelul nr.7.18 și fig.7.21 (corelația $\bar{Q}_{tr} = f(p, B, \Delta h)$);

- pentru baza experimentală de teren

- p = 0,680m și p = 0,850m în tabelul 7.19 și fig.7.22

Tabelul nr.7.17

Nr. reg.	\bar{Q}_{tr} (l/s)	\bar{h}_{am} (m)	\bar{h}_{av} (m)	$\Delta \bar{h}$ (m)	\bar{h}_n (m)	$\frac{\bar{h}_n}{\bar{p}_o}$	Tipul regimului	Obs
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	72.690	0.300	0.143	0.157	-	-	liber	p = 0,200 m B = 0,800 m d = 0,100 m
2	71.417	0.300	0.146	0.154	-	-	liber	
3	68.619	0.300	0.150	0.150	-	-	liber	
4	68.619	0.300	0.178	0.122	-	-	liber	
5	67.920	0.300	0.153	0.157	-	-	liber	
6	67.920	0.300	0.158	0.142	-	-	liber	
7	66.199	0.300	0.208	0.092	-	-	liber	
8	65.167	0.300	0.215	0.085	0.115	0.575	semiîncat	
9	61.784	0.300	0.236	0.064	0.136	0.680	semiîncat	
10	60.779	0.300	0.256	0.044	0.156	0.780	semiîncat	
11	53.910	0.300	0.266	0.034	0.166	0.830	încat	
12	48.218	0.300	0.280	0.020	0.180	0.900	încat	
13	39.266	0.300	0.286	0.014	0.186	0.930	încat	
14	35.310	0.300	0.290	0.010	0.190	0.950	încat	
15	28.320	0.300	0.293	0.007	0.193	0.965	încat	
1	59.786	0.275	0.113	0.162	-	-	liber	p = 0,200 m B = 0,750 m d = 0,075 m
2	54.546	0.275	0.101	0.174	-	-	liber	
3	51.356	0.275	0.121	0.154	-	-	liber	
4	51.052	0.275	0.133	0.142	-	-	liber	
5	50.425	0.275	0.163	0.112	-	-	liber	
6	50.425	0.275	0.178	0.097	-	-	liber	
7	50.425	0.275	0.188	0.087	-	-	liber	
8	50.112	0.275	0.183	0.092	-	-	liber	
9	49.799	0.275	0.192	0.083	0.117	0.585	semiîncat	
10	47.013	0.275	0.195	0.080	0.120	0.600	semiîncat	
11	45.184	0.275	0.202	0.073	0.127	0.635	semiîncat	
12	43.691	0.275	0.210	0.065	0.135	0.675	semiîncat	
13	42.795	0.275	0.220	0.055	0.145	0.725	semiîncat	
14	40.737	0.275	0.226	0.049	0.151	0.755	semiîncat	
15	37.843	0.275	0.235	0.040	0.160	0.800	încat	
16	32.298	0.275	0.240	0.035	0.165	0.825	încat	
17	32.029	0.275	0.250	0.025	0.175	0.875	încat	
18	27.564	0.275	0.253	0.022	0.178	0.890	încat	
19	23.814	0.275	0.260	0.015	0.185	0.925	încat	

Tabel nr.7.17 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	37.566	0.250	0.080	0.170	-	-	liber	p = 0,200 m B = 0,700 m d = 0,050 m
2	36.427	0.250	0.148	0.102	-	-	liber	
3	35.595	0.250	0.141	0.109	-	-	liber	
4	35.595	0.250	0.143	0.107	-	-	liber	
5	35.040	0.250	0.108	0.142	-	-	liber	
6	35.040	0.250	0.138	0.118	-	-	liber	
7	34.762	0.250	0.09	0.160	-	-	liber	
8	34.762	0.250	0.153	0.097	0.103	0.515	semiîncat	
9	34.573	0.250	0.158	0.092	0.108	0.540	semiîncat	
10	33.930	0.250	0.171	0.079	0.121	0.605	semiîncat	
11	32.843	0.250	0.179	0.071	0.129	0.645	semiîncat	
12	32.034	0.250	0.186	0.064	0.136	0.680	semiîncat	
13	30.166	0.250	0.188	0.062	0.138	0.690	semiîncat	
14	28.330	0.250	0.194	0.056	0.144	0.720	semiîncat	
15	27.311	0.250	0.202	0.048	0.152	0.760	semiîncat	
16	25.783	0.250	0.206	0.044	0.156	0.780	semiîncat	
17	25.048	0.250	0.215	0.035	0.165	0.825	încat	
18	23.330	0.250	0.216	0.034	0.166	0.830	încat	
19	22.371	0.250	0.216	0.034	0.166	0.830	încat	
20	22.133	0.250	0.220	0.030	0.170	0.850	încat	
21	20.944	0.250	0.226	0.024	0.176	0.880	încat	
22	19.133	0.250	0.231	0.019	0.181	0.905	încat	
23	17.773	0.250	0.234	0.016	0.184	0.920	încat	
24	17.111	0.250	0.239	0.011	0.189	0.945	încat	
1	16.451	0.225	0.031	0.194	-	-	liber	p = 0,200 m B = 0,650 m d = 0,025 m
2	16.451	0.225	0.032	0.193	-	-	liber	
3	16.240	0.225	0.032	0.193	-	-	liber	
4	15.819	0.225	0.055	0.170	-	-	liber	
5	15.398	0.225	0.088	0.137	-	-	liber	
6	15.819	0.225	0.104	0.121	-	-	liber	
7	15.819	0.225	0.117	0.108	-	-	liber	
8	15.398	0.225	0.133	0.092	0.108	0.540	semiîncat	
9	15.239	0.225	0.148	0.077	0.123	0.615	semiîncat	
10	15.397	0.225	0.157	0.068	0.132	0.660	semiîncat	
11	14.345	0.225	0.167	0.058	0.142	0.710	semiîncat	
12	13.343	0.225	0.177	0.048	0.152	0.760	semiîncat	
13	12.337	0.225	0.185	0.040	0.160	0.800	încat	
14	11.386	0.225	0.190	0.035	0.165	0.825	încat	
15	11.195	0.225	0.196	0.029	0.171	0.855	încat	
16	9.958	0.225	0.204	0.021	0.179	0.895	încat	
17	5.715	0.225	0.215	0.010	0.190	0.950	încat	

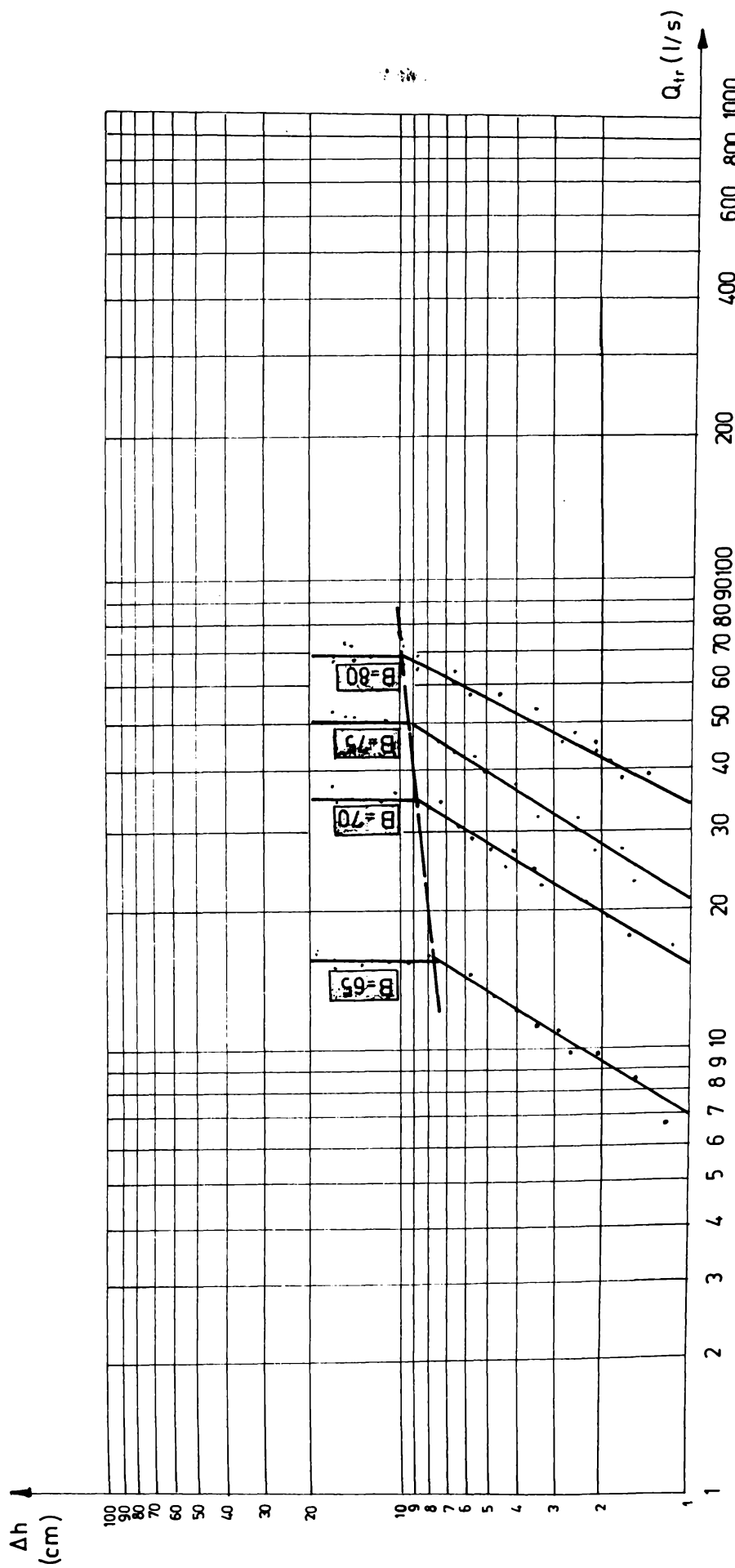


Fig. 7.20 Diagramă a corelației dintre debitul tranzitat ($Q_{tr} - \text{max}$) de SCP-am (cu $b=0,20$ m și $m=1$) și „pierderea de sarcină” (Δh) pentru diverse tipodimensiuni (B), cu sarcina $p=0,200$ m

Tabelul nr.7.18

Nr. reg.	\bar{Q}_{tr} (l/s)	\bar{h}_{am} (m)	\bar{h}_{av} (m)	$\Delta \bar{h}$ (m)	\bar{h}_n (m)	$\frac{\bar{h}_n}{\bar{p}_o}$	Tipul regimului	Obs
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	42.795	0.300	0.077	0.223	-	-	liber	p = 0,250 m B = 0,800 m d = 0,050 m
2	41.614	0.300	0.075	0.225	-	-	liber	
3	39.850	0.300	0.115	0.185	-	-	liber	
4	39.558	0.300	0.095	0.205	-	-	liber	
5	38.421	0.300	0.156	0.144	-	-	liber	
6	36.427	0.300	0.170	0.130	0.120	0.480	semiîncat	
7	35.040	0.300	0.185	0.115	0.135	0.534	semiîncat	
8	35.872	0.300	0.205	0.095	0.155	0.620	semiîncat	
9	34.762	0.300	0.210	0.090	0.160	0.633	semiîncat	
10	32.838	0.300	0.220	0.080	0.170	0.674	semiîncat	
11	32.296	0.300	0.226	0.074	0.175	0.693	semiîncat	
12	30.950	0.300	0.232	0.068	0.182	0.720	semiîncat	
13	29.377	0.300	0.238	0.062	0.187	0.744	semiîncat	
14	27.818	0.300	0.243	0.057	0.193	0.766	semiîncat	
15	25.536	0.300	0.252	0.048	0.202	0.803	încat	
16	22.846	0.300	0.261	0.039	0.211	0.840	încat	
17	20.026	0.300	0.272	0.028	0.222	0.857	încat	
18	17.549	0.300	0.282	0.018	0.232	0.925	încat	
19	13.540	0.300	0.285	0.015	0.235	0.938	încat	
20	13.139	0.300	0.290	0.010	0.240	0.939	încat	
1	21.185	0.275	0.090	0.185	-	-	liber	p = 0,250 m B = 0,750 m d = 0,025 m
2	20.488	0.275	0.120	0.155	-	-	liber	
3	20.259	0.275	0.100	0.175	-	-	liber	
4	19.342	0.275	0.123	0.152	-	-	liber	
5	19.342	0.275	0.146	0.146	-	-	liber	
6	18.431	0.275	0.130	0.130	0.120	0.435	semiîncat	
7	18.211	0.275	0.140	0.140	0.110	0.438	semiîncat	
8	17.511	0.275	0.114	0.114	0.136	0.542	semiîncat	
9	16.239	0.275	0.103	0.103	0.147	0.588	semiîncat	
10	14.976	0.275	0.088	0.088	0.162	0.646	semiîncat	
11	13.542	0.275	0.075	0.075	0.175	0.699	semiîncat	
12	11.860	0.275	0.060	0.060	0.190	0.759	semiîncat	
13	10.433	0.275	0.050	0.050	0.200	0.799	semiîncat	
14	8.302	0.275	0.043	0.043	0.207	0.829	încat	
15	7.126	0.275	0.028	0.028	0.222	0.888	încat	
16	5.787	0.275	0.021	0.021	0.229	0.916	încat	

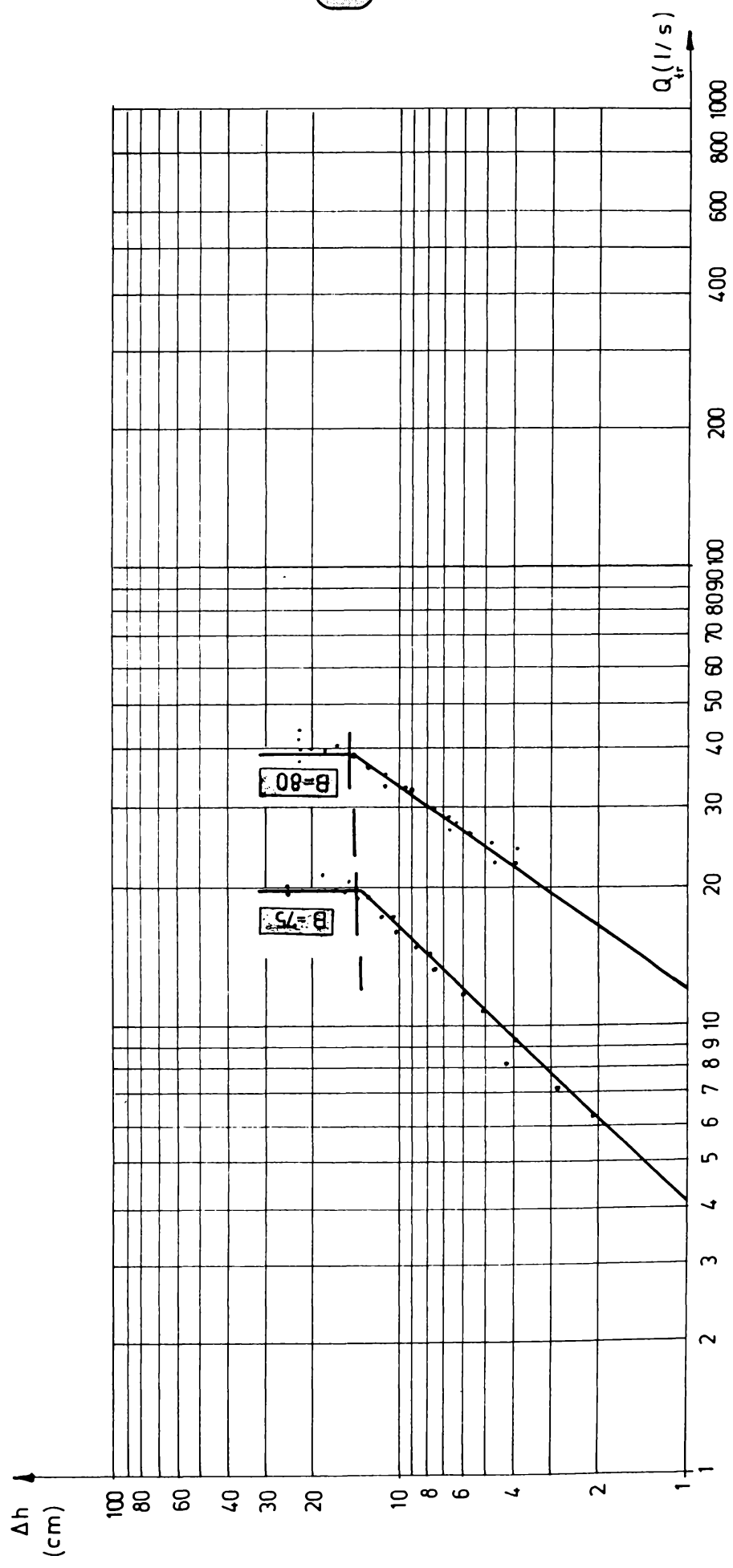


Fig. 7.21. Diagramă a corelației dintre debitul tranzitat (Q - max) de SCP-am (cu $b = 0,20$ m și $m = 1$) și „pierderea de sarcină” (Δh) pentru diverse tipodimensiuni (B), cu sarcina $p = 0,250$ m

Tabelul nr.7.19

Nr. reg.	\bar{Q}_{tr} (m ³ /s)	\bar{h}_{am} (m)	\bar{h}_{av} (m)	$\Delta\bar{h}$ (m)	\bar{h}_n (m)	\bar{h}_n / \bar{p}_o	B (m)	Tipul regimului	Obs
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.2070	0.955	0.565	0.390	0.290	0.421	4.365	semiîncat	p = 0,680 m
2	1.1858	0.950	0.563	0.387	0.293	0.425	4.350	semiîncat	
3	1.1700	0.945	0.570	0.375	0.305	0.443	4.335	semiîncat	
4	1.1607	0.940	0.585	0.355	0.325	0.472	4.320	semiîncat	
5	1.1511	0.935	0.650	0.285	0.395	0.573	4.305	semiîncat	
6	1.1295	0.930	0.640	0.290	0.390	0.566	4.290	semiîncat	
7	1.1196	0.925	0.695	0.230	0.450	0.653	4.275	semiîncat	
8	1.1176	0.920	0.725	0.195	0.485	0.704	4.260	semiîncat	
9	1.0900	0.915	0.730	0.185	0.495	0.719	4.245	semiîncat	
10	1.0876	0.910	0.733	0.177	0.503	0.730	4.230	semiîncat	
11	1.0555	0.905	0.720	0.185	0.495	0.719	4.215	semiîncat	
1	1.3170	1.125	0.568	0.557	0.293	0.342	4.875	semiîncat	p = 0,850 m
2	1.2960	1.115	0.575	0.540	0.310	0.362	4.845	semiîncat	
3	1.2760	1.110	0.575	0.535	0.315	0.368	4.830	semiîncat	
4	1.2600	1.110	0.590	0.520	0.330	0.385	4.830	semiîncat	
5	1.2490	1.105	0.660	0.445	0.405	0.473	4.815	semiîncat	
6	1.2310	1.100	0.725	0.375	0.475	0.555	4.800	semiîncat	
7	1.2200	1.090	0.720	0.370	0.480	0.560	4.770	semiîncat	
8	1.1980	1.085	0.725	0.360	0.490	0.572	4.755	semiîncat	
9	1.1800	1.080	0.715	0.365	0.485	0.566	4.740	semiîncat	
10	1.1680	1.075	0.711	0.364	0.486	0.568	4.725	semiîncat	
11	1.1560	1.070	0.715	0.355	0.495	0.578	4.710	semiîncat	

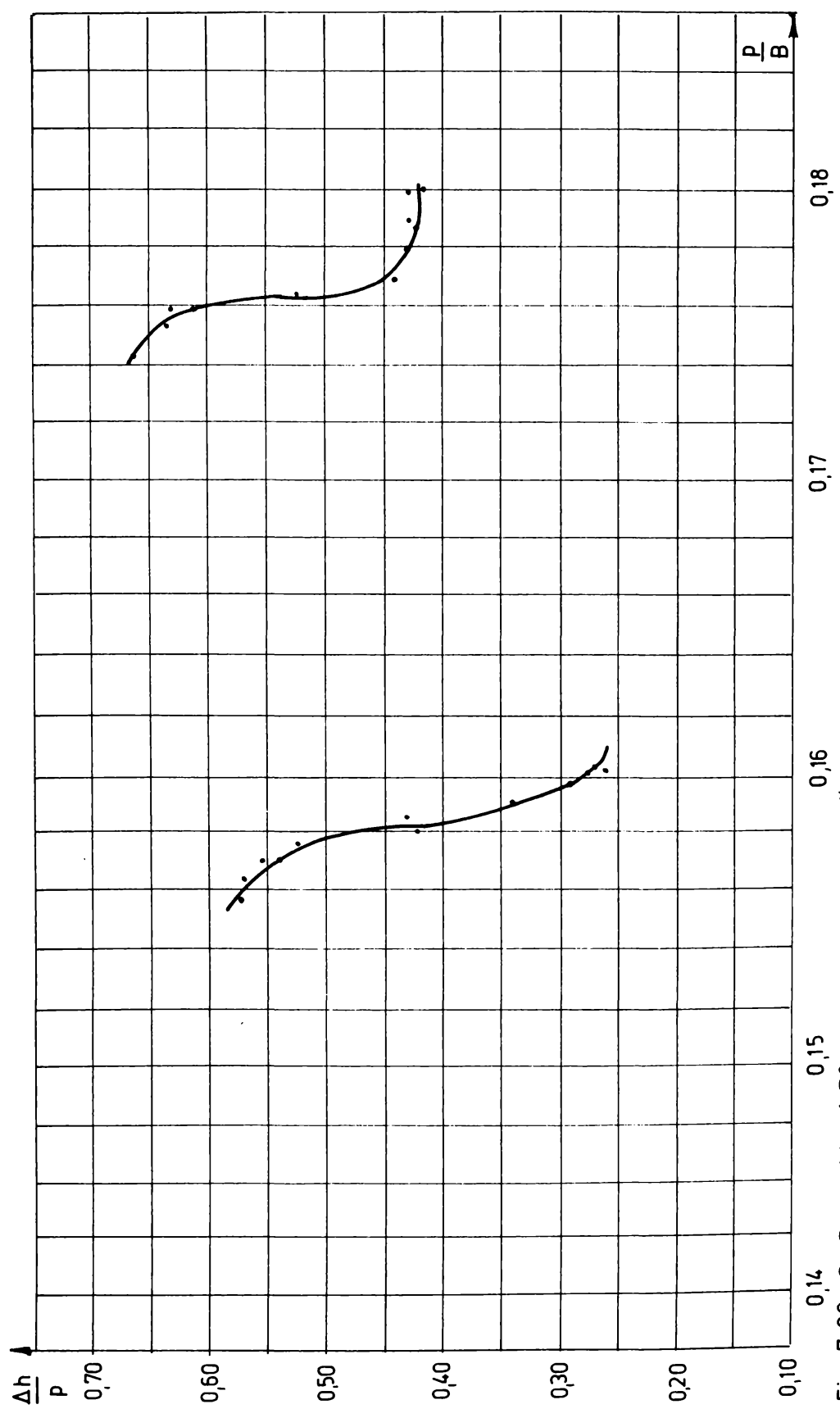


Fig. 7.22. SCP-am ($b = 1,50 \text{ m}$ $m = 1,5$), diagramă a corelației dintre „pierderea de sarcină” (Δh) și para - metrii caracteristici ai biefului amonte (sarcina - p - și tipodimensiunea - B -)

Tehnica experimentală utilizată pentru determinarea debitelor tranzitate (Q_{tr}) și a pierderilor de sarcină ($\Delta h = h_{am} - h_{av}$) produse de SCP-am cuprinde deversorul în perete subțire și prag variabil (10, în fig.6.1 și foto 6.7) amplasat în bieful aval și respectiv setul piezometrelor simple cu apă (18 în figura 6.1 și foto 6.4) ale căror indicații au fost verificate cu ajutorul limnimetrului tip R-82.

Având în vedere faptul că măsurătorile necesare calculului experimental al coeficienților de debit și/sau înecare au fost utilizate și pentru calculul pierderilor de sarcină ($\Delta \bar{h} = \bar{h}_{am} - \bar{h}_{av}$), nu am mai prezentat un calcul detaliat legat de precizia măsurătorilor aferente acestui paragraf. Țin să precizez doar că valoric, erorile accidentale al adâncimilor apei în bieful amonte și aval s-au încadrat între:

$$\delta_{ham} \in (0, \dots, 0,200)\%; \quad \delta_{hav} \in [0,0813 \dots, 0,300)\%;$$

iar cele relative, între:

$$\epsilon_{ham} \in [0,172 \dots, 0,680)\%; \quad \epsilon_{hav} \in [0,290 \dots, 1,500)\%;$$

Erorile accidentale și relative ale pierderilor de sarcină au fost calculate cu relațiile:

$$\delta_{\Delta h} = \delta_{ham} + \delta_{hav} \quad (7.31)$$

și respectiv $\epsilon_{\Delta h} = \delta_{\Delta h} / \Delta \bar{h}$

Valoric erorile pierderilor de sarcină s-au încadrat între:

$$\delta_{\Delta h} \in (0,0813 \dots, 0,350)\%; \quad \epsilon_{\Delta h} \in (1,0 \dots, 3,0)\%;$$

Analiza rezultatelor experimentale aferente acestui paragraf, prezentate în fig.7.20...7.23 conduce la o serie de concluzii utile explicitării funcțiunilor îndeplinite de SCP-am și a modului de lucru al acesteia. Astfel:

1. pentru **regimul liber** de funcționare (regim în care sunt realizate ambele comenzi, $Q_{tr} = \text{const.}$ și $h_{am} = \text{const.}$):

1.1. debitul tranzitat este constant la valori determinate de sarcina biefului amonte (h_{am}), deci de tipodimensiunea SCP-am ($B = B(h_{am})$); de marcat faptul că acest debit, de fapt debitul maxim tranzitat la pierderea de sarcină minimă (punctele marcate de linia întreruptă - fig.7.20 și 7.21) este direct proporțional cu pierderea de sarcină (Δh) și tipodimensiunea (B), pentru adâncimea de scufundare a tablîerului, $p = \text{const.}$ și invers proporțional cu adâncimea (p) în cazul variației valorice a acesteia (fig.7.23);

1.2. pierderile de sarcină minime aferente debitului maxim tranzitat prin secțiunea de control (lucru) sunt direct proporționale cu tipodimensiunea SCP-am (fig.7.20, 7.21 pentru $p = \text{const.}$) și cu adâncimea de scufundare a tablîerului (p , fig.7.23);

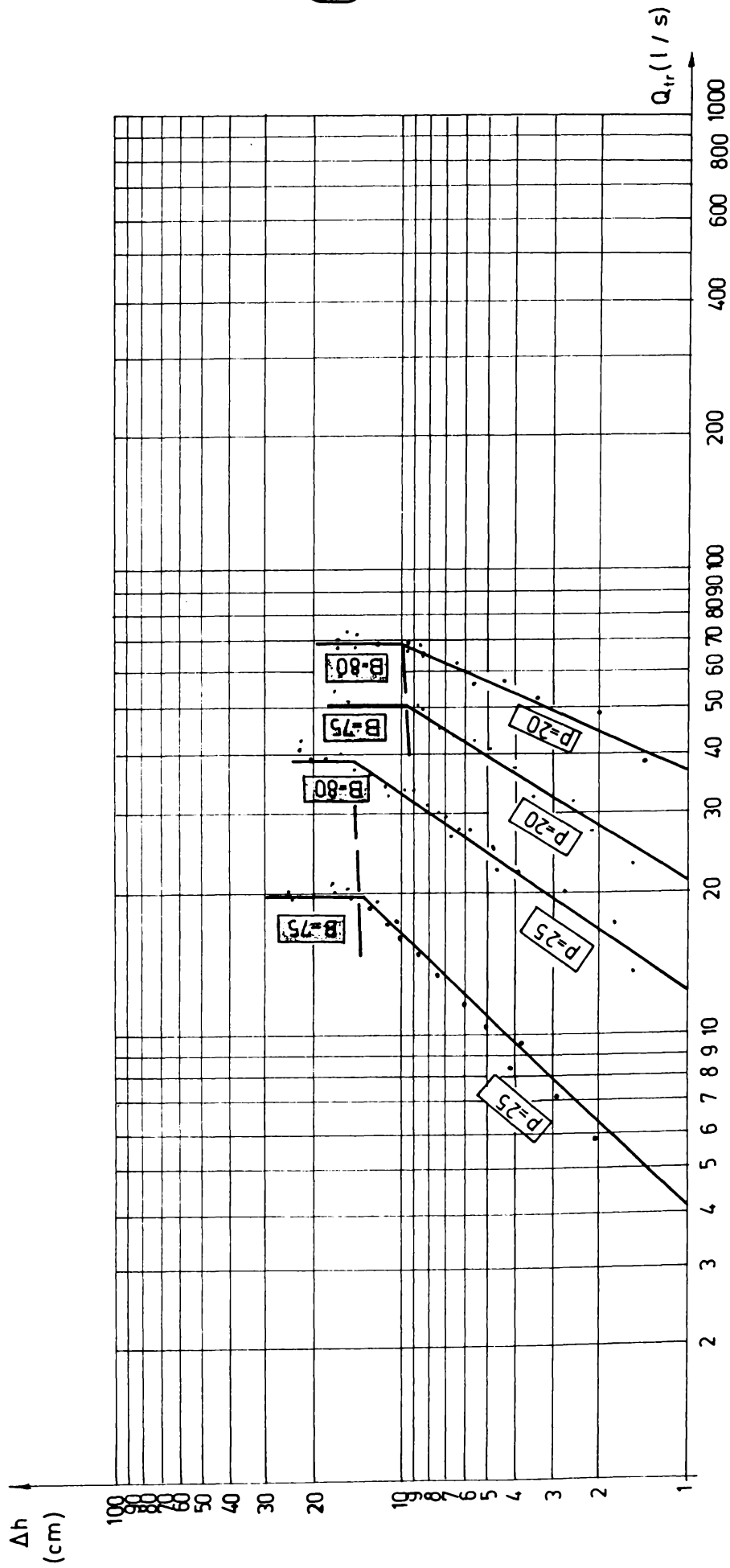


Fig. 7.23. SCP - am influența valorică a sarcinii profilelor deversante (p) asupra debitului tranzitat și a pierderii de sarcină

2. pentru **regimul înecat** de funcționare (regim în care debitul tranzitat este variabil - eventual autoreglarea caracteristică regimului semiînecat -, fiind îndeplinită doar comanda $h_{am} = \text{const.}$);

2.1. debitul tranzitat este direct proporțional cu tipodimensiunea (B) și invers proporțional cu adâncimea (p) la aceeași valoare a "pierderii de sarcină" (fig.7.20, 7.21 și respectiv 7.23);

2.2. pentru aceeași tipodimensiune, debitul tranzitat este direct proporțional cu pierderea de sarcină (Δh); ecarturile de debite ($\Delta Q_{tr} = Q_{trMAX} - Q_{trmin}$) și ale "pierderilor de sarcină" ($\Delta(\Delta h) = \Delta h_{MAX} - \Delta h_{min}$) sunt direct proporționale cu tipodimensiunea, fapt ilustrat în reprezentarea din fig.7.24

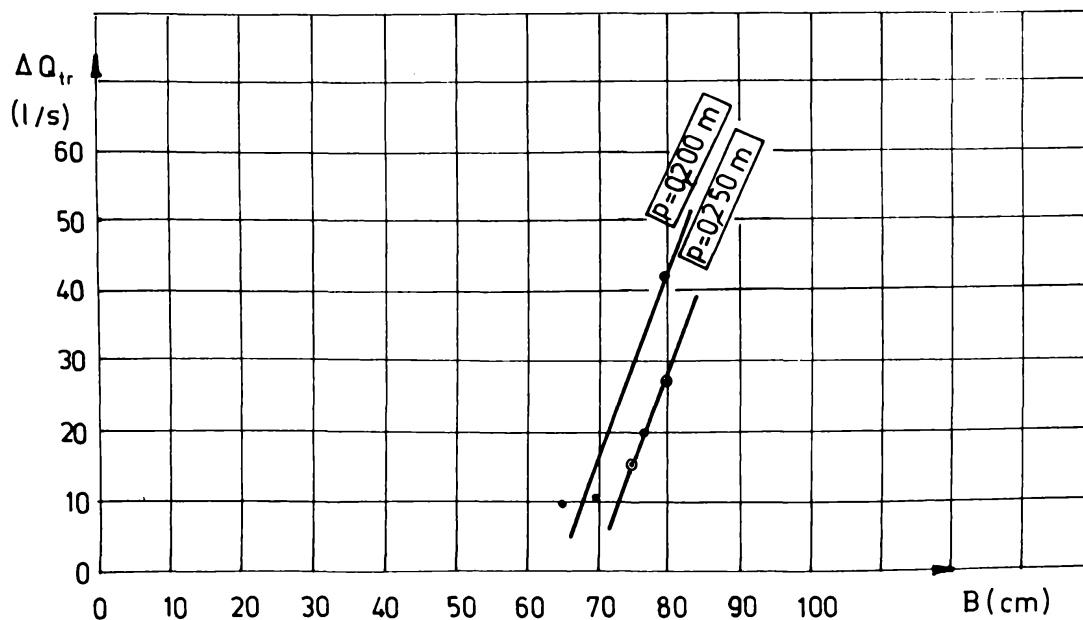


Fig. 7.24.

Detaliind puțin aceste rezultate se poate remarca faptul că:

- pentru $p = 0,200$ m, o creștere a sarcinii biefului amonte, deci și a tipodimensiunii (B) cu 23,08% produce o creștere a ecartului de debite cu $\Delta(\Delta Q_{tr}) = 34$ l/s (377,78%);
- pentru $p = 0,250$ m, o creștere a aceluiași parametru cu 6,67%, produce o creștere a $\Delta(\Delta Q_{tr}) = 11,5$ l/s (77,16%);

2.3. pentru același debit tranzitat și adâncime de scufundare a tablierului (p), pierderea de sarcină este invers proporțională cu tipodimensiunea.

7.2.3. Experimentări asupra capacității de transport și a caracteristicilor de reglare ale SCP-am

Diagramele capacității de transport ale SCP-am descriu dependența dintre debitul tranzitat (Q_{tr}) prin secțiunea de control (lucru) a acesteia și parametrii determinanți ai fenomenului (h_{am} , p , d , h_{av}), parametri prezenți în relațiile stabilite în capitolul 5 (paragraful 5.2.2.). Forma acestor caracteristici (diagrame), ca și funcțiunile posibile a fi îndeplinite de către SCP-am, stabilite la un nivel de ipoteze în cadrul capitolului 4 (paragraful 4.2) sunt confirmate de rezultatele cercetărilor experimentale. Astfel, în conformitate cu tematica programului experimental, am ridicat mai multe caracteristici ale capacității de transport, atât pentru cazul lipsei consumului în biefuri, cât și pentru cel al existenței acestor consumuri, diferențiat pe biefuri (amonte/aval). În acest context, pentru baza experimentală de laborator, tabelele nr.7.20, 7.21 și figura 7.25 prezintă rezultatele măsurătorilor experimentale necesare ridicării dependenței $Q_{tr} = Q(h_{am}, h_{av}, p)$ și respectiv reprezentările grafice aferente acesteia, pentru cazul funcționării **fără consumuri în biefuri**. Aceste studii confirmă ipotezele menționate anterior și lămuresc influența parametrilor h_{am} , h_{av} , p asupra debitului tranzitat (Q_{tr}) de către SCP-am.

Tehnica experimentală utilizată pentru măsurarea mărimilor aferente acestui studiu a cuprins, ca și în cazul determinării pierderilor de sarcină (Δh) setul piezometrelor simple cu apă (18, fig.6.1) ale căror indicații au fost verificate cu ajutorul limnimetrului tip R - 82 și deversorul în perete subțire cu muchie ascuțită și contracție laterală (10, fig.6.1)

Analizarea rezultatelor prezentate conduce la confirmarea rolului funcțional al SCP-am, așa cum am mai menționat ($h_{am} = \text{const.}$ și $Q_{tr} = \text{const.}$ pentru regimul liber în bieful aval) și permite formularea unor concluzii, dintre care cele mai importante sunt:

1) pentru regimul liber în bieful aval

1.1.) creșterea adâncimii apei în bieful amonte (h_{am}) cu $\Delta h_{am} = 0,025$ m (9%) contribuie la sporirea valorii debitului tranzitat cu $\Delta Q_{tr} = 17,2 \cdot 10^{-3}$ m³/s (33,53%) pentru $p = 0,200$ m și cu $\Delta Q_{tr} = 19,5 \cdot 10^{-3}$ m³/s (97,50%) pentru $p = 0,250$ m;

1.2.) mărirea adâncimii de scufundare (p) cu $\Delta p = 0,05$ m (25%) determină reducerea debitului tranzitat cu $\Delta Q_{tr} = 29,0 \cdot 10^{-3}$ m³/s (43,34%) pentru $h_{am} = 0,30$ m și cu $\Delta Q_{tr} = 31,3 \cdot 10^{-3}$ (61,01%) pentru $h_{am} = 0,275$ m.

Tabelul nr.7.20. Măsurători experimentale specifice ridicării caracteristicilor de transport ale SCP-am, fără consumuri în biefuri ($Q_{tr} = Q(h_{am}, h_{av}, p)$)

Nr. reg.	\bar{h}_{am} (m)	\bar{h}_{av} (m)	\bar{Q}_{tr} $\times 10^{-3}$ (m ³ /s)	\bar{h}_n / \bar{p}_o	Tipul regimului	Obs
1	0.300	0.193	72.690	-	liber	p = 0,200 m d = 0,100 m
2	0.300	0.146	71.417	-	liber	
3	0.300	0.130	68.619	-	liber	
4	0.300	0.178	68.619	-	liber	
5	0.300	0.130	67.920	-	liber	
6	0.300	0.158	67.920	-	liber	
7	0.300	0.208	66.199	0.540	semiînecat	
8	0.300	0.215	65.167	0.575	semiînecat	
9	0.300	0.236	61.784	0.680	semiînecat	
10	0.300	0.256	60.779	0.780	semiînecat	
11	0.300	0.266	53.910	0.830	înecat	
12	0.300	0.280	48.218	0.900	înecat	
13	0.300	0.286	39.266	0.930	înecat	
14	0.300	0.290	35.310	0.950	înecat	
15	0.300	0.293	28.325	0.965	înecat	
1	0.275	0.101	54.546	-	liber	p = 0,200 m d = 0,075 m
2	0.275	0.121	51.365	-	liber	
3	0.275	0.133	51.052	-	liber	
4	0.275	0.163	50.425	-	liber	
5	0.275	0.178	50.425	-	liber	
6	0.275	0.183	50.112	0.540	semiînecat	
7	0.275	0.188	50.425	0.565	semiînecat	
8	0.275	0.192	49.799	0.585	semiînecat	
9	0.275	0.195	47.013	0.600	semiînecat	
10	0.275	0.202	45.184	0.635	semiînecat	
11	0.275	0.210	43.691	0.675	semiînecat	
12	0.275	0.220	42.795	0.725	semiînecat	
13	0.275	0.226	40.737	0.755	semiînecat	
14	0.275	0.235	37.843	0.800	înecat	
15	0.275	0.240	32.298	0.825	înecat	
16	0.275	0.250	32.029	0.875	înecat	
17	0.275	0.253	27.564	0.890	înecat	
18	0.275	0.260	23.814	0.925	înecat	

Tabelul nr.7.21. Măsurători experimentale specifice ridicării caracteristicilor de transport ale SCP-am, fără consumuri în biefuri ($Q_{tr}=Q(h_{am},h_{av},p)$)

Nr. reg.	\bar{h}_{am} (m)	\bar{h}_{av} (m)	\bar{Q}_{tr} $\times 10^{-3}$ (m ³ /s)	\bar{h}_n/\bar{p}_o	Tipul regimului	Obs
1	0.300	0.075	41.6135	-	liber	p = 0,250 m d = 0,050 m
2	0.300	0.135	40.1572	-	liber	
3	0.300	0.115	39.8504	-	liber	
4	0.300	0.095	39.5582	-	liber	
5	0.300	0.076	39.5676	-	liber	
6	0.300	0.076	37.2816	-	liber	
7	0.300	0.159	38.4209	-	liber	
8	0.300	0.170	36.4272	0.474	semiînecat	
9	0.300	0.185	35.0399	0.534	semiînecat	
10	0.300	0.188	33.3828	0.547	semiînecat	
11	0.300	0.205	35.8723	0.613	semiînecat	
12	0.300	0.210	34.7624	0.633	semiînecat	
13	0.300	0.220	32.8377	0.674	semiînecat	
14	0.300	0.226	32.2956	0.693	semiînecat	
15	0.300	0.232	30.9496	0.720	semiînecat	
16	0.300	0.238	29.3766	0.744	semiînecat	
17	0.300	0.243	27.8189	0.767	semiînecat	
18	0.300	0.252	25.5367	0.803	înecat	
19	0.300	0.261	22.8462	0.840	înecat	
20	0.300	0.272	20.0256	0.857	înecat	
21	0.300	0.282	17.5493	0.925	înecat	
22	0.300	0.285	13.5407	0.939	înecat	
23	0.300	0.290	13.1392	0.939	înecat	
1	0.275	0.023	19.1124	-	liber	p = 0,250 m d = 0,025 m
2	0.275	0.023	20.0297	-	liber	
3	0.275	0.030	19.8004	-	liber	
4	0.275	0.123	19.3417	-	liber	
5	0.275	0.129	19.3417	-	liber	
6	0.275	0.135	18.2113	0.438	semiînecat	
7	0.275	0.145	18.4316	0.435	semiînecat	
8	0.275	0.161	17.5506	0.542	semiînecat	
9	0.275	0.173	16.2388	0.588	semiînecat	
10	0.275	0.187	14.9758	0.646	semiînecat	
11	0.275	0.200	13.5415	0.699	semiînecat	
12	0.275	0.215	11.8604	0.759	semiînecat	
13	0.275	0.225	10.4333	0.799	semiînecat	
14	0.275	0.233	8.3016	0.829	înecat	
15	0.275	0.247	7.1261	0.888	înecat	
16	0.275	0.254	5.7873	0.916	înecat	

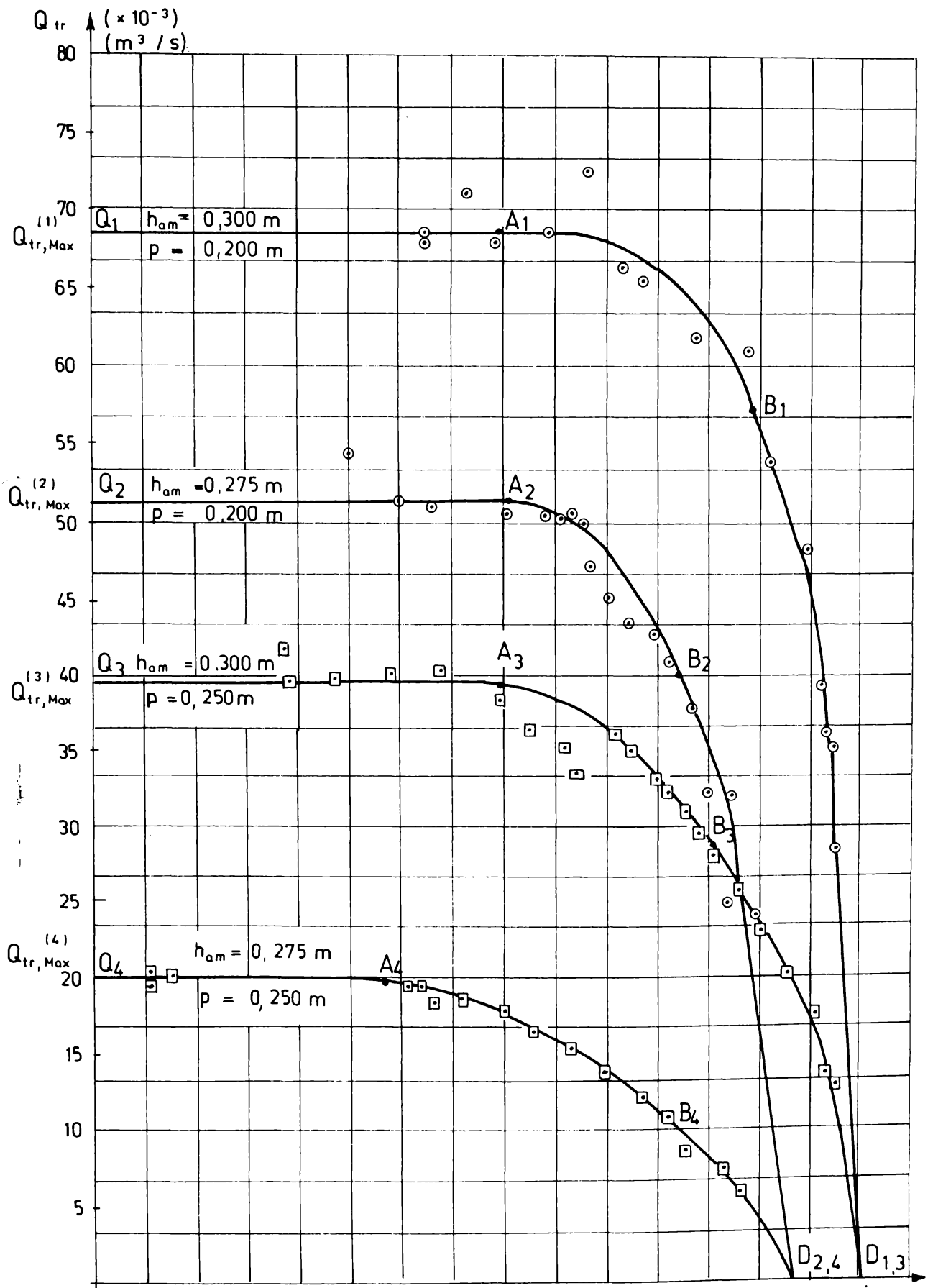


Fig. 7.25. Caracteristici ale capacității de transport (Q_{tr} , fără consumuri în biefuri) (m^3/s) specifice SCP-am; influența sarcinii totale (h_{om}) și a profilelor deversante laterale (p) asupra capacității de transport (debitul tranzitat Q_{tr})

2) Întinderea câmpului valoric al zonei de autoreglaj (delimitată de punctele A, B, fig.4.2.sau 7.25) este, pentru :

2.1.) debitul tranzitat, față de valoarea maximă a acestuia ($Q_{tr,Max}^{(i)}$), dacă

- $p = 0,200$ m, $\Delta Q_{tr,SCP}^{(1)} = 11,20 \cdot 10^{-3}$ m³/s, adică 16,35% ($h_{am} = 0,300$ m și

$Q_{tr,Max}^{(1)} = 68,5 \cdot 10^{-3}$ m³/s) și $\Delta Q_{tr,SCP}^{(2)} = 8,30 \cdot 10^{-3}$ m³/s, adică 16,18% ($h_{am} = 0,275$ m și $Q_{tr,Max}^{(2)} = 51,3 \cdot 10^{-3}$ m³/s);

- $p = 0,250$ m, $\Delta Q_{tr,SCP}^{(3)} = 11,20 \cdot 10^{-3}$ m³/s, adică 33,0% ($h_{am} = 0,300$ m și

$Q_{tr,Max}^{(3)} = 39,5 \cdot 10^{-3}$) și $\Delta Q_{tr,SCP}^{(4)} = 9,50 \cdot 10^{-3}$ m³/s, adică 47,50% ($h_{am} = 0,275$ m și $Q_{tr,Max}^{(4)} = 20,0 \cdot 10^{-3}$ m³/s);

2.2.) adâncimea apei în bieful aval, față de valoarea maximă a acesteia ($h_{av,Max}^{(i)}$),

dacă:

- $p = 0,200$ m, $\Delta h_{av,Max}^{(1)} = 9,90 \cdot 10^{-2}$ m, adică 33% ($h_{am} = 0,300$ m și

$h_{av,Max}^{(1)} = 0,300$ m) și $\Delta h_{av,Max}^{(2)} = 5,70 \cdot 10^{-2}$ m, adică 20,73% ($h_{am} = 0,275$ m și $\Delta h_{av,Max}^{(2)} = 0,275$ m);

- $p = 0,250$ m, $\Delta h_{av,Max}^{(3)} = 8,40 \cdot 10^{-2}$ m, adică 28,0% ($h_{am} = 0,300$ m și

$\Delta h_{av,Max}^{(3)} = 0,300$ m) și $\Delta h_{av,Max}^{(4)} = 12,50 \cdot 10^{-2}$ m, adică 45,46% ($h_{am} = 0,275$ m și $\Delta h_{av,Max}^{(4)} = 0,275$ m);

3) important de subliniat este și faptul că întinderile câmpurilor valorice (ΔQ_{tr} , Δh_{av}) sunt direct proporționale cu valoarea adâncimii de scufundare a tablierului (p) și invers proporționale cu sarcina totală (h_{am});

4) înecarea ambelor zone de tranzitare (I și II) produce descreșterea rapidă a Q_{tr} , pentru creșteri mici ale adâncimii apei din bieful aval (h_{av});

5) rolul funcțional al SCP-am încetează complet când $h_{am} = h_{av}$.

Rezultatele măsurărilor experimentale și ale calculelor aferente pentru cel de-al doilea caz funcțional al SCP-am, adică cel al existenței **consumurilor în bieful aval** (de asemenea pentru baza experimentală de laborator), sunt prezentate în tabelul nr.7.22 și figura nr.7.26. Aceste studii confirmă încă odată în plus influența regimului hidraulic din bieful aval asupra funcțiilor acestei stavile, dar mai ales, pun în evidență capacitatea SCP-am de a răspunde variațiilor consumurilor din acest bief (autoreglajul debitului tranzitat), concomitent cu îndeplinirea comenzii de bază, $h_{am} = \text{const}$.

Relațiile de bilanț, specifice acestui caz funcțional, sunt următoarele:

$$\bar{Q}_{tr(SCP)} = \bar{Q}_{cons,av} + \bar{Q}_{tr,av} \quad (7.32)$$

$$\Delta \bar{Q}_{cons,av} = \bar{Q}_{cons,av}^{(i+1)} - \bar{Q}_{cons,av}^{(i)} \quad (7.33)$$

$$\Delta \bar{Q}_{tr(SCP)} = \bar{Q}_{tr(SCP)}^{(i+1)} - \bar{Q}_{tr(SCP)}^{(i)} \quad (7.34)$$

$$\Delta \bar{Q}_{def}^{(i)} = \bar{Q}_{cons,av}^{(i)} - \Sigma \Delta \bar{Q}_{tr(SCP)}^{(i)} \quad (7.35)$$

unde:

$\bar{Q}_{tr(SCP)}$, este debitul tranzitat, mediu pe regim de către SCP-am prin secțiunea de control (lucru) către bieful aval;

$\bar{Q}_{cons,av}$, este debitul mediu al consumatorilor din bieful aval de secțiunea de control;

$\bar{Q}_{tr,av}$ este debitul mediu de tranzit al biefului aval;

$\Delta \bar{Q}_{cons,av}$, este variația (creșterea) debitului consumatorilor biefului aval;

$\Delta \bar{Q}_{tr(SCP)}$, este variația (creșterea) debitului tranzitat de SCP-am prin secțiunea de control, ca răspuns la creșterea debitului cerut de consumatorii biefului aval;

$\Delta \bar{Q}_{def}^{(i)}$, este debitul deficitar al biefului aval față de cerință, sau altfel spus diferența dintre consumul cerut și creșterea debitului asigurată de către SCP-am către acest bief;

$\Sigma \Delta \bar{Q}_{tr(SCP)}^{(i)}$, este valoarea cumulată (suma) creșterilor debitului tranzitat de SCP-am către bieful aval.

Măsurătorile experimentale caracteristice acestei situații funcționale au fost organizate (desfășurate) în sensul creșterii debitului $Q_{cons,av}$.

Tehnica experimentală utilizată pentru măsurătorile aferente acestui studiu, a cuprins:

- deversorul (10, fig.6.1, fig.6.4 și foto 6.7) de măsură și reglaj al debitului tranzitat și al nivelului biefului aval, pentru determinarea debitului $\bar{Q}_{tr,av}$, deversor dreptunghiular în perete subțire cu muchie acuită, prag variabil și contracție laterală;

- deversorul (16', fig.6.1 și 6.3), de asemenea dreptunghiular în perete subțire și contracție laterală, necesar măsurării debitului de simulare al consumurilor din bieful aval ($Q_{cons,av}$), consumuri captate cu ajutorul vanei electrice (15', fig.6.1 și foto 6.6) amplasată pe acest bief;

- piezometre simple cu apă, amplasate pe panourile 18 (fig.6.1 și foto 6.4), necesare măsurării sarcinilor menționate și a nivelurilor apei în biefuri (h_{am} și h_{av});

Ca și pentru cazul anterior, analizarea rezultatelor măsurătorilor experimentale aferente funcționării cu consumuri în bieful aval, permite formularea unor concluzii legate de modul de răspuns al SCP-am în fața acestei situații funcționale. În acest context, studiul calculelor de bilanț ale debitelor tranzitate de SCP-am, prezentate în tabelul nr.7.22, arată că:

Tabelul 7.22. SCP-am., măsurători experimentale asupra mărimilor hidraulice și calcule de bilanț, caracteristicile cazului funcțional al consumurilor în bieful aval

Nr. reg (i)	\bar{h}_{am} (m)	\bar{h}_{av} (m)	$\bar{Q}_{tr(SCP)}$ $\times 10^{-3}$ (m ³ /s)	$\bar{Q}_{cons,av}$ $\times 10^{-3}$ (m ³ /s)	$\bar{Q}_{tr,av}$ $\times 10^{-3}$ (m ³ /s)	$\Delta \bar{Q}_{cons,av}$ $\times 10^{-3}$ (m ³ s)	$\Delta \bar{Q}_{tr(SCP)}$ $\times 10^{-3}$ (m ³ s)	$\Sigma \Delta \bar{Q}_{tr(SCP)}$ $\times 10^{-3}$ (m ³ s)	$\Delta \bar{Q}_{def}$		\bar{h}_n / \bar{p}_o	Obs
									$\times 10^{-3}$ (m ³ /s)	(%) $\bar{Q}_{cons,av}$		
1	0.300	0.2802	41.7111	0.9843	40.726	-	-	-	-	-	0.901	p = 0,200 m
2	0.300	0.2794	42.2276	2.3772	39.850	1.3929	0.5165	0.5165	1.8607	78.27	0.897	
3	0.300	0.2774	43.9540	4.3958	39.558	2.0186	1.7264	2.2429	2.1529	48.98	0.887	
4	0.300	0.2738	45.6011	6.4738	39.127	2.0780	1.6471	3.8900	2.5839	39.91	0.869	
5	0.300	0.2704	46.9519	8.4509	38.501	1.9771	1.3508	5.2408	3.2101	37.99	0.852	
6	0.299	0.2678	47.9879	10.0563	37.931	1.6054	1.0360	6.2768	3.7795	37.58	0.844	
7	0.298	0.2670	48.8052	10.9874	37.817	0.9311	0.8173	7.0941	3.8133	34.71	0.845	
8	0.297	0.2636	50.4695	13.3275	37.142	2.3401	1.6643	8.7584	4.5691	34.28	0.833	
9	0.297	0.2598	51.9335	15.1777	36.755	1.8502	1.4640	10.222	4.9553	32.65	0.814	
10	0.297	0.2558	53.0271	17.7703	35.256	2.5926	2.0936	11.316	6.4543	36.32	0.794	
11	0.275	0.2470	31.3295	0.6945	30.635	-	-	-	-	-	0.860	p = 0,200 m
12	0.275	0.2456	32.0977	1.8297	30.268	1.1352	0.7682	0.7682	1.0615	58.02	0.853	
13	0.275	0.2412	33.7680	3.5914	30.176	1.7617	1.6703	2.4385	1.1529	32.10	0.831	
14	0.275	0.2374	35.4567	5.5423	29.914	1.9509	1.6887	4.1272	1.4151	25.53	0.812	
15	0.275	0.2322	37.1488	7.2754	28.073	1.7331	1.6921	5.8193	1.4561	20.01	0.786	
16	0.275	0.2302	38.3642	9.1579	29.206	1.8825	1.2154	7.0347	2.1231	23.18	0.776	
17	0.275	0.2286	38.9720	9.8766	29.095	0.7187	0.6078	7.6425	2.2341	22.62	0.768	
18	0.275	0.2248	40.6231	11.9403	28.682	2.0637	1.6511	9.2936	2.6467	22.17	0.749	
19	0.274	0.2190	42.1833	13.9311	28.252	1.9908	1.5602	10.853	3.0773	22.09	0.725	
20	0.274	0.2116	43.6023	16.2330	27.369	2.3019	1.4190	10.272	3.9602	24.40	0.688	
21	0.300	0.2380	29.9414	0.9843	28.957	-	-	-	-	-	0.752	p = 0,250 m
22	0.300	0.2330	31.1916	2.3772	28.814	1.3929	1.2502	1.2502	1.1270	47.41	0.732	
23	0.300	0.2276	32.5623	4.2542	28.308	1.8770	1.3707	2.6209	1.6333	38.39	0.710	
24	0.300	0.2218	34.1104	6.3186	27.791	2.0644	1.5481	4.1690	2.1496	34.02	0.687	
25	0.300	0.2056	35.2133	8.1150	27.098	1.7916	1.1029	5.2719	2.8431	35.04	0.622	
26	0.300	0.2092	36.3999	9.6969	26.703	1.5819	1.1866	6.4585	3.2384	33.40	0.637	
27	0.300	0.2046	37.0136	10.6060	26.407	0.9091	0.6137	7.0722	3.5388	33.32	0.618	
28	0.300	0.2012	38.2946	12.7239	25.570	2.1179	1.2810	8.3532	4.3707	34.35	0.605	
29	0.300	0.1998	39.6558	14.7556	24.900	2.0317	1.3612	9.7144	5.0412	34.16	0.599	
30	0.300	0.1938	41.1177	16.8862	24.231	2.1306	1.4619	11.176	5.7099	33.81	0.575	
31	0.275	0.1744	15.4501	0.8948	15.555	-	-	-	-	-	0.598	p = 0,250 m
32	0.275	0.1748	16.4817	2.1582	14.423	1.2634	1.0316	1.0316	1.1266	52.50	0.599	
33	0.275	0.1688	17.3835	3.9710	13.412	1.8128	0.9018	1.9334	2.0376	51.31	0.575	
34	0.275	0.1614	18.0958	5.6975	12.398	1.7165	0.7123	2.6457	3.0518	53.56	0.546	
35	0.275	0.1558	18.7840	7.4434	11.340	1.7459	0.6882	3.3339	4.1095	55.21	0.523	
36	0.276	0.1538	19.2325	8.6188	10.613	1.1754	0.4485	3.7824	4.8364	56.11	0.511	
37	0.276	0.1526	20.0951	9.6969	10.398	1.0781	0.8626	4.6450	5.0519	52.10	0.506	
38	0.276	0.1456	20.5707	11.3686	9.2021	1.6717	0.4756	5.1206	6.2484	54.96	0.478	
39	0.276	0.1370	21.1532	12.9251	8.2281	1.5565	0.5825	5.7031	7.2220	55.88	0.444	
40	0.276	0.1292	21.8483	14.7556	7.0927	1.8305	0.6951	6.3982	8.3574	56.64	0.413	

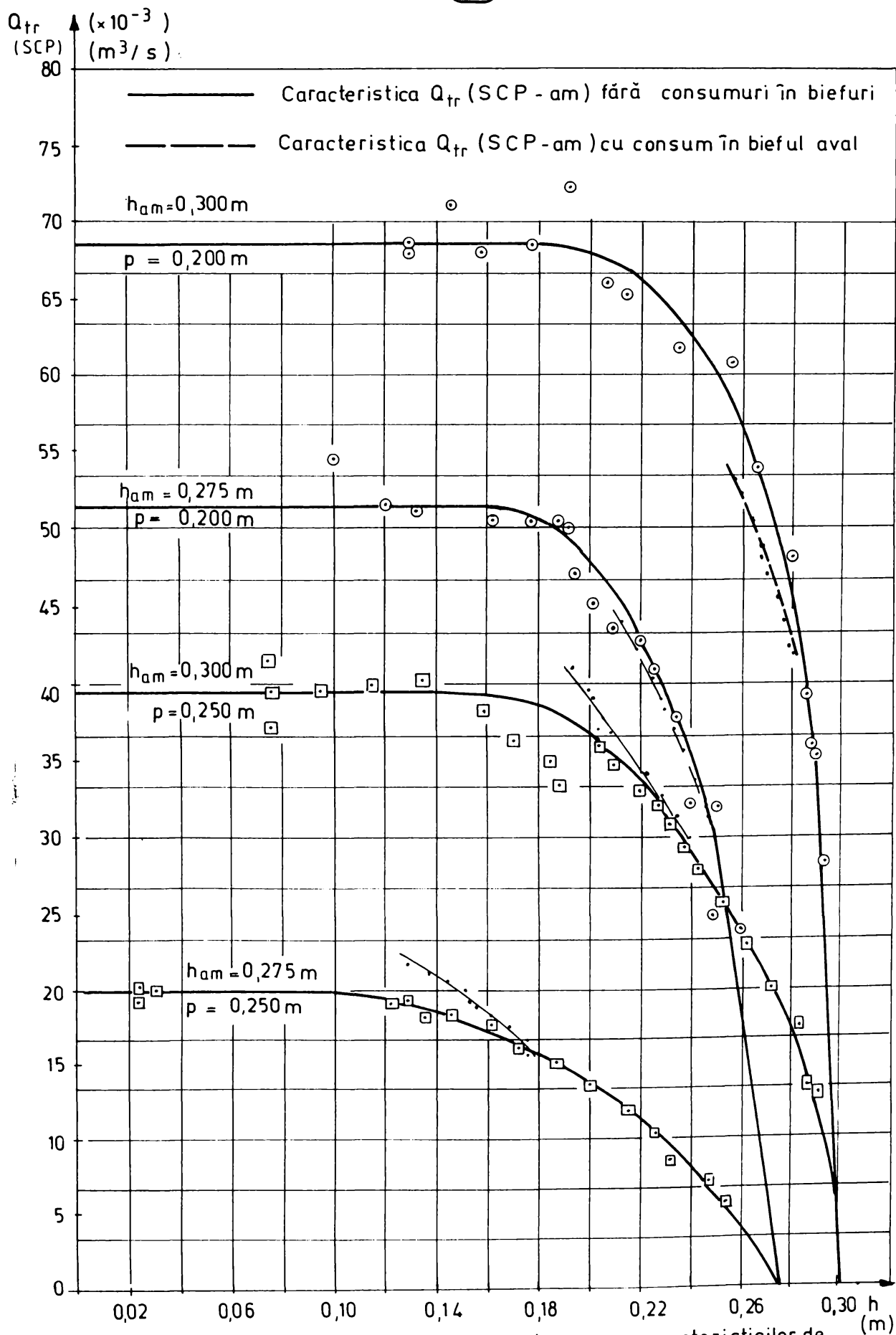


Fig.7.26 Influența consumurilor din bieful aval asupra caracteristicilor de transport ale SCP - am

- pentru regimurile ($i = 1 \dots 10$) cu $p = 0,200$ m și $\bar{h}_{am} \cong 0,300$ m, apariția unui debit de consum (maxim) în bieful aval $\bar{Q}_{cons,av}^{(10)} = 17,7703 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (42,60% față de $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(1)}$) determină sporirea debitului tranzitat de SCP-am de la $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(1)} = 41,7111 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ la $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(10)} = 53,0271 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, deci un spor de debit $\Delta\bar{Q}_{tr(SCP)} = 11,316 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ și o pierdere de adâncime a biefului amonte $\Delta\bar{h}_{am} = 0,003$ m (1% față de $\bar{h}_{am}^{(1)}$); deficitul maxim de debit $\Delta\bar{Q}_{def} = 6,4543 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (12,17% față de $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(10)}$ și 36,32% față de $\bar{Q}_{cons,av}^{(10)}$), deci debitul neacoperit de SCP-am față de cerere, poate fi asigurat din volumul de regularizare (acumulare) al biefului aval; de subliniat faptul că zona explorată pentru aceste regimuri aparține funcționării înecate ($h_n/p_0 \geq 0,8$), nu tocmai favorabilă autoreglării debitului tranzitat;

- pentru regimurile ($i = 11 \dots 20$) cu $p = 0,200$ m și $\bar{h}_{am} \cong 0,275$ m, apariția consumului (maxim) în bieful aval $\bar{Q}_{cons,av} = 16,2330 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (51,81% față de $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(11)}$) determină sporirea debitului tranzitat de SCP-am de la $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(11)} = 31,3295 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ la $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(20)} = 43,6023 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, deci un spor de debit $\Delta\bar{Q}_{tr(SCP)} = 12,2728 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ și o pierdere de adâncime a biefului amonte $\Delta\bar{h}_{am} = 0,001$ m (0,36% față de $\bar{h}_{am}^{(11)}$); deficitul maxim de debit $\Delta\bar{Q}_{def} = 3,9602 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (9,8% față de $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(20)}$ și 24,40% față de $\bar{Q}_{cons,av}^{(20)}$) poate fi asigurat din volumul de regularizare al acestui biefului; de menționat rezultatele sensibil îmbunătățite ale răspunsului SCP-am (autoreglajul) față de perturbația produsă (consumul); aceasta datorită faptului că zona explorată aparține majoritar zonei de autoreglaj (cu regim hidraulic semiînecat);

- pentru regimurile ($i = 21 \dots 30$) cu $p = 0,250$ m și $\bar{h}_{am} \cong 0,300$ m, apariția consumului (maxim) în bieful aval $\bar{Q}_{cons,av}^{(30)} = 16,8862 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (41,07% față de $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(30)}$) determină creșterea debitului tranzitat de la $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(21)} = 29,9414 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ la $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(30)} = 41,1177 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, deci un spor de debit $\Delta\bar{Q}_{tr(SCP)} = 11,1763 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ fără pierdere de adâncime a biefului amonte ($\Delta\bar{h}_{am} = 0$); deficitul maxim de debit în bieful aval $\Delta\bar{Q}_{def} = 5,7099 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (13,89% față de $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(30)}$ și 33,81% față de $\bar{Q}_{cons,av}^{(30)}$) se asigură din volumul de regularizare; creșterea procentuală a debitului deficitar față de grupurile de regimuri hidraulice anterioare (1...10 și 11...20) se datorează efectului disipator suplimentar al tablierului (prin sarcina $p = 0,250$ m, superioară cu $\Delta p = 25\%$ față de $p = 0,200$ m) și în consecință a scăderii capacității de transport, efect remarcat și în cazul lipsei consumurilor (tab.7.20, 7.21 și fig.7.25) sau la concluziile legate de pierderile de sarcină Δh (paragraful 7.2.2., tab.7.17...7.19 și fig.7.20...7.22); aceasta chiar în condițiile în care întreaga zonă explorată aparține zonei de autoreglaj;

- pentru regimurile ($i = 31...40$) cu $p = 0,250$ m și $\bar{h}_{am} \cong 0,275$ m, toate rezultatele parametrilor analizați sunt inferioare, din punct de vedere calitativ, grupurilor de regimuri anterioare, chiar dacă întreaga zonă explorată aparține regimului optim (semiînecat); această comportare surprinzătoare se explică prin depășirea posibilităților capacității de transport ale acestei tipodimensiuni față de consumurile create;

- deficitul ($\Delta\bar{Q}_{def(\%)}$ față de cerere, adică $\bar{Q}_{cons,av}$) atinge valori minime tot în zona de autoreglaj, adică a regimului hidraulic semiînecat în bieful aval ($h_n/p_0 = 0,6...0,8$ în tabelul nr.7.22);

- creșterile relative ale $Q_{tr(SCP)}$ și $Q_{cons,av}$ sunt în raportul $\Delta\bar{Q}_{tr(SCP)}/\Delta\bar{Q}_{cons,av} < 1,0$, dar sensibil apropiate (comparabile) ca ordin de mărime, fapt care demonstrează comportarea satisfăcătoare a stavilei față de cerințele din biefuri.

De asemenea studiul reprezentărilor grafice ale măsurătorilor experimentale specifice acestui caz funcțional (fig.7.26) pune în evidență influența regimului hidraulic din bieful aval (zonele explorate) asupra funcționalității SCP-am ($Q_{tr(SCP)}$ și h_{am}), deci asupra caracteristicilor $Q_{tr(SCP)} = Q(h_{am}, h_{av}, p)$ cât și a capacității de răspuns a stavilei față de apariția consumurilor în bieful aval. În acest context, important de evidențiat este faptul că apariția unor consumuri în bieful aval, care cantitativ situează $Q_{tr(SCP)}$ în zona regimului înecat (în afara zonei de autoreglaj), poziționează caracteristica capacității de transport cu consumuri sub posibilitățile normale, adică mai explicit sub caracteristica SCP-am fără consumuri. Apariția consumurilor în bieful aval care situează debitul tranzitat de stavilă în zona de autoreglaj, poziționează caracteristica de transport cu consumuri deasupra celei similare, fără consumuri (se obține astfel un spor al debitului tranzitat, adică se exploatează optim posibilitățile stavilei).

De aici, cât și din discuțiile anterioare, rezultă concluzia deosebit de importantă că, alegerea tipodimensiunii SCP-am se recomandă a fi făcută la parametri hidraulici caracteristici zonei de autoreglaj. Tipodimensiunea astfel aleasă (dimensionată), va satisface cerințele celor două biefuri ($h_{am} = ct$, $Q_{cons,av}$ și $Q_{tr,av}$) cu valorile elementelor hidraulice specifice acestor zone:

$$Q_{tr(SCP)} = Q_{cons,av} + Q_{tr,av}$$

$$\Delta h = h_{am} - h_{av}$$

deci va răspunde cu maximum de eficiență acestora. În fine, după cum este bine cunoscut, parametrii hidraulici $Q_{cons,av}$, $Q_{tr,av}$, h_{am} și h_{av} sunt determinați din calculele anterioare de bilanț și respectiv biefare.

Cel de-al treilea caz funcțional studiat, adică cel cu **consum în bieful amonte**, deși diferă esențial de cel cu consum în bieful aval, prin modul de răspuns la perturbațiile create de apariția consumurilor, demonstrează de asemenea capacitatea de autoreglaj a SCP-am. În acest context, SCP-am prin variațiile cantitative ale parametrilor săi definitorii în secțiunea de control ($d, Q_{tr(SCP)}, \Delta h_{n/p_0}$), realizează diminuarea sau chiar atenuarea modificărilor produse de creșterea consumurilor asupra parametrilor hidraulici din acest bief ($h_{am}, Q_{bief,am}$).

Rezultatele măsurătorilor experimentale (efectuate pe baza experimentală de laborator) sunt prezentate în tabelul nr.7.23 și fig.7.27.

Aparatura utilizată pentru măsurarea mărimilor hidraulice caracteristice acestui caz, a curpins:

- deversorul (16, fig.6.1 și 6.3) dreptunghiular, în perete subțire, cu contracție laterală necesar măsurării debitului de simulare a consumurilor ($Q_{cons,am}$), consumuri captate cu ajutorul vanei electrice (15, fig.6.1 și foto 6.6);

- deversorul (10, fig.6.1, 6.4 și foto 6.7) descris și necesar ca și pentru cazurile anterioare măsurării debitului tranzitat de SCP-am ($Q_{tr(SCP)}$);

- piezometrele simple cu apă, montate pe panourile (18, fig.6.1 și foto 6.4), necesare măsurării sarcinilor deversoarelor menționate și a adâncimilor apei în cele două biefuri (h_{am}, h_{av});

- limnimetrul tip R-82, necesar verificării citirilor piezometrice.

Măsurătorile experimentale necesare calculelor și reprezentărilor acestui caz funcțional au fost desfășurate în sensul creșterii debitului consumat în acest bief ($Q_{cons,am}$). Relațiile de calcul ale variațiilor debitelor studiate (tranzitat de SCP și consum în bieful amonte) sunt:

$$\Delta \bar{Q}_{cons,am} = \bar{Q}_{cons,am}^{(i+1)} - \bar{Q}_{cons,am}^{(i)} \quad (7.33')$$

$$\Delta \bar{Q}_{tr(SCP)} = \bar{Q}_{tr(SCP)}^{(i)} - \bar{Q}_{tr(SCP)}^{(i+1)} \quad (7.34')$$

Obs: semnificația notațiilor este aceeași ca și în cazul consumurilor în bieful aval (relațiile 7.32-7.34), cu deosebirea că indicii se referă la bieful **amonte** și cu excepția variației debitului tranzitat ($\Delta \bar{Q}_{tr(SCP)}$), care aici reprezintă descreșterea $Q_{tr(SCP)}$ ca răspuns la creșterea debitului cerut de consumatorii biefului amonte.

Analizarea rezultatelor prezentate în tabelul nr.7.23 și fig.7.27, permite formularea concluziilor legate de modul efectiv de răspuns al stavilei (autoreglajul) în fața acestei situații funcționale, arătând că:

- pentru regimurile cu $p = 0,200$ m și $\bar{h}_{am} \cong 0,300$ m ($i = 1 \dots 12$), apariția unui consum (aici cel cu valoare maximă) în bieful amonte $\bar{Q}_{cons,am} = 10,468 \cdot 10^{-3}$ m³/s (50,31% față de $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(1)}$), determină o pierdere de adâncime a acestui bief $\Delta \bar{h}_{am} = 0,014$ m (4,67%, nesemnificativ valoric, deci practic $h_{am} = \text{const.}$), și ca atare o reducere a deschiderii stavilei cu $\Delta \bar{d} = 0,014$ m (14%);

în consecință, pentru refacerea volumului în bieful controlat, debitul tranzitat se reduce cu $\Delta \bar{Q}_{tr(SCP)} = 6,643 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (15,57% $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(1)}$), adâncimea apei în bieful aval scade cu $\Delta \bar{h}_{av} = 0,022 \text{ m}$ (7,72%), iar pierderea de sarcină crește cu $\Delta(\Delta h) = 0,008 \text{ m}$ (52,63%); valorile raportului de înecare h_n/p_0 arată că regimul hidraulic al biefului aval este cel înecat, deci în afara zonei de autoreglaj;

- pentru regimurile cu $p = 0,200 \text{ m}$ și $\bar{h}_{am} \cong 0,275 \text{ m}$ ($i = 13...24$), consumul (maxim) $\bar{Q}_{cons,am} = 22,187 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (65% față de $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(13)}$) determină o pierdere de adâncime $\Delta \bar{h}_{am} = 0,010 \text{ m}$ (3,64%) și ca atare, o reducere a deschiderii stavilei $\Delta \bar{d} = 0,010 \text{ m}$ (13,33%); în consecință (pentru refacerea volumului în bief), $\bar{Q}_{tr(SCP)}$ se reduce cu $\Delta \bar{Q}_{tr(SCP)} = 6,110 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (17,90%), adâncimea apei în bieful aval scade cu $\Delta \bar{h}_{av} = 0,0148 \text{ m}$ (5,92%), iar pierderea de sarcină crește cu $\Delta(\Delta h) = 0,0048 \text{ m}$ (19,20%); și în acest caz regimul hidraulic al biefului aval este înecat;

- pentru regimurile cu $p = 0,250 \text{ m}$ și $\bar{h}_{am} \cong 0,300 \text{ m}$ ($i = 25...35$), consumul (maxim) $\bar{Q}_{cons,am} = 21,707 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (74,79% $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(25)}$) determină o pierdere de adâncime a biefului amonte $\Delta \bar{h}_{am} = 0,009 \text{ m}$ (3,00%) și o reducere a deschiderii $\Delta \bar{d} = 0,009 \text{ m}$ (18%); în consecință reducerea debitului tranzitat $\Delta \bar{Q}_{tr(SCP)} = 4,918 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (16,95% $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(25)}$) produce scăderea adâncimii apei în bieful aval cu $\Delta \bar{h}_{av} = 0,0208 \text{ m}$ (8,21%) și creșterea pierderii de sarcină $\Delta(\Delta h) = 0,013 \text{ m}$ (20,38%); valorile $h_n/p_0 \in [0,698...0,742]$ semnalează existența regimului semiînecat în bieful aval, deci lucrul stavilei în zona de autoreglaj eficient; de aici și ușoara îmbunătățire a valorilor parametrilor caracteristici;

- pentru regimurile cu $p = 0,250 \text{ m}$ și $\bar{h}_{am} \cong 0,275 \text{ m}$ ($i = 36...47$), consumul $\bar{Q}_{cons,am} = 21,707 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (123,59% $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(36)}$) determină pierderea de adâncime $\Delta \bar{h}_{am} = 0,008 \text{ m}$ (2,91%) și reducerea deschiderii stavilei cu $\Delta \bar{d} = 0,008 \text{ m}$ (32%); în consecință debitul tranzitat prin secțiunea de control se reduce cu $\Delta \bar{Q}_{tr(SCP)} = 8,249 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (46,97% $\bar{Q}_{tr(SCP)}^{(36)}$), determinând scăderea nivelului aval cu $\Delta \bar{h}_{av} = 0,0234 \text{ m}$ (13,28%) și sporirea pierderii de sarcină $\Delta(\Delta h) = 0,0172 \text{ m}$ (17,73%); regimul hidraulic în avalul secțiunii de control este semiînecat, cu valori ale înecării relative h_n/p_0 inferioare regimurilor anterioare ($i = 25...35$); de aici explicația îmbunătățirii continue a parametrilor caracteristici;

- principala comandă a acestui caz funcțional ($h_{am} = \text{const.}$) este realizată, valoarea adâncimii apei în bieful amonte fiind practic constantă ($\Delta \bar{h}_{am} \in [2,91...4,67]\%$), indiferent de valoarea (procentuală, $\bar{Q}_{cons,am} \in (50...124)\% \bar{Q}_{tr(SCP)}^{(max)}$) consumului în acest bief;

Tabelul 7.23. SCP-am., măsurători experimentale pentru determinarea evoluției elementelor hidraulice în biefuri, caracteristice situației funcționale cu consumuri în bieful amonte.

Nr. reg (i)	\bar{h}_{am} (m)	\bar{h}_{av} (m)	$\Delta \bar{h}$ (m)	$\bar{Q}_{tr}(SCP)$ $\times 10^{-3}$ (m ³ /s)	$\Delta \bar{Q}_{tr}(scr)$ $\times 10^{-3}$ (m ³ /s)	$\bar{Q}_{cons(am)}$ $\times 10^{-3}$ (m ³ /s)	$\Delta \bar{Q}_{cons(am)}$ $\times 10^{-3}$ (m ³ /s)	\bar{h}_n / \bar{p}_o	Obs
1	0.300	0.2848	0.0152	42.674	-	-	-	0.924	p = 0,200 m d ₁ = 0,100 m
2	0.300	0.2828	0.0172	40.688	2.006	3.593	3.593	0.914	
3	0.300	0.2794	0.0206	39.558	1.130	5.700	2.107	0.897	
4	0.297	0.2762	0.0202	39.383	0.175	8.121	2.421	0.896	
5	0.296	0.2746	0.0214	38.981	0.402	10.424	2.303	0.893	
6	0.294	0.2728	0.0212	38.127	0.854	12.534	2.110	0.894	
7	0.292	0.2710	0.0210	37.672	0.455	14.772	2.238	0.865	
8	0.290	0.2692	0.0208	36.989	0.683	16.908	2.136	0.896	
9	0.289	0.2676	0.0214	36.674	0.315	18.680	1.772	0.893	
10	0.289	0.2658	0.0232	36.476	0.198	20.527	1.847	0.884	
11	0.286	0.2654	0.0206	36.031	0.445	21.228	0.701	0.897	
12	0.286	0.2628	0.0232	36.031	0	21.468	0.240	0.884	d ₁₂ = 0,086 m
13	0.275	0.2488	0.0262	34.133	-	-	-	0.869	p = 0,200 m d ₁₃ = 0,075 m
14	0.275	0.2500	0.0250	31.975	2.158	2.960	2.960	0.875	
15	0.274	0.2490	0.0250	31.759	0.216	5.545	2.585	0.875	
16	0.273	0.2480	0.0250	30.897	0.862	7.952	2.407	0.875	
17	0.273	0.2448	0.0282	30.425	0.472	10.064	2.112	0.859	
18	0.272	0.2432	0.0288	30.183	0.242	12.333	2.269	0.856	
19	0.271	0.2416	0.0294	29.849	0.334	14.439	2.106	0.853	
20	0.269	0.2400	0.0290	29.586	0.263	16.464	2.025	0.855	
21	0.268	0.2390	0.0290	28.905	0.681	18.015	1.551	0.855	
22	0.267	0.2376	0.0294	28.485	0.420	19.834	1.819	0.853	
23	0.266	0.2362	0.0298	28.226	0.259	21.228	1.394	0.851	
24	0.265	0.2352	0.0298	28.023	0.203	22.187	0.959	0.851	d ₂₄ = 0,065 m
25	0.300	0.2356	0.0644	29.023	-	-	-	0.742	p = 0,250 m d ₂₅ = 0,050 m
26	0.300	0.2362	0.0638	28.800	0.223	3.340	3.340	0.745	
27	0.300	0.2340	0.0660	28.073	0.727	6.944	3.604	0.736	
28	0.299	0.2310	0.0680	27.717	0.356	8.805	1.861	0.728	
29	0.297	0.2298	0.0672	27.259	0.458	11.189	2.384	0.731	
30	0.297	0.2254	0.0716	26.597	0.662	13.341	2.152	0.714	
31	0.295	0.2236	0.0713	26.037	0.560	15.407	2.066	0.714	
32	0.295	0.2224	0.0726	25.586	0.451	17.350	1.943	0.710	
33	0.294	0.2190	0.0750	24.898	0.688	19.603	2.253	0.700	
34	0.293	0.2162	0.0768	24.408	0.490	20.527	0.924	0.693	
35	0.291	0.2154	0.0756	24.005	0.403	21.707	1.180	0.698	
36	0.275	0.1762	0.0988	17.564	-	-	-	0.605	p = 0,250 m d ₃₆ = 0,025 m
37	0.275	0.1780	0.0970	15.397	2.167	3.340	3.340	0.612	
38	0.275	0.1766	0.0984	14.766	0.631	5.248	1.908	0.606	
39	0.275	0.1756	0.0994	14.144	0.622	7.616	2.368	0.602	
40	0.274	0.1726	0.1014	13.341	0.803	9.704	2.088	0.594	
41	0.273	0.1686	0.1044	12.738	0.603	11.951	2.247	0.578	
42	0.271	0.1666	0.1044	12.337	0.401	13.946	1.995	0.582	
43	0.271	0.1632	0.1078	11.575	0.762	16.041	2.095	0.569	
44	0.270	0.1600	0.1100	11.005	0.570	18.015	1.974	0.560	
45	0.268	0.1556	0.1124	10.434	0.571	19.603	1.588	0.550	
46	0.268	0.1544	0.1136	9.644	0.790	20.988	1.385	0.546	
47	0.267	0.1528	0.1142	9.315	0.329	21.707	0.719	0.543	d ₄₇ = 0,017 m

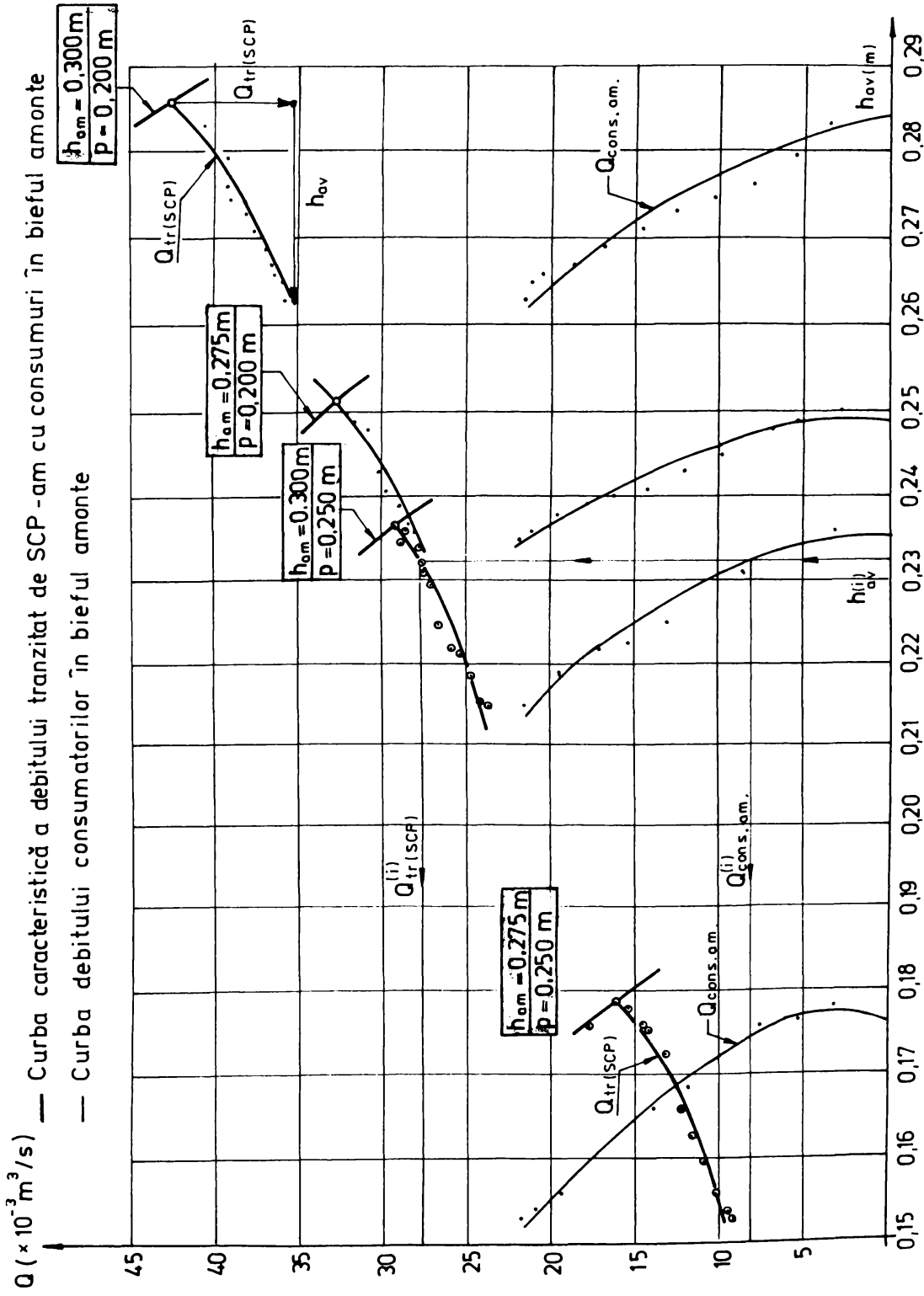


Fig.7.27. Influența consumurilor în bieful amonte asupra caracteristicilor de transport ale SCP -am

- capacitatea de autoreglaj ($\Delta \bar{Q}_{tr(SCP)}$) este influențată nesemnificativ de adâncimea h_{an} , de adâncimea de scufundare a tablîerului (p) sau de tipul regimului hidraulic din avalul secțiunii de control, dacă se au în vedere valorile sensibil apropiate ale reducerii debitului tranzitat prin secțiunea de control;

- regimurile numerotate $i = (36...47)$, pot reprezenta cazul specific de funcționare al unui bief de capăt (cel mai din aval);

Chiar dacă modul de lucru al SCP-am, pentru cazul consumurilor în bieful amonte, este mai puțin influențat de tipul regimului hidraulic din avalul secțiunii de control, și pentru acest caz funcțional se recomandă alegerea tipodimensiunii la parametrii caracteristici zonei de autoreglaj (h_{an} , $\bar{Q}_{tr(SCP)} = Q_{bief,av}$ și Δh cu valori care corespund la o înecare relativă $h_n/p_0 \in [0,55...0,75]$). Aceasta pentru o funcționare mai eficientă și o siguranță sporită în exploatare.

Ca și în cazul paragrafului anterior, nu am mai considerat ca necesară evaluarea separată a erorilor accidentale și relative aferente mărimilor acestui studiu, deoarece o evaluare similară a erorilor acestor mărimi, de altfel utilizate și în studiile din paragrafele anterioare, a fost deja efectuată.

7.2.4. Determinări teoretice și experimentale asupra solicitărilor specifice ancorării SCP-am

După cum am menționat în capitolele anterioare (4 și 5), menținerea SCP-am pe poziția de lucru (secțiunea de control) se realizează prin ancorare. Ancorarea în regim hidrodinamic determină tensionarea cablurilor de ancoraj, tensionare cauzată de forța hidrodinamică a curentului ce acționează asupra tablîerului și plutitorilor stavilei. Valoarea maximă a acestei forțe se înregistrează în etapa funcționării cu salt hidraulic (îndepărtat sau imediat) în avalul secțiunii de control. Expresia forței hidrodinamice ($F(S\Sigma)$) caracteristică acestui regim hidraulic (5.183 stabilită în cadrul paragrafului 5.2.4), are forma:

$$F(S\Sigma) = \rho \bar{Q}_{tr}^2 \left(\frac{1}{S_{am}} - \frac{1}{S_t} \right) + \rho g \left[C'_d \bar{h}_{am}^3 - (C_{dp} + C'_d \bar{d}) \bar{d}^2 - m \bar{d} p \right]$$

Obs.: 1) semnificația notațiilor este aceeași cu cea din paragraful amintit;

2) bararea semnifică valori medii pe regim hidraulic experimentat ale mărimilor măsurate sau ale celor direct calculate cu ajutorul acestora.

Având în vedere modul de ancorare (legare) și în conformitate cu sistemul de coordonate ales (xOy , fig.5.14), această forță ($F(S\Sigma)$) se repartizează în mod egal celor două cabluri. În acest context, expresia forței de solicitare al unui cablu de ancoraj ($F_{an}^{(i)}$), funcție de $F(S\Sigma)$ și unghiul director corespunzător (β), este (5.195):

$$F_{an}^{(t)} = \frac{1}{2} |F(S\Sigma)| \cos \beta$$

$$\beta = \arcsin \left(\frac{\sqrt{d_{an}^2 + (H_{an} - h_{ami})^2}}{l_{an}} \right)$$

Prin tematica programului experimental aferent acestui paragraf, forțele de solicitare din cablurile de ancoraj au fost determinate cu ajutorul dinamometrelor ($F_{an}^{(ex)}$), iar cele două metode de determinare ale acestor forțe (teoretică - $F_{an}^{(t)}$ - și experimentală - $F_{an}^{(ex)}$ -) legate între ele, pentru compararea și verificarea modelelor fizic și analitic, prin intermediul relației

$$F_{an}^{(ex)} = \mu_1 \cdot F_{an}^{(t)} \quad (7.36)$$

În același scop, dar mai ales pentru verificarea ipotezelor simplificatoare adoptate la stabilirea relației (5.183), am luat ca bază de comparație pentru $\bar{F}(S\Sigma)$, deci și pentru $F_{an}^{(t)}$, forța hidrostatică rezultantă ce ar acționa asupra tablierului stavilei (pe fațeta amonte cu adâncimea de scufundare a tablierului -p-):

$$F_p = \rho g C'_p p^3; \quad C'_p = \frac{3(b/p) + 2m}{6}$$

și legate între ele prin intermediul relației

$$\bar{F}(S\Sigma) = \mu_2 \cdot F_p \quad (7.37)$$

sau

$$\bar{F}_{an}^{(t)} = \mu_2 \cdot F_{p,an} \quad (7.38)$$

unde

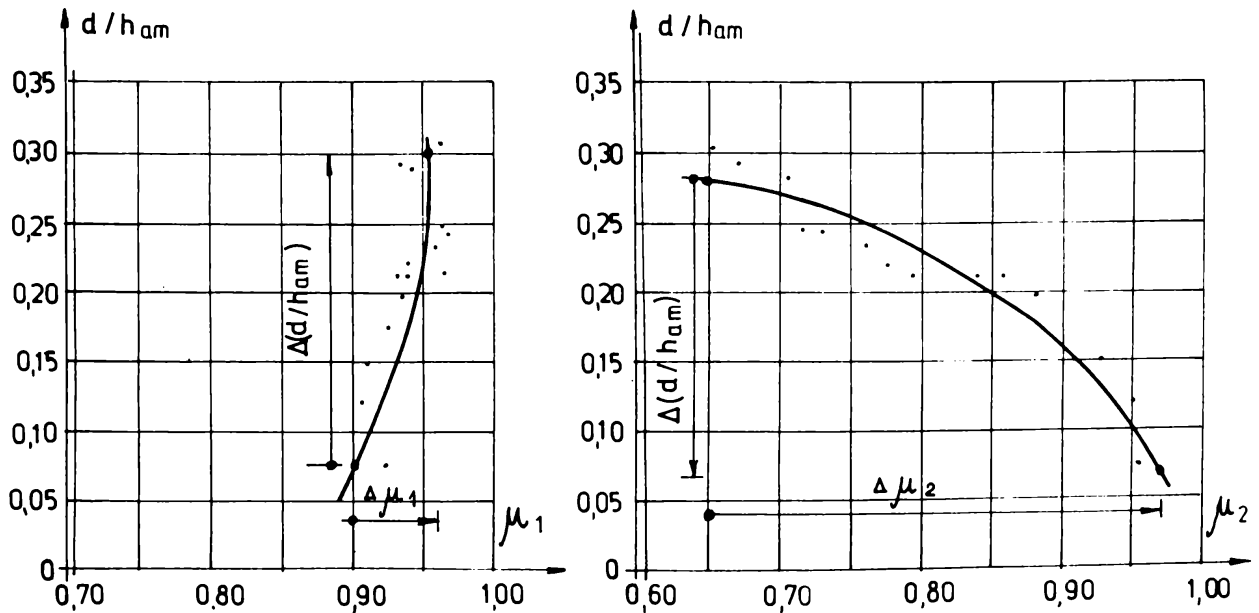
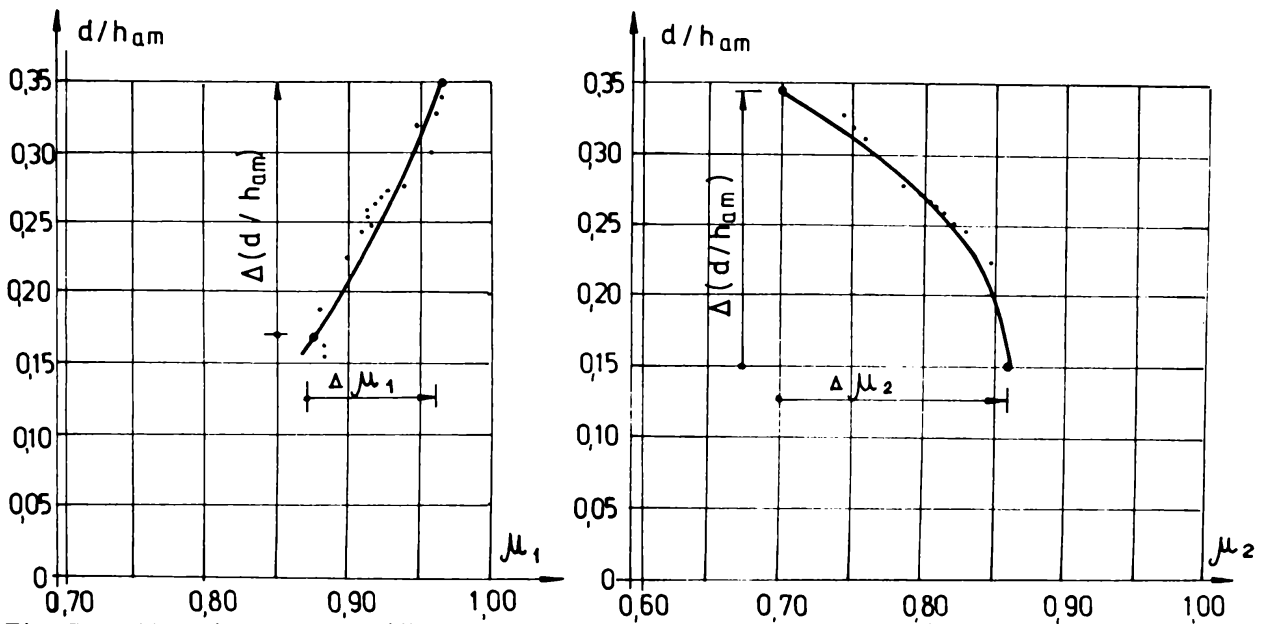
$$F_{p,an} = \frac{1}{2} |F_p| \cdot \cos \beta \quad (7.39)$$

Tehnica experimentală utilizată pentru măsurarea mărimilor aferente acestui studiu (h_{dev} , Q_{tr} , h_{am} , d etc.) s-a compus din deversorul 10 (fig.6.1 și 6.4), setul de piezometre montate pe panoul 18 (fig.6.1 și foto 6.4), limnimetrul R-82 (toate cu destinație similară studiilor din paragrafele anterioare) și în plus dinamometrele legate între cablurile de ancoraj și punctele de ancorare. Dinamometrele au fost utilizate ca și instrumente (de precizie satisfăcătoare) pentru determinarea solicitărilor $F_{an}^{(ex)}$.

Rezultatele măsurărilor și calculelor necesare determinării forțelor F_{an} (t sau ex), efectuate pe baza experimentală de laborator, sunt prezentate (prin valorile medii pe regim măsurat) în tabelul 7.24, iar prelucrarea lor grafică în fig.7.28...7.30)

Tabelul 7.24. SCP-am., măsurători și determinări experimentale (ex.) și teoretice (t), caracteristice forțelor de solcitare din cablurile de ancoraj

Nr. reg (i)	\bar{h}_{am} (m)	\bar{d} (m)	$\bar{Q}_{tr} \times 10^{-3}$ (m ³ /s)	$\bar{F}(S \Sigma)$ (N)	$\bar{F}_{an}^{(t)}$ (N)	$\bar{F}_{an}^{(ex)}$ (N)	μ_1	μ_2	\bar{d}/\bar{h}_{am}	Obs
1	0.225	0.025	12.451	57.0865	25.112	22.246	0.8859	0.8655	0.1511	p = 0,200 m m = 1,0 C _p ' = 0,8333 F _h = 65,3974 N l _{an} = 1,150 m D _{an} = 1,025 m H _{an} = 0,415 m
2	0.258	0.058	23.570	55.5544	24.574	22.133	0.9007	0.8470	0.2248	
3	0.265	0.065	27.023	54.4209	24.100	21.942	0.9104	0.8307	0.2453	
4	0.266	0.066	28.226	53.7155	23.790	21.800	0.9163	0.8200	0.2481	
5	0.268	0.068	28.905	53.6570	23.770	21.754	0.9152	0.8193	0.2537	
6	0.269	0.069	29.586	53.3869	23.655	21.656	0.9155	0.8153	0.2565	
7	0.271	0.071	30.849	52.9157	23.452	21.604	0.9212	0.8083	0.2620	
8	0.273	0.073	31.942	52.5202	23.282	21.512	0.9240	0.8025	0.2674	
9	0.275	0.075	32.975	52.2341	23.163	21.485	0.9276	0.7384	0.2727	
10	0.277	0.077	34.668	51.4267	22.810	21.444	0.9401	0.7862	0.2780	
11	0.286	0.086	39.996	49.7920	22.110	21.272	0.9621	0.7621	0.3007	
12	0.290	0.090	41.996	49.4078	21.951	21.855	0.9501	0.7566	0.3103	
13	0.293	0.093	43.498	49.1199	21.831	20.756	0.9508	0.7525	0.3174	
14	0.297	0.097	45.449	48.8357	21.614	20.705	0.9602	0.7450	0.3266	
15	0.303	0.103	51.428	46.2334	20.571	19.857	0.9653	0.7090	0.3399	
16	0.270	0.020	8.6381	107.811	47.776	44.145	0.9240	0.9552	0.0741	p = 0,250 m m = 1,0 C _p ' = 0,7333 F _h = 112,4011 N l _{an} = 1,150 m D _{an} = 1,025 m H _{an} = 0,415 m
17	0.284	0.034	12.538	107.250	47.614	43.164	0.9065	0.9519	0.1197	
18	0.293	0.043	17.992	104.401	46.401	42.183	0.9091	0.9277	0.1468	
19	0.302	0.052	25.540	100.036	44.506	41.202	0.9258	0.8898	0.1722	
20	0.311	0.061	29.644	99.000	44.084	41.202	0.9346	0.8814	0.1961	
21	0.317	0.067	35.594	96.3940	42.948	40.221	0.9365	0.8556	0.2114	
22	0.317	0.067	40.152	94.3615	42.042	39.240	0.9333	0.8405	0.2114	
23	0.318	0.068	42.347	88.9402	39.631	38.259	0.9654	0.7923	0.2138	
24	0.320	0.070	43.541	87.1501	38.842	36.297	0.9370	0.7766	0.2188	
25	0.326	0.076	45.184	85.2157	38.002	36.297	0.9578	0.7598	0.2331	
26	0.330	0.080	54.386	81.8543	36.511	35.316	0.9673	0.7300	0.2424	
27	0.331	0.081	56.172	80.2233	35.787	34.335	0.9594	0.7155	0.2447	
28	0.351	0.101	72.815	79.0621	35.321	33.354	0.9443	0.7062	0.2877	
29	0.352	0.102	72.640	75.0459	33.526	31.392	0.9363	0.6703	0.2898	
30	0.360	0.110	74.214	72.8820	32.574	31.392	0.9637	0.6513	0.3056	



Analizarea prelucrării rezultatelor cercetărilor (atât analitice cât și grafice), alura dependențelor $\mu_1 = f(d/h_{am})$, $\mu_2 = f(d/h_{am})$ și $F_{an} = f(d/h_{am})$ demonstrează transferul continuu crescător al energiei potențiale de presiune în energie cinetică o dată cu creșterea deschiderii relative a stavilei (d/h_{am}), deci cu creșterea vitezei curentului prin secțiunea de control. De asemenea alura variației forței din cablurile de ancoraj $F_{an}^{(U_{ex})} = f(d/h_{am})$ confirmă ipoteza făcută

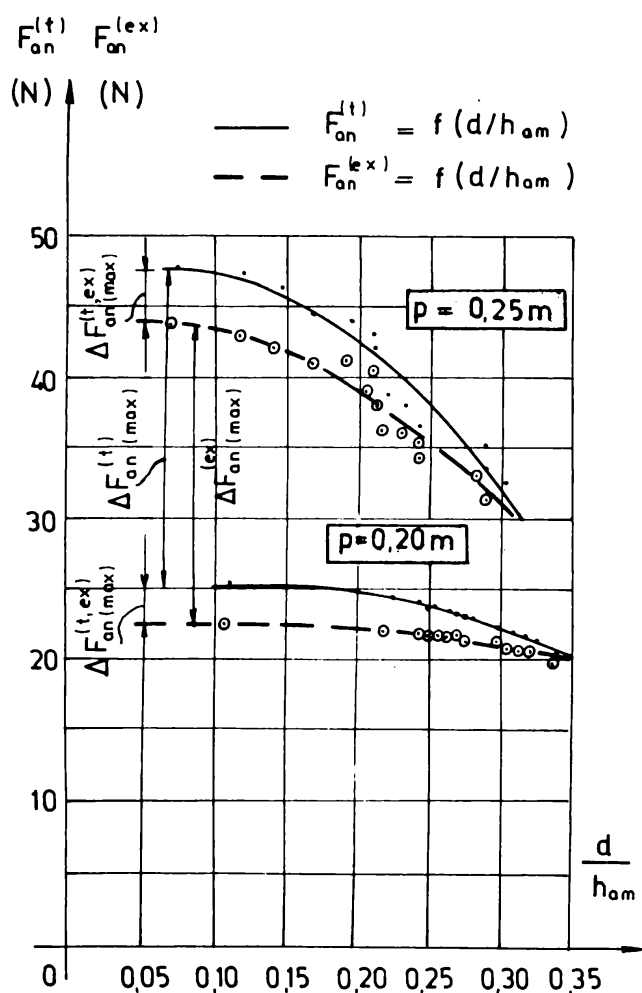


Fig. 7.30. Variația (teoretică - t și experimentală - ex) a forței din cablurile de ancoraj (F_{on}) cu deschiderea relativă (d/h_{om}) și adâncimea de pescaj (p)

tablierului) până la anulare (dacă eventual $h_{av} = h_{am}$).

Evoluția valorică a coeficientului μ_1 descrie desfășurarea transferului energetic, a influenței ipotezei distribuției hidrostatice a presiunilor (pe suprafețele de intrare și ieșire din volumul de control), ipoteză necesară simplificării deducerii relației forței $F(\Sigma)$, deci a $F_{an}^{(t)}$ și a inevitabilelor erori sistematice date de dinamometre. Analiza efectului global valoric al acestui coeficient arată că la creșteri ale deschiderii relative $\Delta(d/h_{am}) = 51,43\%$, coeficientul μ_1 se mărește cu $\Delta\mu_1 = 9,33\%$ pentru $p = 0,200\text{ m}$ și la creșteri $\Delta(d/h_{am}) = 75\%$, coeficientul μ_1 se mărește cu

în capitolul 5 (paragraful 5.2.4), anume F_{an} înregistrează valori maxime în momentul debutului plutirii (d/h_{am} cu valori mici, fig.7.30), deci o dată cu începerea deschiderii tablierului stavilei. Din acest moment, atât timp cât funcționarea în bieful aval se desfășoară cu salt hidraulic liber, F_{an} descreește continuu pe măsură ce deschiderea stavilei crește (Q_r și v sunt în creștere), datorită în principal sporirii transferului energetic amintit. Fără a mai fi necesare cercetări, este evident faptul că o dată cu înecarea saltului hidraulic prin creșterea adâncimii h_{av} (umple rea biefului aval), descreeșterea forțelor F_{an} este și mai accentuată (influența presiunii dată de adâncimea de înecare $h_n = h_{av} - d$ pe fațeta aval a

$\Delta\mu_1 = 5,76\%$ pentru $p = 0,250\text{m}$. Acest fapt marchează apropierea valorică dintre $F_{an}^{(t)}$ și $F_{an}^{(ex)}$, fapt sesizabil și din reprezentarea grafică din figura 7.30

Evoluția valorică a coeficientului μ_2 descrie doar desfășurarea transferului energetic ($F_{an}^{(t)}$ față de $F_{p,an}$). În acest context, creșterea $\Delta(d/h_{an}) = 56,52\%$ conduce la scăderea valorii coeficientului μ_2 cu $\Delta\mu_2 = 18,60\%$ pentru $p = 0,200\text{ m}$ și creșterea $\Delta(d/h_{an}) = 74,55\%$ la scăderea cu $\Delta\mu_2 = 33,33\%$ la $p = 0,250\text{ m}$.

Pentru o analiză calitativă și cantitativă completă a acestor cercetări, importantă de subliniat este și proporționalitatea dintre adâncimea de scufundare (p) a tablierului stavilei și solicitarea cablurilor de ancoraj (F_{an}). Astfel (fig.7.30) creșterea valorică a "p" cu $\Delta p = 0,05\text{m}$ (25%) determină mărirea forțelor F_{an} (față de valorile maxime obținute) cu $\Delta F_{an(max)}^{(t)} = 22,66\text{ N}$ (47,44%) și cu $\Delta F_{an(max)}^{(ex)} = 21,90\text{ N}$ (49,60%).

În fine diferențele valorice maxime dintre $F_{an}^{(t)}$ și $F_{an}^{(ex)}$ sunt $\Delta F_{an(max)}^{(t,ex)} = 2,86\text{ N}$ (11,39%) pentru $p = 0,200\text{ m}$ și $\Delta F_{an(max)}^{(t,ex)} = 3,5\text{ N}$ (7,37%) pentru $p = 0,250\text{ m}$.

**CAPITOLUL 8 CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI PRIVIND
FUNCȚIONALITATEA, TIPODIMENSIUNILE,
DIMENSIONAREA, UTILIZAREA, EXPLOATAREA ȘI
ÎNTREȚINEREA S.C.P.-am (S.C.P.)**

8.1. S.C.P.-am, încadrare funcțională, comenzi (funcțiuni) îndeplinite, mod de lucru (desfășurarea autoreglajului)

În general, stavila cu corpuri plutitoare (SCP) este, după cum a rezultat din cercetările prezentate în capitolele anterioare, un regulator de nivel și debit cu acționare hidraulică continuă, destinată în principal automatizării funcționării rețelelor de canale cu nivel liber. Elementele de acționare și comandă sunt cei doi plutitori, care solidarizați cu tablierul (elementul de execuție) mențin sau reglează parametrii hidraulici caracteristici unei secțiuni de control (biefare). Ca și celelalte regulatoare din categoria sa, SCP:

- utilizează atât în procesul de măsură, cât și în cel de comandă și execuție, chiar energia mediului asupra căruia acționează, adică energia hidraulică;

- elementele de acționare și comandă fac corp comun cu elementul de execuție al reglajului, deci avantajul unui număr redus de legături între subansamble și dispozitive.

Se pot desprinde de aici avantaje (cu caracter general) ale investițiilor reduse și al siguranței sporite în exploatare și întreținere.

În particular, SCP-am este un regulator de nivel și debit, cu acționare hidraulică continuă și comandă din amonte. Așa cum au demonstrat cercetările experimentale (capitolul 7), principalul **rol funcțional** al SCP-am este acela de a menține la valori constante cota nivelului apei în bieful amonte, indiferent de debitul tranzitat prin secțiunea de control, sau de cel al consumatorilor din bieful amonte (F_1). În al doilea rând, SCP-am menține nivelul biefului amonte constant și concomitent poate asigura "cererea" consumatorilor din bieful aval (F_2), dar numai după ce nivelul maxim (caracteristic $Q_{max,c}$) a fost atins în toate biefurile din amonte. De asemenea, dacă nivelul apei în bieful aval corespunzător debitului maxim (adâncimea $h_{av}^{(Q_{max})}$) permite funcționarea cu salt hidraulic liber ($h_{av,A_1}^{Q_{max}} \leq h_{av,A_1}^{(c)}$, unde $h_{av,A_1}^{(c)}$ este adâncimea conjugată adâncimii contractate, $h_c = \psi' \cdot d_i$, toate corespunzătoare punctelor A_i de pe caracteristicile de transport $Q_{tr,i} = f(h_{am,i}, h_{av,i})$, fig.4.2. și 8.3), SCP-am poate asigura tranzitarea unui debit constant (F_3).

Dacă prezența saltului hidraulic nu poate fi asigurată din condițiile de racordare hidraulică a biefurilor, se poate recurge la o soluție constructivă, adică aceea a amplasării unui prag de fund sub tablier (exploatarea zonei O, A_i , vezi fig.4.2. și 8.6).

În fine, ca orice alt regulator de nivel și debit, sau stăvilă în general, SCP-am poate fi utilizat ca dispozitiv de măsură (control) al debitului transportat către o derivație (consumator), dacă sunt alcătuite diagramele de exploatare ("curbe chei"), $Q_{tr} = f(\Delta h = h_{am} - h_{av}; p)$.

De aici rezultă că din punct de vedere funcțional SCP-am poate fi asimilat regulatorului tip AMIL și parțial reglatoarele RHN-1 și STREDOMAP.

Modul de funcționare (autoreglajul) al SCP-am, deci modul de răspuns la "perturbațiile" (modificări ale cerințelor consumatorilor) produse în cele două biefuri este diferit, după rolul funcțional îndeplinit (F)

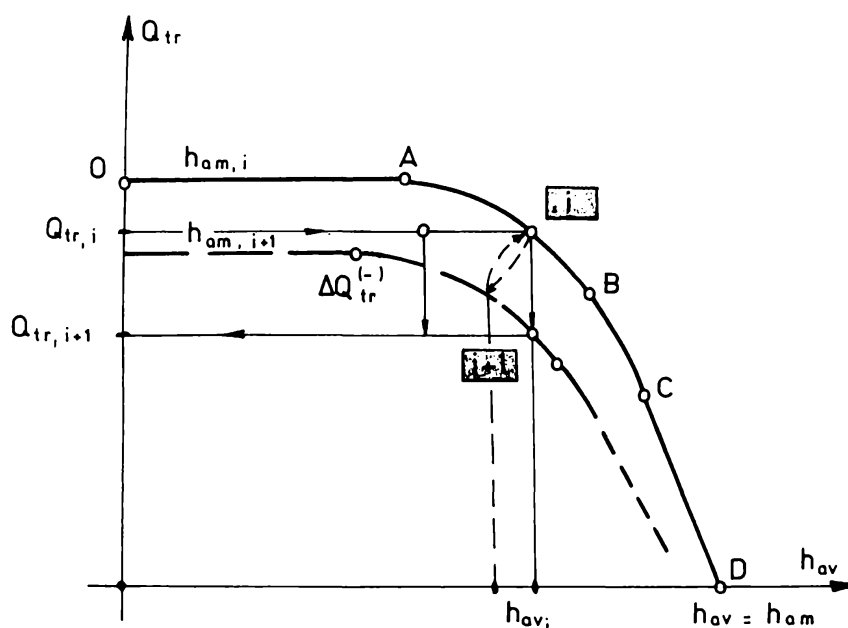


Fig. 8.1.

Astfel pentru **rolul funcțional (F₁)** ($h_{am} = \text{const}$), creșterea consumurilor în bieful amonte ($\Sigma Q_{\text{cons,am}}$) determină scăderea adâncimii apei în acest bief de la valoarea reglată $h_{am,i}$, la valoarea $h_{am,i+1}$, deci înscrierea pe o caracteristică inferioară cantitativ celei reglate ($Q_{tr} = f(h_{am,i+1}; h_{av,i+1})$, fig.8.1). Descreșterea adâncimii h_{am} conduce la scăderea deschiderii (d), deci a secțiunii de tranzit, și de aici, la reducerea debitului tranzitat către bieful aval. Această reducere permite refacerea volumului biefului amonte și deci a adâncimii acestuia de la valoarea $h_{am,i+1}$ la cea de comandă $h_{am,i}$. Invers, reducerea $\Sigma Q_{\text{cons,am}}$ determină creșterea adâncimii biefului amonte. Crește în consecință deschiderea tablîerului (d) deci și debitul tranzitat către bieful aval. Se reduce astfel treptat volumul biefului amonte și se refacă adâncimea la valoarea $h_{am,i}$.

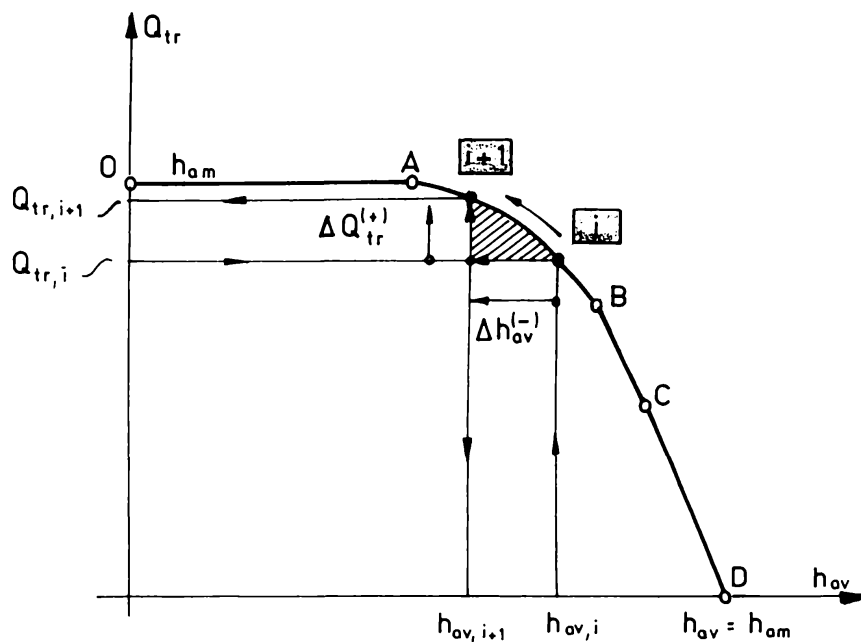


Fig. 8.2.

Pentru **rolul funcțional (F₂)** ($h_{am} = ct$; $\Delta Q_{tr,av}^{(+)}$) creșterea consumurilor în bieful aval ($\Sigma Q_{cons,av}$) produce scăderea adâncimii apei în acest bief (fig.8.2) de la valoarea caracteristică punctului i ($h_{av,i}$), la valoarea $h_{av,i+1}$. Această descreștere, determină creșterea sarcinii stavilei ($\Delta h = h_{am,i} - h_{av,i+1}$; $h_{av,i+1} < h_{av,i}$) și ca atare și a debitului tranzitat către bieful aval (de la $Q_{tr,i}$ la $Q_{tr,i+1}$ cu $\Delta Q_{tr,av}^{(+)}$) ca răspuns cerinței sporite din acest bief. În tot acest timp adâncimea apei în bieful amonte rămâne constant (sau cvasiconstant). Invers, scăderea consumurilor $\Sigma Q_{cons,av}$ produce creșterea adâncimii h_{av} , scăderea sarcinii stavilei (Δh) și în consecință reducerea debitului tranzitat către bieful aval ($\Delta Q_{tr,av}^{(-)}$).

Important de subliniat este faptul că pentru un răspuns corespunzător al SCP-am la aceste perturbații ($\Delta Q_{cons}^{(+,-)}$), debitele consumatorilor din biefurile amonte/aval nu trebuie să depășească prea mult valorile determinate prin proiectare (aferele calculelor de bilanț, 30%). Deci aceste "perturbații" ($\Delta Q_{cons}^{(+,-)}$) nu trebuie să depășească "gabaritul" zonei de autoreglaj, caracteristic tipodimensiunii alese (Zona - ΔQ ; Δh_{av} - delimitată de punctele $A_i B_i$, în fig.4.2, 8.1, 8.2 și 8.3, sau pentru rezolvare modificarea corespunzătoare a adâncimii de scufundare a tablierului -p).

8.2. Proiectarea (dimensionarea) SCP

Proiectarea acestui tip de regulator cuprinde două etape distincte:

1) dimensionarea hidraulică (în regim hidrodinamic), etapă în care se determină tipodimensiunea (B), valoarea deschiderii tablierului (d) și adâncimea de scufundare a acestuia (p);

2) determinarea dimensiunilor tuturor componentelor stavilei (tablîer, plutitori, contra-greutăți) din condițiile de plutire și plutire stabilă (regim hidrostatic), calculul forțelor de solicitare ale cablurilor și bornelor de ancoraj, forțe necesare dimensionării acestora.

Dimensionarea hidraulică, necesită cunoașterea în prealabil a unor parametrii hidraulici și geometrici definitorii pentru rolul funcțional îndeplinit. Astfel pentru rolul funcțional de **regulator de biefare** al canalelor de irigații (CP) cu funcționare automatizată, în sistemul de distribuție cu comandă din amonte, este necesară cunoașterea pentru fiecare bief (n), a:

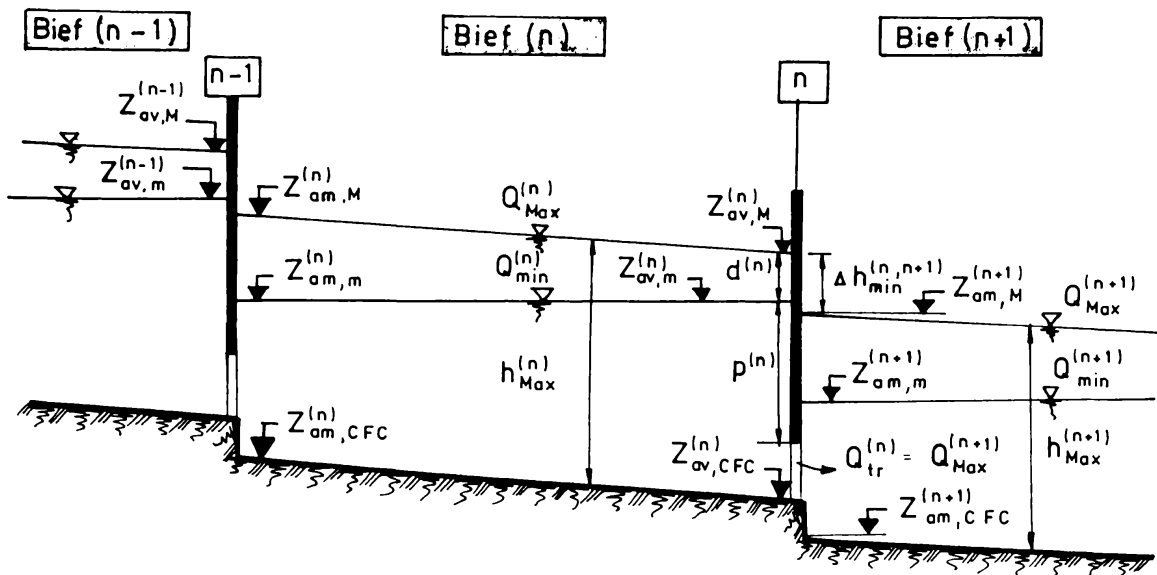


Fig. 8.3.

- debitelor maxime ($Q_{Max,c}^{(n)}$) și minime ($Q_{min,c}^{(n)}$), determinate din calculele de bilanț;
- cotelor amonte (am) și aval (av) ale luciului apei ($Z_{am,M}^{(n)}$, $Z_{av,M}^{(n)}$, $Z_{am,m}^{(n)}$, $Z_{av,m}^{(n)}$) și adâncimile apei în bief ($h_{Max}^{(n)}$, $h_{am,M}^{(n)}$, $h_{am,m}^{(n)}$), corespunzătoare celor două debite menționate anterior și stabilite din calculele de biefare, printr-una din metodele cunoscute în literatura de specialitate (8, 41, 80)
- lățimea radierului canalului ($b^{(n)}$), coeficienții de înclinare ai taluzelor ($m^{(n)}$), panta longitudinală ($i^{(n)}$), perimetrul dalat și soluția de impermeabilizare (rugozitatea).

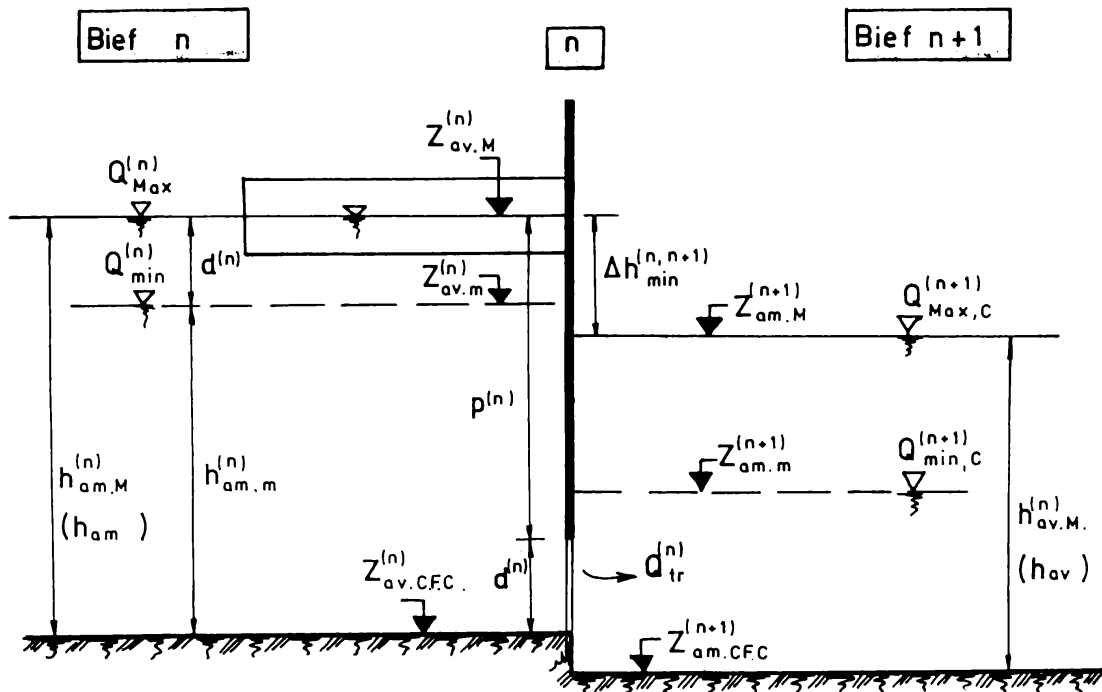


Fig.8.4

Funcție de aceste date, pentru fiecare secțiune de control (n) aferentă biefului (n), se calculează:

- 1) valoarea tipodimensiunii stavilei (B)

$$B^{(n)} = b^{(n)} + 2m h_{am}^{(n)}; \quad h_{am}^{(n)} = h_{Max}^{(n)} \quad (8.1)$$

- 2) pierderea de sarcină minimă, caracteristică debitului maxim tranzitat către bieful aval

$$\Delta h_{min}^{n,n+1} = h_{am} - h_{av} = h_{Max}^{(n)} - h_{Max}^{(n+1)} \quad (8.2)$$

- 3) valoarea maximă a adâncimii de scufundare a tablierului (p), pentru care SCP-am funcționează în zona de autoreglaj (regim hidraulic semiînecat în bieful aval, $h_n/p_0 < 0,80$, zona A_i B_i în fig.8.6)

$$\begin{cases} p \leq 5 \cdot \Delta h_{min} \\ h_{am,M}^{(n)} = p + d; \Rightarrow d = h_{am,M}^{(n)} - p \end{cases} \quad (8.3)$$

- 4) valoarea deschiderii tablierului (d) stavilei care asigură tranzitarea către bieful aval (n+1) a debitului $Q_{tr}^{(n)} = Q_{tr,av} = Q_{Max,C}^{(n+1)}$, corespunzătoare funcționării în zona de autoreglaj, conform relației (dedusă din relația 5.113, specifică regimului semiînecat):

$$d_i^{(n)} = \frac{-(c_1 b^{(n)} + c_2) + \sqrt{(c_1 b^{(n)} + c_2)^2 + 4m Q_{tr}^{(n)}}}{2m} \quad (8.4)$$

unde:

$$c_1 = \sigma_{i,ZI} \sqrt{2gh_{am_0}^{(n)}}; \quad c_2 = 2\mu_{ZII} \sigma_c m \sqrt{2g} \cdot p_0^{1,5}$$

$$h_{am_0}^{(n)} = h_{am}^{(n)} + \frac{\alpha V_{am}^2}{2g}; p_0 = p + \frac{\alpha V_{am}^2}{2g}$$

$$V_{am} = \frac{Q_{Max,c}^{(n)}}{C_{am}(h_{am}^{(n)})^2}; C_{am} = \left(\frac{b^{(n)}}{h_{am}^{(n)}} + m \right)$$

$\sigma_{i,ZI} = f(d/h_{am}^{(n)})$ se determină din grafice de forma celor prezentate în fig.7.9...7.11

$\mu_{ZII} = f(p/d)$ se calculează cu relația (5.99),

$\sigma_c = f(h_{am}^{(n)}, p, d)$ cu relația (5.95)

pentru valori (p,d) egale inițial cu cele determinate din condițiile (8.3), apoi cu cele rezultate din calculul iterativ (p,d) dat de relația 8.4 și verificate cu condiția $h_{am}^{(n)} = p_i + d_i$. Calculul iterativ de determinare a valorilor (p,d) se poate considera încheiat când pentru diferența $\Delta d = |d_{i+1} - d_i|$ se obține o neînchidere $\Delta d_{\%} < 3\%$.

Pentru rolul funcțional de **regulator de nivel și debit aferent unui consumator izolat** (ex.SPP, alimentat dintr-un canal de distribuție), deci pentru asigurarea cotelor de alimentare cerute de ecartul de debite (Q_{Max}, Q_{min}) și al unui debit de tranzit către aval este necesară cunoașterea:

- debitului total al canalului de distribuție (Q_{CD}), al debitelor maxim și minim ale consumatorului ($Q_{Max}^{SPP}, Q_{min}^{SPP}$) și al debitului necesar a fi tranzitat spre aval ($Q_{tr,av}$);
- cotele necesare la luciul apei, corespunzătoare celor două debite ($Z_{O_{Max}^{SPP}}$ și $Z_{O_{min}^{SPP}}$) și ale adâncimilor corespunzătoare debitelor aferente Q_{CD} (h_{CD}) și $Q_{tr,av}$ (h_{av}) în regim permanent și uniform;
- lățimea radierului canalului (b_c), coeficientul de înclinare al taluzelor (m), panta longitudinală a C.D. (i), perimetrul udat și soluția de impermeabilizare (rugozitatea).

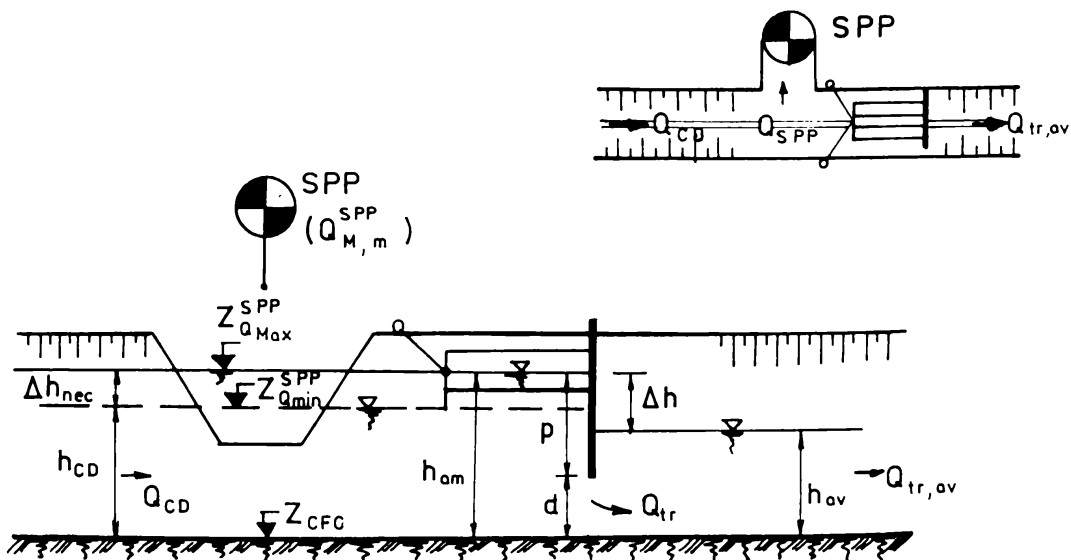


Fig. 8.5.

Funcție de aceste date, dimensionarea SCP-am aferentă acestui caz funcțional, cuprinde următoarele etape:

1) calculul adâncimii în amonte de secțiunea de control (h_{am}) și al supraînălțării cerute luciului apei (Δh_{nec})

$$h_{am} = Z_{Q_{Max}^{SPP}} - Z_{CFC} \quad (8.5)$$

$$\Delta h_{nec} = h_{am} - h_{CD} \quad (8.6)$$

2) calculul tipodimensiunii (B)

$$B = b_c + 2m \cdot h_{am} \quad (8.7)$$

3) alegerea valorii inițiale a adâncimii de scufundare a tablierului (p) și a deschiderii acestuia (d), în condițiile și cu relațiile (8.3);

4) calculul iterativ (relațiile 8.4) și verificarea valorilor (p, d), obținute similar modelului prezentat pentru cazul funcțional anterior (regulator de biefare).

Ca stavilă de biefare (delimitare) a **sectoarelor de udare** ale canalului de alimentare ale brazdelor, adică de automatizare a distribuirii normelor de udare pentru irigația pe brazde, SCP-am trebuie să asigure [41], [60]:

- sarcinile hidraulice ale conductelor de alimentare ale brazdelor, în conformitate cu tipul udării (inițială h_i , deci $h_{am,i} = \text{const.}$ și de regim h_r , deci $h_{am,r} = \text{const.}$, vezi fig.8.11);

- tranzitarea debitelor necesare sectoarelor (biefurilor) aval ($Q_{ir2} = Q_i + Q_u$, respectiv $Q_{ir3} = Q_u$).

Pentru fiecare din cele două sectoare, este necesară cunoașterea din calcule anterioare, ale:

- debitelor de alimentare ale brazdelor pe tipuri de udări (inițială - q_i și de regim - q_r);

- caracteristicilor hidraulice și geometrice ale conductelor de alimentare a brazdelor (coeficientul de debit - μ , diametrul - d_c , aria secțiunii transversale - s , și cota de amplasare față de radierul canalului de alimentare - c_0);

- caracteristicilor secțiunii transversale ale canalului de alimentare (b, m și coeficientul de rugozitate caracteristic soluției de impermeabilizare);

- numărul conductelor de alimentare (n_b) pe sector de udare (lungimea sectorului - l_s), număr dependent de debitul capabil al prizei canalului de alimentare Q_T , deci de condiția:

$$Q_i + Q_r + Q_u \leq Q_T \quad (8.8)$$

$$n_b(q_i + q_r) \leq Q_T - Q_u$$

$$\Rightarrow n_b \leq \frac{Q_T - Q_u}{q_i + q_r} \quad (8.9)$$

și $l_s = (n_b + 1)d_b$

unde d_b , este distanța dintre brazde (conducele de alimentare);

- sarcinile hidraulice ale conductelor de alimentare ale brazdelor (h_i, h_r) din relațiile de debit caracteristice

$$\begin{aligned} q_i &= \mu s \sqrt{2gh_i} \\ q_r &= \mu s \sqrt{2gh_r} \end{aligned} \quad (8.10)$$

Dimensionarea hidraulică a SCP-am, caracteristică acestui caz funcțional, cuprinde următoarele etape:

1) calculul debitelor totale necesare fiecărui sector

$$Q_i = \sum_{j=1}^{n_b} q_{i,j} = n_b q_i \quad (8.11)$$

$$Q_r = \sum_{j=1}^{n_b} q_{r,j} = n_b q_r \quad (8.12)$$

și ale debitelor tranzitate prin secțiunile controlate de SCP-am

$$Q_{tr3} = Q_u$$

$$Q_{tr2} = Q_i + Q_u$$

Obs: valoric, debitul de umplere (Q_u) al biefului din avalul sectorului udării inițiale este dependent de posibilitățile sursei de apă (Q_1);

2) calculul adâncimilor necesare celor două sectoare de udare, amonte de secțiunile de control (lucru) ale stavilelor

$$h_{am,i} = h_i + c_u = p_i + d_u \quad (8.13)$$

$$h_{am,r} = h_r + c_u = p_r + d_i \quad (8.14)$$

Obs: d_u și d_i sunt deschiderile SCP-am care asigură tranzitarea debitelor Q_u și respectiv $Q_i + Q_u$;

3) calculul iterativ al perechilor ($p_i; d_u$) și ($p_r; d_i$) care să asigure ($h_{am,i} = ct, Q_u = Q_{tr3}$) și respectiv ($h_{am,r} = ct; Q_i + Q_u = Q_{tr2}$).

Dimensionarea hidraulică a SCP-am este mult ușurată decă se dispune de diagrame tip $Q_{tr} = f(h_{am}; h_{av}; p)$ sau $Q_{tr} = f(\Delta h)$, (vezi fig.7.25, 8.6 respectiv 7.20, 8.7). Pentru utilizarea acestor diagrame este necesară cunoașterea următoarelor date:

- elementele determinante ale secțiunii transversale a canalului ($b_c = b; m$);
- adâncimile apei în amonte și aval față de secțiunea de control

$$\begin{aligned} h_{am} &= h_{am,M}^{(n)} = h_{Max}^{(n)} \\ h_{av} &= h_{av,M}^{(n)} = h_{Max}^{(n+1)} \end{aligned}$$

- debitul necesar a fi tranzitat către bieful aval (Q_{tr}) prin secțiunea de control,

date adaptate ca notație cazului funcțional urmărit. Funcție de aceste date se poate alege tipodimensiunea (B).

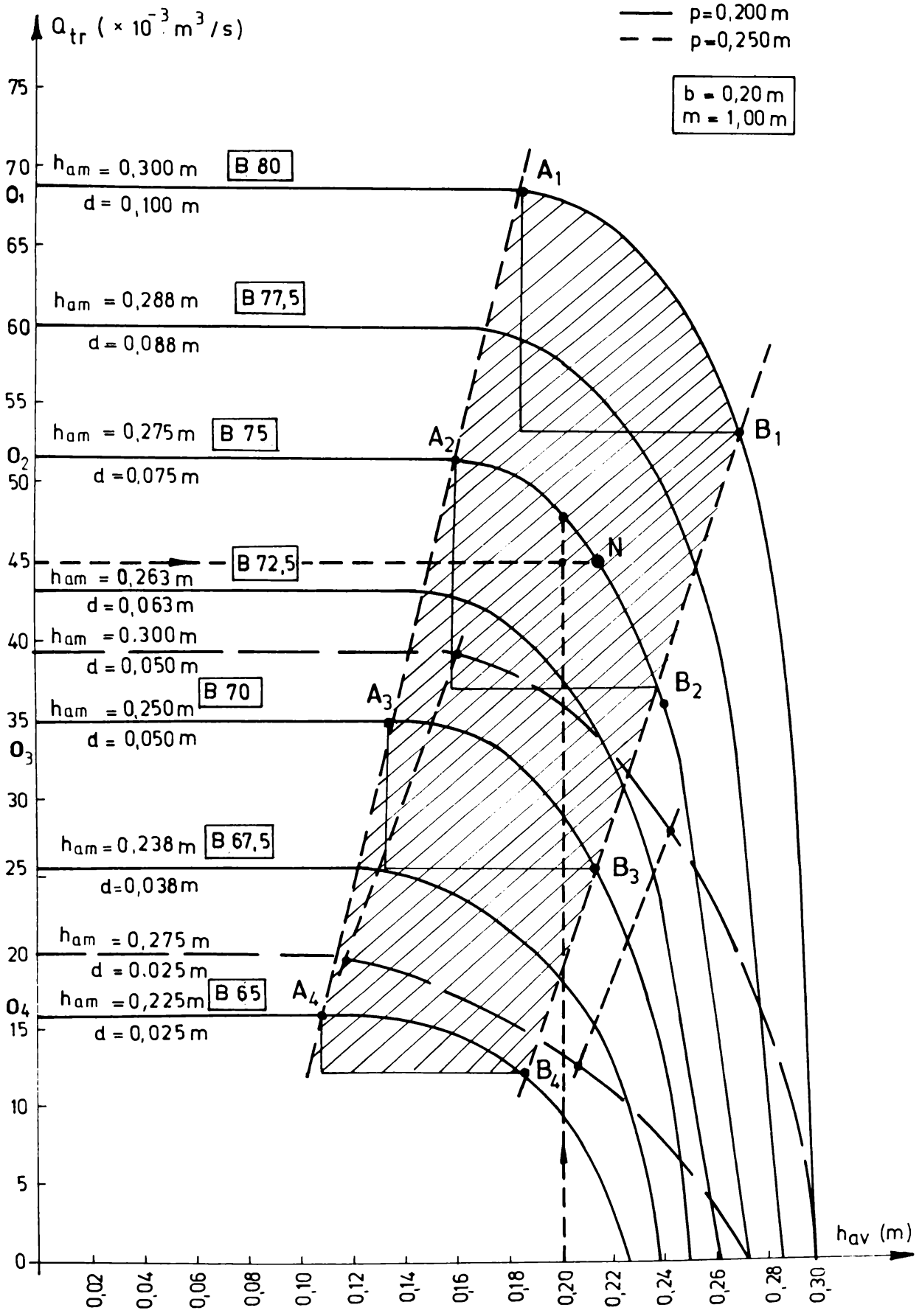


Fig.8.6. SCP-am curve caracteristice ale capacitatii de transport, $Q_{tr} = f(h_{am}, h_{av})$

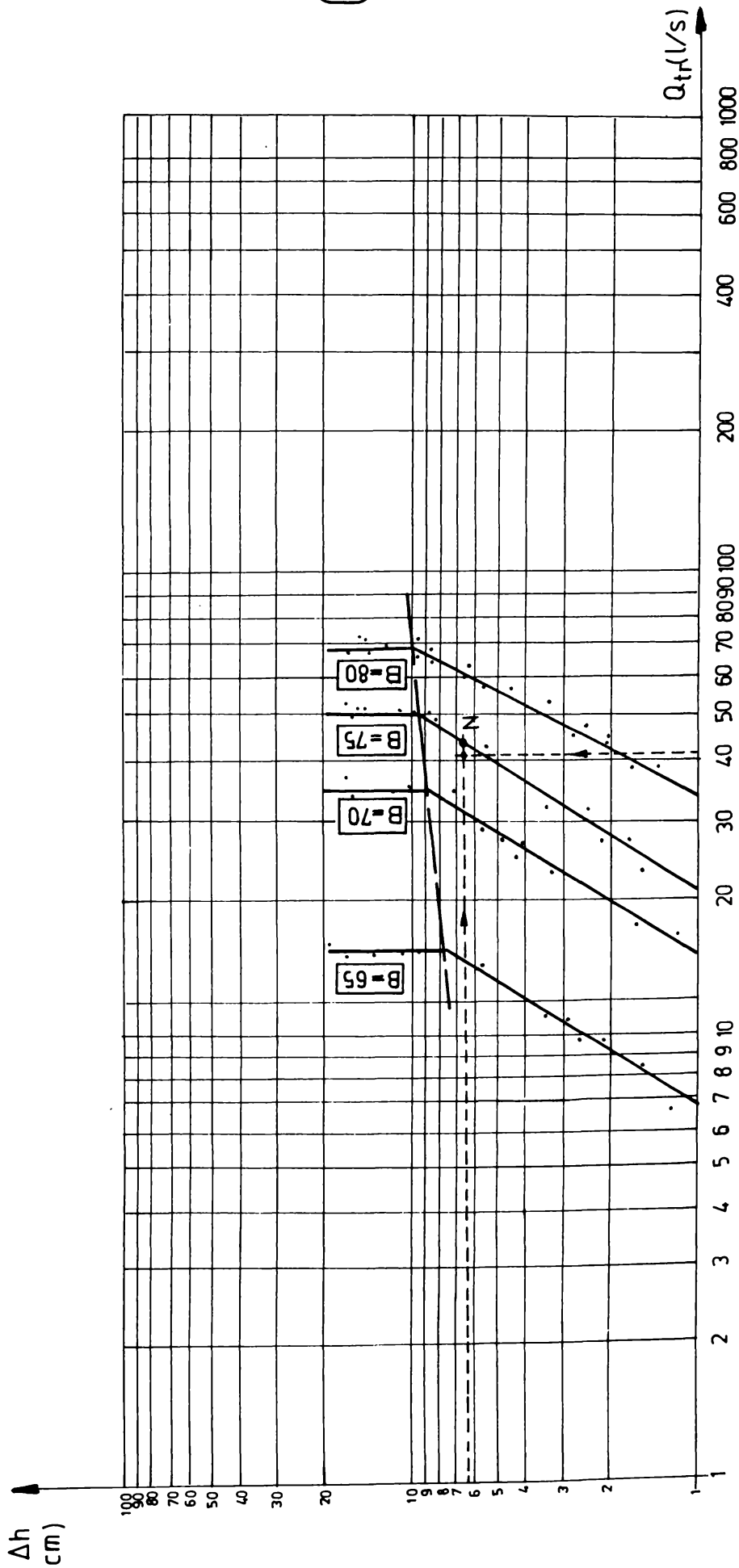


Fig. 8.7. S C P - am ($p = 0,200$ m ; $m = 1,0$), diagramă a capacității de transport, $Q_{tr} = f(\Delta h)$

Utilizarea diagramelor tip $Q_{tr} = f(h_{am}; h_{av}; p)$ se face în conformitate cu schema prezentată în fig.8.6. Important de menționat aici este faptul că alegerea tipodimensiunii este optimă, dacă punctul $N(Q_{tr}; h_{avi})$ înscris pe curba h_{ami} necesară, se găsește în zona de autoreglaj (între punctele $A_i B_i$ - zona hașurată de pe figura menționată). Se obține de aici valoarea deschiderii tablierului stavilei (d_i), care asigură tranzitarea debitului cerut către consumatorii biefului aval.

Utilizarea diagramelor tip $Q_{tr} = f(\Delta h)$ este similară celor ale regulatorului AMIL și chiar celor anterioare (fig.8.6), cu deosebirea că unul dintre parametrii de alegere ai tipodimensiunii este pierderea de sarcină minimă (vezi fig.8.3 și 8.4):

$$\Delta h = h_{am} - h_{av} = h_{am,M}^{(n)} - h_{av,M}^{(n)} = Z_{av,M}^{(n)} - Z_{am,min}^{(n+1)}$$

Pentru o alegere optimă este necesar ca punctul $N(\Delta h, Q_{tr})$ de pe dreapta tipodimensiunii sale să se găsească cât mai aproape de limita superioară, limită marcată de linia întreruptă (fig.8.7, treimea superioară).

Determinarea dimensiunilor constructive ale SCP-am (dimensionarea în regim hidrostatic) preia rezultatele dimensionării în regim hidrodinamic (valorile definitive pentru B, p, d) și stabilește valori pentru:

- tablier (b, H, B_i);
- plutitori (diametrul- D , distanța dintre aceștia- c);
- contragreutăți (diametrul $D_{cg} = D$ și grosimea lor δ_2),

în condițiile realizării plutirii stabile pentru întreg ansamblul SCP. Pentru efectuarea calculului aferente este necesară cunoașterea caracteristicilor hidraulice ale canalului în dreptul secțiunii de control:

- lățimea radierului ($b_c = b$), adâncimea totală a canalului (în terasament - H_c) și coeficientul de înclinare al taluzelor (m);

- adâncimile corespunzătoare debitelor limită ($Q_{Max,c}^{(n)}$ și $Q_{min,c}^{(n)}$), adică $h_{am,M}^{(n)}$ și respectiv $h_{am,m}^{(n)}$ (fig.8.3 și 8.4).

Etapele caracteristice acestei dimensionări sunt următoarele:

1) stabilirea dimensiunilor tablierului (H, b, B_i)

$$H = h_{am,m}^{(n)} + \Delta H \quad (8.15)$$

unde pentru "garda" tablierului se poate accepta valoarea minimă $(\Delta H)_{min} = 0,30m$

$$b = b_c ; \quad B_i = b + 2mH \quad (8.16)$$

2) calculul grosimii contragreutăților (δ_2) cu ajutorul relațiilor (5.12) sau (5.12'), funcție de varianta constructivă (I, II - vezi paragraful 5.1), diametrul acestora fiind impus ca egal cu cel al plutitorilor ($D_{cg} = D$);

3) calculul diametrului plutitorilor (D) din condiția de plutire (relațiile 5.27 sau 5.27', funcție de varianta constructivă -I, II, sau de ipoteza de calcul -a, b, paragraful 5.1) astfel încât adâncimea de pescaj a acestora să fie $H_p = D/2$;

4) calculul distanței dintre plutitori (c , cu relația 5.61) și verificarea stabilității plutirii ($h_M \geq 0$, relațiile 5.29...5.35, funcție de variantă și ipoteză -I, II, a, b-).

8.3. Utilizări practice (locuri de amplasare) ale SCP în cadrul amenajărilor hidrotehnice

Menținerea constantă a nivelului apei în bieful amonte (la cote conforme cu cerințele consumatorilor) pe rețelele de canale ale sistemelor hidroameliorative, și nu numai, se impune în diverse condiții și situații, cum ar fi [8]:

1) conducerea debitelor tranzitate la distanțe cât mai mari, prin sarcina hidraulică astfel creată;

2) evitarea fluctuației debitelor pe derivații datorită fluctuației debitelor (consumurilor) din amonte;

3) menținerea debitelor optime de exploatare în lacurile artificiale și naturale din cadrul acumulărilor de șes;

4) evitarea debordărilor la manevre greșite și furtuni.

În acest context, și în conformitate cu modul de lucru (desfășurarea autoreglajului), cu tipurile de comenzi pe care le poate îndeplini, SCP-am poate fi utilizată pe [99]:

A) rețelele de canale ale sistemelor de irigații, pentru:

1) regularizarea regimului nivelurilor canalelor de distribuție sau alimentare ale S.P.P., prin amplasare pe canalul de aducțiune, imediat în avalul punctelor de priză (noduri)(fig.8.8)

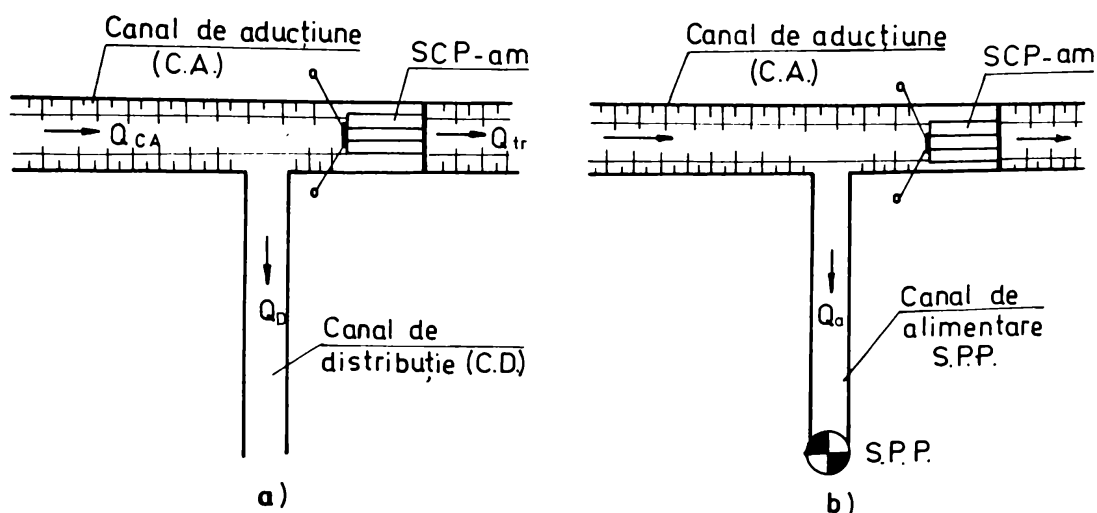


Fig. 8.8.

2) reducerea influenței fluctuațiilor debitelor consumatorilor de pe canale de aducțiune asupra regimului hidraulic al canalelor de distribuție și în același timp a reducerii influenței fluctuațiilor de pe canalele de distribuție asupra regimului nivelurilor de pe aducțiune (rolurile funcționale F_1 și respectiv F_2), prin amplasare atât pe canalul de aducțiune (similar utilizării A_1) cât și pe derivație imediat în avalul punctului de priză al acesteia (fig.8.9);

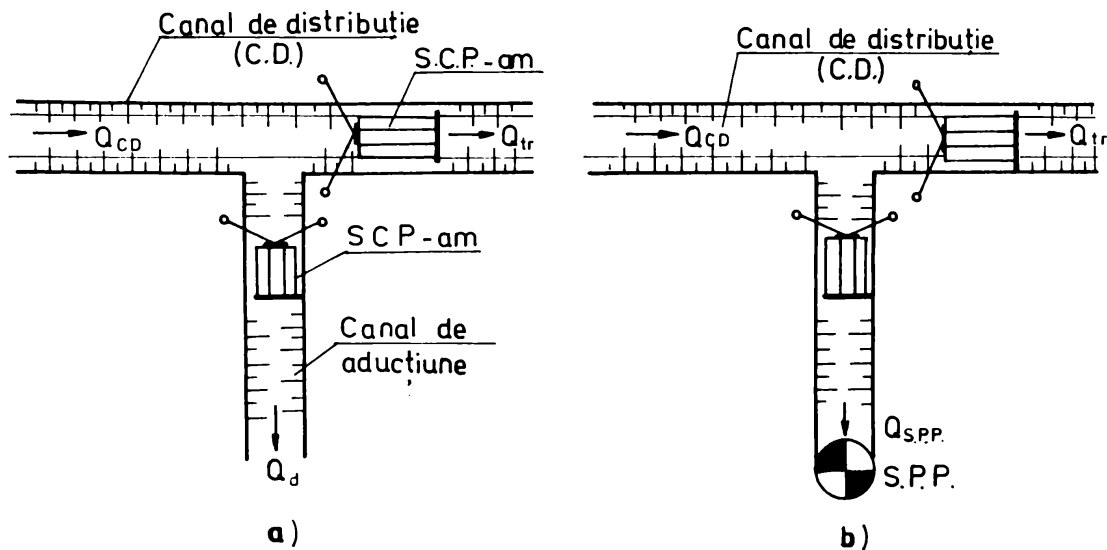


Fig. 8.9.

3) automatizarea funcționării canalelor de aducțiune, prin amplasare în secțiunile de biefare rezultate din calcul (în sistemul de comandă cu distribuție din amonte, fig.8.10);

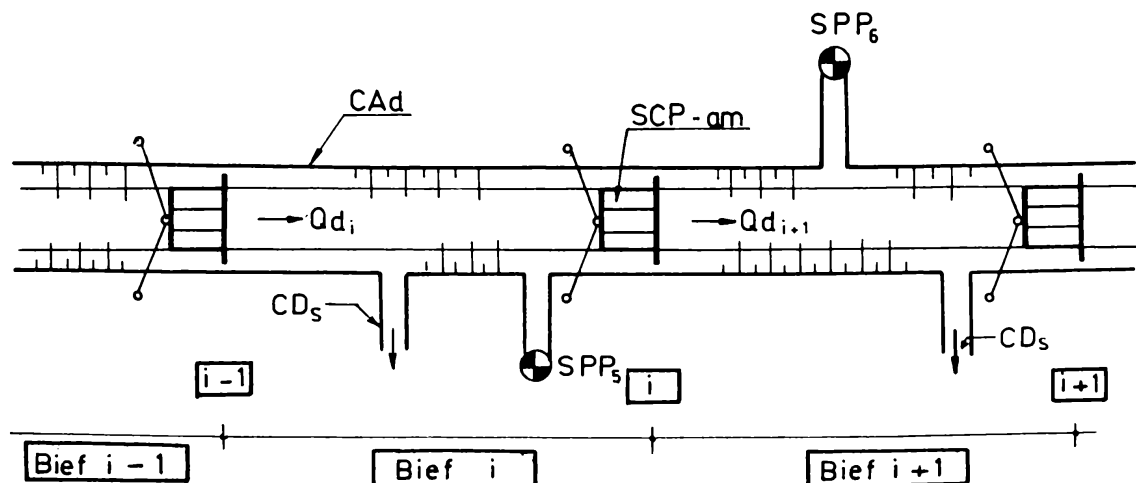


Fig. 8.10 .

4) automatizarea udărilor la irigația pe brazde, prin amplasare pe canalul de alimentare (construit în semirambleu) în secțiunile de delimitare (biefare) ale sectoarelor de udare (fig.8.11)

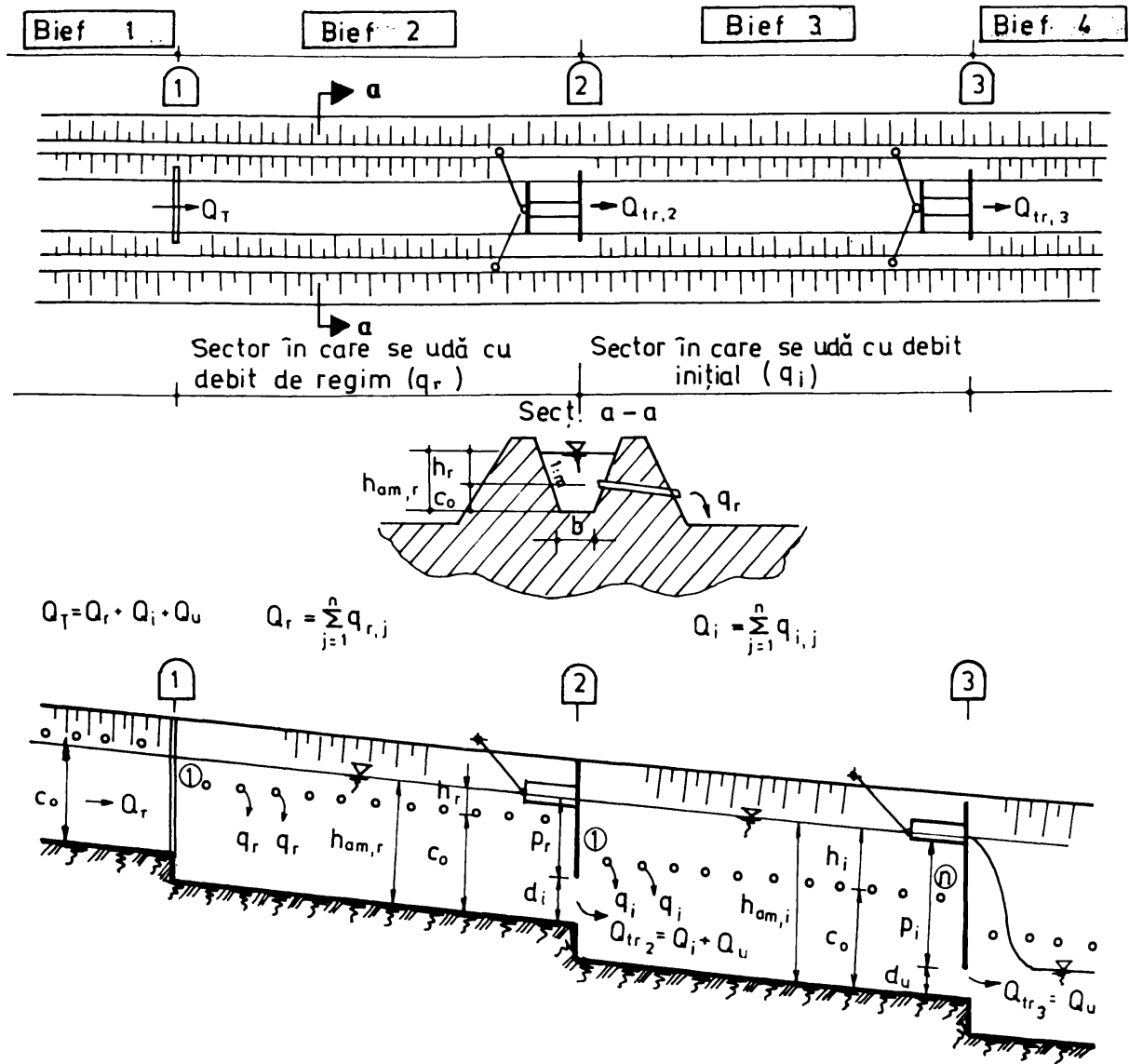


Fig. 8.11.

B) rețelele de canale ale sistemelor de desecare-drenaj pentru:

1) reținerea apelor provenite din colectarea excesului de umiditate (desecare-drenaj), la cote de retenție care să permită utilizarea acestora pentru subirigație sau irigație, în perioadele cu deficit de umiditate, prin amplasare pe canalele secundare (C.S) sau pe cele de desecare (CD, fig.8.12)

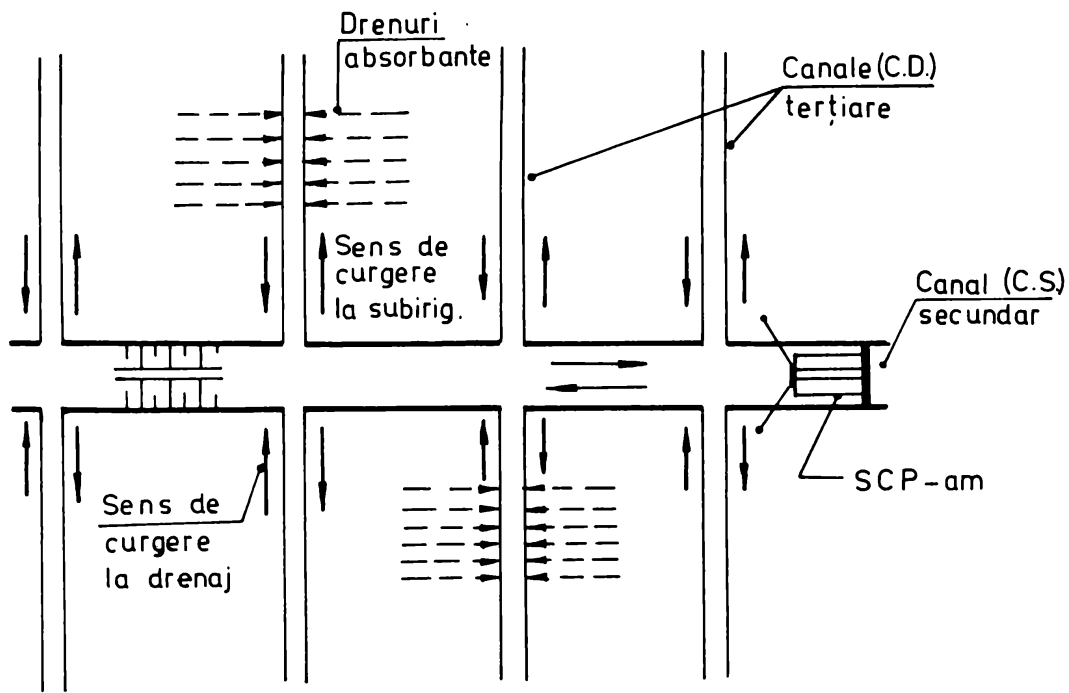


Fig. 8.12 .

Stavila cu corpuri plutitoare mai poate fi utilizată și în alte scopuri, dacă plutitorii se amplasează în bieful aval (SCP-av), sau alternativ amonte/aval (SCP-am/av). Astfel:

c) SCP-av poate fi utilizată ca dispozitiv de protecție al unor construcții hidrotehnice de pe rețelele de canale (SPP, de pe canalele de distribuție), în cazul :

- avariei prizei sistemului (canalului de aducțiune) care are ca și consecință tendința de golire a canalelor din subordine; în astfel de situații SCP-av (sau chiar și SCP-am) amplasate în dreptul fiecărei prize ale canalelor de alimentare ale SPP, îndeplinește rolul închiderii automate ale secțiunilor de priză, evitându-se astfel golirea totală a acestor canale (fig.8.13);

- scăderii consumurilor de pe canalul de aducțiune în avalul prizei canalului de alimentare (distribuție); o astfel de situație are ca efect tendința creșterii nivelului apei pe canalul de aducțiune, deci și a producerii deversărilor dinspre acest canal către cele de ordin inferior; SCP-av amplasate de asemenea în punctele de priză ale distribuțiilor au rolul de preîntâmpinare a acestui efect nedorit prin deschiderea secțiunii controlate (fig.8.13);

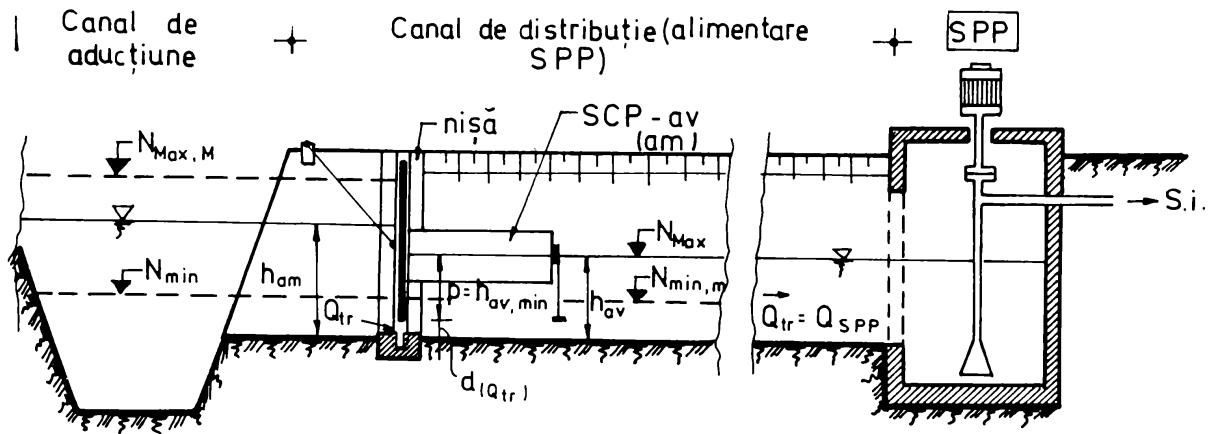


Fig. 8.13.

D) SCP-am/av se poate utiliza de asemenea ca dispozitiv de protecție față de efectele distructive ale apelor mari (viituri) de pe cursurile îndiguite, prin amplasarea în coprul digurilor (fig.8.14) de apărare și delimitare (eventual) ale bazinelor de stocare (acumulare) ale acestor ape; atenuarea undei de viitură și totodată acumularea volumelor de apă suplimentare se realizează prin:

- deschiderea accesului apei către acumulare (SCP-av) la început prin deversare peste tablier, apoi prin tranzitare dinspre râu, odată cu debutul plutirii, la nivele care depășesc cota maximă de asigurare (cota de calcul a coronamentului digurilor);

- închiderea treptată a secțiunii de lucru (SCP-am), deci o evacuare treptată a volumelor de apă acumulate (odată cu scăderea nivelului apei în râu), până la încetarea plutirii (așezarea SCP pe radierul acumulării); se închide astfel total secțiunea de control, reținându-se în spatele tablierului un volum de apă utilizabil diferitelor folosințe (alimentare cu apă a centrelor populate, irigații, piscicultură etc.).

8.4. Considerații privind exploatarea și întreținerea SCP

SCP, SCP-am ca și celelalte reglatoare din categoria sa asigură controlul și reglajul automat al elementelor hidraulice ale secțiunii în care se amplasează, cu "pierderi" de sarcină minime asigurând concomitent și "spălarea" (transportul) depozitelor aluvionare de pe fundul albiei (canalului).

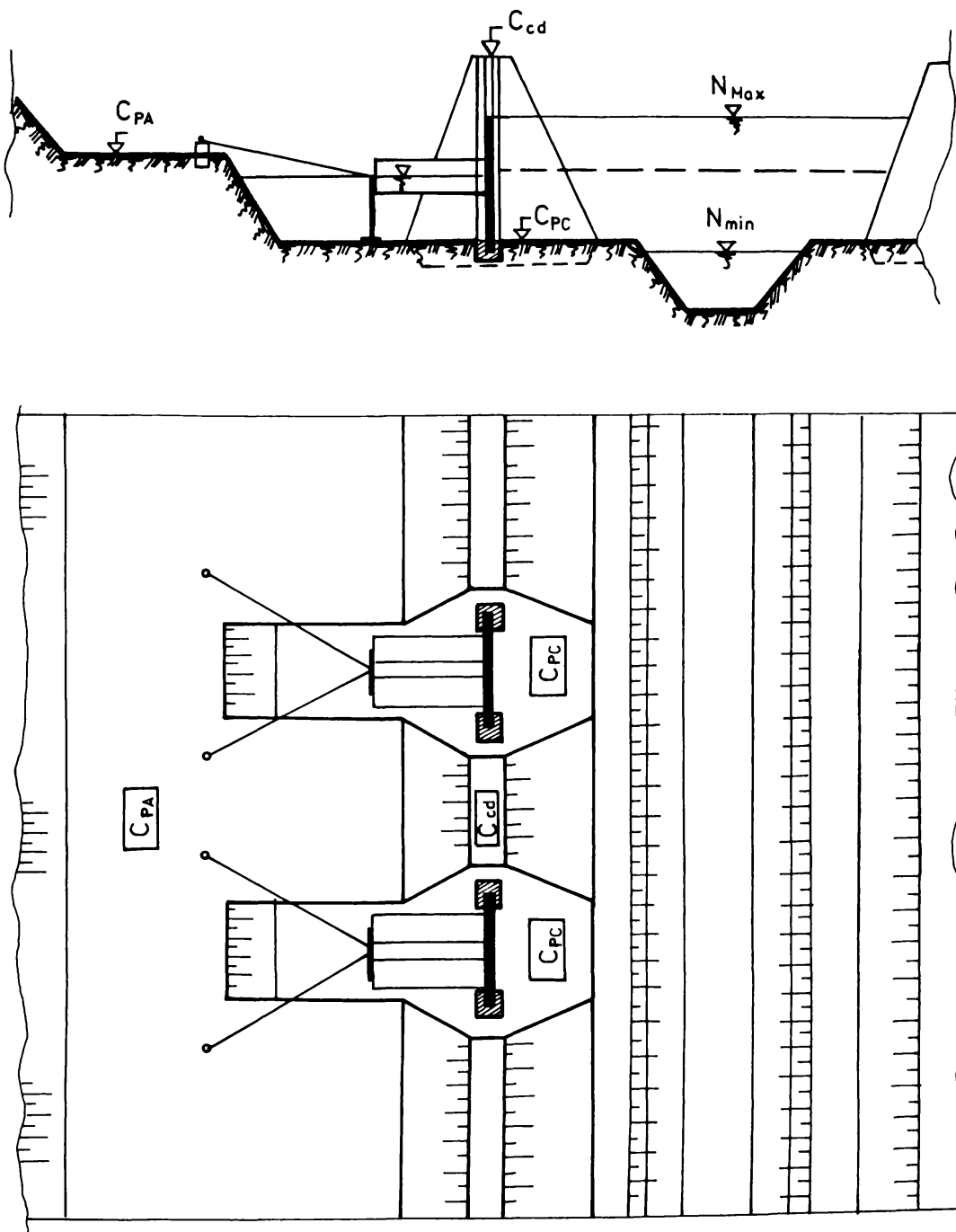


Fig. 8.14 .

Se amplasează transversal pe curentul de apă, în dreptul secțiunii de control (lucru) dorite prin ancorare, poziție din care prin executarea unei curse complete (decrement) a plutitorilor ca răspuns la variațiile de nivel din bieful amonte, poate asigura ecartul de debite tranzitate cuprins

între Q_{Max} (la valoarea maximă a deschiderii -d) și Q_{min} (la poziția aproximativ închisă a tablierului, $d \cong 0$).

Similar regulatorului AMIL, indicele de dimensiune (tipodimensiunea -B) al SCP-am îl reprezintă lățimea la luciul apei, măsurată în dreptul secțiunii de lucru (control) a tablierului. Față de această secțiune, adâncimea caracteristică a apei la $Q_{Max}^{(n)}$ în bieful amonte se va măsura la distanța egală cu $2B$, iar adâncimea apei în bieful aval la distanța $4B$ de aceasta.

În activitatea de **exploatare** este utilă cunoașterea în orice moment a modului de îndeplinire ale comenzilor ce revin SCP. Pentru aceasta, este necesar ca în fiecare secțiune de lucru să fie montate mire hidrometrice, atât în amonte cât și în aval de aceasta la distanțele menționate anterior ($2B$ și respectiv $4B$), să se alcătuiască curbele de funcționare și să se marcheze cotele caracteristice zonei de autoreglaj (punctele A_i, B_i - fig.4.2 și 8.6).

Sistemului de distribuție cu comandă din amonte îi este caracteristic faptul că umplerea biefurilor se realizează din amonte către aval. SCP-am fiind un regulator specific acestui sistem, este important de cunoscut faptul (pentru exploatare) că cerințele consumatorilor dintr-un bief nu vor putea fi asigurate până ce în toate biefurile situate în amonte de acesta nu au fost realizate nivelurile caracteristice debitelor maxime (Q_{max}). Decalarea în transmiterea ordinelor (satisfacerea cerințelor) este condiționată deci și de capacitatea de înmagazinare a fiecărui bief. Invers, oprirea alimentării de la centrul de priză nu este resimțită de consumatorii dintr-un anumit bief până când nivelurile apei din biefurile amonte nu au atins valorile caracteristice debitelor minime (Q_{min}).

Reglajele de detaliu ale SCP-am, au ca scop:

1) obținerea pescajului $H_p = D/2$ (dacă este cazul) și orizontalizarea liniei de plutire prin lestarea corespunzătoare a camerelor de compartimentare ale plutitorilor;

2) găsirea precisă a valorii adâncimii de scufundare a tablierului (p), prin culisarea acestuia, până la obținerea valorii necesare cotei apei în bieful amonte (h_{am}); în consecință se va obține și deschiderea (d) care determină valoric debitul tranzitat către bieful aval corespunzător zonei de autoreglaj;

3) poziționarea planului tablierului normal față de direcția de curgere a apei și suprapunerea (în plan) a axei longitudinale a stavilei cu cea a canalului, prin fixarea corespunzătoare a celor două cabluri pe bornele de ancorare.

Având în vedere simplitatea constructivă și numărul redus de angrenaje, **întreținerea** acestui tip de regulator, nu prezintă probleme deosebite. O întreținere curentă (în timpul perioadelor de funcționare), trebuie să urmărească buna stare de funcționare a componentelor și nemodificarea parametrilor definatorii realizați la montare și reglaj. La sfârșitul perioadei de funcționare (sezonul de irigații spre exemplu), SCP poate fi ridicată de pe poziția de lucru (prin simpla desfacere a cablurilor de pe bornele de ancoraj) și transportată spre sediu pentru efectuarea lucrărilor de întreținere anuală și adăpostire pe timp de iarnă.

8.5. Concluzii

Reluând rezultatele cercetărilor experimentale și concluziile capitolelor anterioare (1, 4, 7 și paragrafele 8.1, 8.2), rezultate și concluzii formulate în contextul tematicii respectivelor capitole, se pot pune în evidență printr-o analiză de ansamblu partiucularitățile constrictive și funcționale ale SCP care o detașează de celelalte regulatoare din aceeași categorie. Astfel, pe lângă **avantajele** comune tuturor regulatoarelor cu acționare hidraulică continuă caracteristice sistemului de distribuție cu comandă din amonte, SCP se detașează prin:

1) controlează o **secțiune de formă trapezoidală care nu necesită modificări de ordin constructiv** față de cea inițială a canalului, cum necesită regulatoarele AMIL, RHN-1 sau AVIS; rezultă de aici avantajul unor investiții de amenajare mult mai reduse; modificări de ordin constructiv ale secțiunii de amplasare pot fi prevăzute, dar numai dacă sunt solicitate în mod special, adică:

- nișa, cu rol de etanșare pe perimetrul secțiunii de lucru, pentru obținerea unei închideri mai bune a acesteia la nivelul caracteristic debitului minim ($Q = 0$);

- pragul de fund, amplasat sub tablierul stavilei pentru menținerea pe întreaga durată de funcționare a saltului hidraulic, dacă se urmărește obținerea cvasiconstanței debitului tranzitat către bieful aval;

2) permite **modificarea** valorii adâncimii de înecare a tablierului (p), deci a **capacității de reglaj** chiar în poziția de lucru, prin simpla culisare a tablierului față de plutitori; se pot astfel modifica parametrii funcționali definatorii ai secțiunii de control (Q_u , h_{am} , Δh) în conformitate cu cerințele consumatorilor; pentru siguranță, este totuși recomandabil ca operațiunea de culisare să se efectueze la valoarea minimă a adâncimii apei în bieful amonte (Q_{min});

3) **inerție redusă** în funcționare și siguranță în exploatare datorită numărului redus de angrenaje active;

4) **independență față de secțiunea de control**, în sensul că poate fi deplasată cu ușurință, prin "navigare" spre aval, într-o altă secțiune de lucru, funcție de necesități, lucru imposibil de realizat cu celelalte tipuri de reglatoare; rezultă de aici posibilitatea reducerii investițiilor aferente regloatoarelor (optim numeric), funcție de necesitățile consumatorilor la un moment dat;

5) **simplitate constructivă**, fapt care conduce la reducerea problemelor de execuție, exploatare și întreținere, deci la eficiență economică, prin:

- posibilitatea execuției SCP chiar și în condițiile micii producții (în atelierele de întreținere ale sistemelor);

- reglaje necesare și lucrări de întreținere curentă puțin pretențioase;

- simplitatea operațiunilor de ridicare din poziția de lucru, de demontare, transport către sedii pentru lucrările de întreținere anuală și adăpostire în perioada sezonului rece.

În același context cu ideile de prezentare ale avantajelor, **dezavantajele** specifice SCP sunt date de:

- 1) consum de metal mai ridicat, dar cu posibilitatea utilizării conductelor metalice de clasate;

- 2) numărul foarte mare al tipodimensiunilor posibile, număr determinat de legarea dimensiunilor tablăului de cele ale secțiunii transversale ale canalului (b, m); de aici rezultă numărul mare al calculelor de proiectare alăturat unei eventuale standardizări (introducere în producția de serie), dar care pentru condițiile tehnicii de calcul de azi nu reprezintă o problemă deosebită.

Ținând seama de rezultatele cercetărilor experimentale, de concluziile rezultate din acestea (cap.7), de modul de răspuns al SCP-am față de diversele situații funcționale analizate (cap.7, 8) și de avantajele particulare față de regloatoarele cu funcțiuni similare, se poate afirma faptul că SCP, dar mai ales SCP-am este un regulator de nivel și/sau debit cu acționare hidraulică continuă, care răspunde corespunzător cerințelor și principiilor automatizării rețelelor de transport ale apei cu nivel liber.

Toate acestea conduc la concluzia finală că SCP-am poate înlocui cu succes regloatoarele AMIL, RHN-1, stăvilarele plane cu oblon, sau se poate utiliza în cadrul sistemelor de irigații proiectate pentru funcționare automatizată (în sistemul de distribuție cu comandă din amonte).

8.6. Aplicarea rezultatelor studiilor și cercetărilor experimentale pentru optimizarea funcționării rețelelor de distribuție și transport gravitațional a apei din cadrul sistemelor de irigații (exemplu de proiectare)

Chiar dacă avantajele pe care le aduce automatizarea sunt bine cunoscute, majoritatea sistemelor hidroameliorative din țara noastră în general, și cele de irigații în particular nu sunt dimensionate și nici echipate cu dispozitive care să asigure funcționarea automatizată, în primul rând datorită lipsei fondurilor necesare și în al doilea rând datorită dificultăților legate de proiectarea acestora sau de nivelul profesional sporit cerut personalului de exploatare și întreținere. În context cu aceste aparente dificultăți, cercetările teoretice și experimentale efectuate prin tematica tezei și materializate prin prezenta lucrare, prin contracte de cercetare științifică sau prin articole publicate în reviste și volumele lucrărilor unor simpozioane naționale, sub semnătura autorului și/sau a colectivului catedrei de Îmbunătățiri Funciare din Timișoara au adus la cunoștința sectorului productiv de specialitate avantajele mari pe care le aduce automatizarea funcționării rețelelor de canale prin utilizarea reguletoarelor de nivel și/sau debit, în general și în particular a SCP-am (avantaje menționate și în capitolele anterioare conform tematicii acestora). Dintre aceste lucrări voi prezenta în continuare, pe scurt, proiectul de cercetare (Grant) nr.4004/1995, tema nr.11, intitulată "Soluții de automatizare ale sistemelor de irigații existente în Banat; sistemul de irigații Șag-Topolovăț, jud.Timiș", care prin tematica sa propune optimizarea (modernizarea) cu cheltuieli minime a funcționării canalului CA₂ prin automatizarea reglajelor nivelurilor și debitelor cu ajutorul SCP-am. Aceasta, pentru că actuala soluție a reglajului este realizată cu stavile plane verticale, cu oblon și acționare electrică sau manuală, soluție care în orice situație este dependentă de existența factorului uman, de conștiința și profesionalismul acestuia. În plus acest proiect de cercetare s-a dorit a fi și un model (informativ) de proiectare pentru rețelele de transport și distribuție a apei destinat viitoarelor amenajări cu utilizarea regulatorului menționat.

Canalul CA₂ legat de canalul CE₃ (prin prelungire) din cadrul sistemului hidroameliorativ (de irigații prin aspersiune și drenaje) Șag-Topolovăț, jud.Timiș asigură transportul gravitațional și distribuția apei necesare ploturilor 6, 7 și 8 ($S_{tot} = 3194$ ha) în următoarea defalcare, pe proprietăți (fig.8.15):

- **plotul nr.6 (SPP-6)**, cu $S_{pi} = 892$ ha
 - S.C."Recaștim" S.A. (67 ha);
 - S.A.A."Topolovăț" (235 ha);

- sector particular (590 ha).
- **plotul nr.7 (SPP-7)** cu $S_{pi} = 928$ ha
 - S.C."Recaștim" S.A. (893 ha);
 - sector particular (35 ha).
- **plotul nr.8 (SPP-8)** cu $S_{pi} = 1374$ ha
 - sector particular (1374 ha).

Lucrările hidrotehnice aferente suprafeței totale ale acestor trei ploturi de irigații cuprind:

1) **priza de captare gravitațională**, amplasată pe malul stâng al canalului Bega din cadrul nodului hidrotehnic Topolovăț, cu un debit capabil de 3,50 m³/s asigurat la nivelul 99,80 mMB (asigurare 80%);

2) **canalul CA₂**, ale cărui caracteristici geometrice și hidraulice sunt prezentate în tabelul nr.8.1 și fig.8.15; legătura dintre priza Topolovăț și acest canal este asigurată prin intermediul unei galerii cu trei fire de conducte prefabricate tip BUCOV (φ 1400 mm), prevăzută în capătul aval cu un disipator de energie; canalul CA₂ asigură alimentarea consumatorilor SPP-6 și SPP-7 și un debit de tranzit ($Q_{tr}^{(3)} = 1,0555$ m³/s) către SPP-8, prin intermediul canalului CE₃;

Tabelul nr. 8.1

Sect. control n	Debit tronson (bief) $Q^{(n)}$ (m ³ /s)	Debit tranzit $Q_{tr}^{(n)}$ (m ³ /s)	$h_{am}^{(n)}$ (m)	$h_{av}^{(n)}$ (m)	$\Delta h_{min}^{(n)}$ (m)	$d^{(n)}$ (m)	$p^{(n)}$ (m)	$b^{(n)}$ (m)	$m^{(n)}$
1 (SPP-6)	2.6999	1.8777	1.740	0.800	0.940	0.0784	1.6616	3.0	2.5
2 (SPP-7)	1.8777	1.0555	1.530	1.090	0.440	0.0669	1.4631	2.0	2.0
3 (SPP-8)	1.0555	0	1.035	-	-	-	-	2.0	2.0

3) **amenajări interioare, echipament mobil, lucrări anexe** pentru întreținere -exploatare, etc.

Având în vedere actuala împărțire pe proprietăți și ca atare variațiile posibile ale consumurilor aferente (în cadrul unui sezon de irigație sau între sezoane), orografia terenului traseului canalului CA₂ și al disponibilităților sursei de apă (canalul Bega) soluția cea mai eficientă de reglare automată a regimurilor nivelurilor și debitelor pe acest canal este dată de utilizarea reguletoarelor cu acționare hidraulică continuă de nivel amonte constant deci în sistemul cu comandă din amonte.

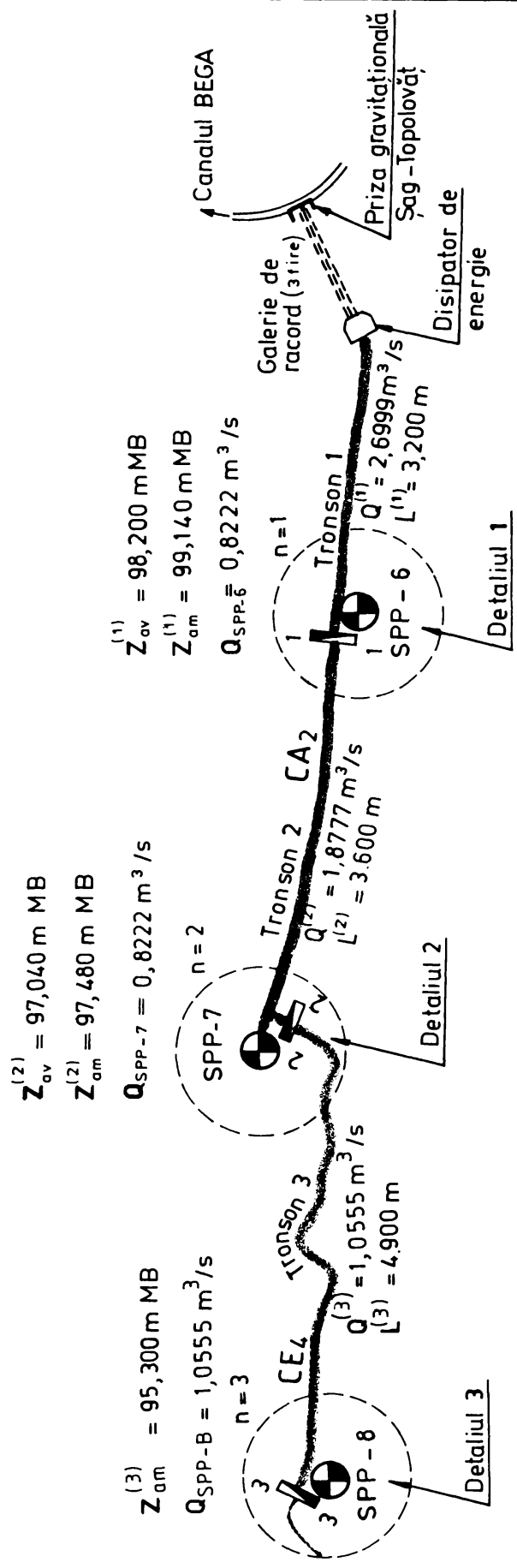


Figura nr. 8.15.

Dintre variantele posibile de înlocuire ale actualei soluții de reglaj cea mai eficientă din punct de vedere economic și hidraulic este cea a utilizării SCP-am adaptată și dimensionată conform cerințelor consumatorilor din biefuri ($n = 3$ biefuri) și condițiile particulare de amplasare (biefare, $n = 2$ secțiuni aferente consumatorilor SPP-6,7). Amplasamentele acestor secțiuni, caracteristicile lor geometrice și hidraulice (elementele de bază ale proiectării) SCP-am, adică $b^{(n)}$, $m^{(n)}$, $h_{am}^{(n)}$, $h_{av}^{(n)}$, $Q^{(n)}$, $Q_{tr}^{(n)}$ obținute din studiile de teren și în baza celor teoretice oferite de proiectare și de regulamentele de exploatare ale ploturilor (6, 7, 8), aferente canalului CA₂ - CE₄ sunt prezentate în fig.8.15, 8.16 și în tab.nr.8.1.

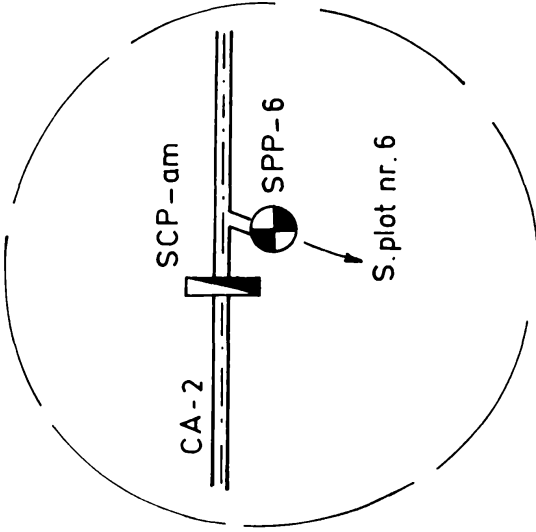
Rezultatele calculelor de proiectare (dimensionare) ale SCP-am funcționând în zona activă (de autoreglaj) pentru secțiunile $n = 1, 2$ și îndeplinind funcțiunea F_2 , sunt prezentate concentrat în tabelele 8.1 și 8.2, prin utilizarea relațiilor:

- (8.1)...(8.7) pentru deschiderea tablierului ($d^{(n)}$) și adâncimea de scufundare a acestuia ($p^{(n)}$), cu valori care asigură îndeplinirea comenzilor ($h_{am}^{(n)} = ct$ și $Q_{tr}^{(n)}$);
- (5.95), (5.99) și graficul din fig.7.11, pentru coeficienții (μ_{z1} , σ_c , $\sigma_{i,z1}$) caracteristici formulei debitului tranzitat în regim semiînecat (zona de autoreglaj);
- (8.15), (8.16) pentru dimensiunile tablierului (H , b , B_i);
- (5.28), (5.29), (5.13'), (5.12) etc. pentru diametrul plutitorilor (D , în condiția $H_p = D/2$) și grosimea contragreutăților (δ_2 , în condiția $D_{cg} = D$), corespunzătoare variantei constructive a₁;
- (5.49)...(5.53), (5.22), (5.61) pentru verificarea stabilității la plutire ($h_M > 0$), de asemenea corespunzătoare variantei constructive a₁;
- (5.183)...(5.195) pentru forța hidrodinamică ($F(S\Sigma)$) ce acționează asupra tablierului, unghiul β și forțele de solicitare ale cablurilor de ancoraj (F_{an}).

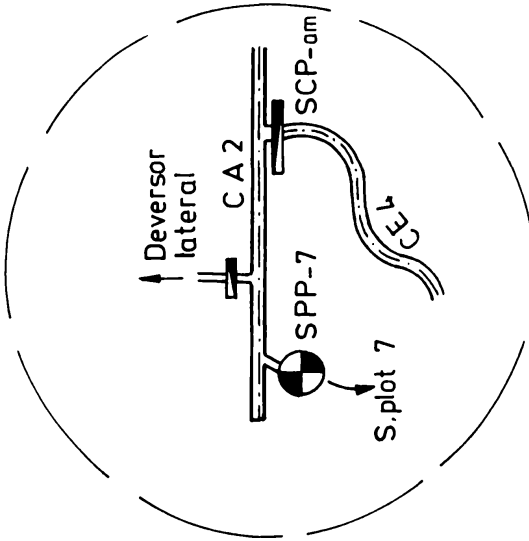
Tabelul 8.2

Sect. control n	Tablier		Plutitori			δ_2 (m)	Dist. met. h_M (m)	F(S Σ) (kN)	F _{an} (kN)	Obs.
	Bt (m)	H (m)	Diametru D (m)		L (m)					
			Calc.	adopt.						
1 (SPP-6)	13.5	2.10	0.6442	0.650	10.00	0.1380	1122.03	82.315	29.545	$d_1 = 5 \cdot 10^{-3} m$ $A_{3R} = 5 \cdot 10^{-4} m^2$ $d_{2an} = 1,00 m$ $\Delta h_{3n} = 0,50 m$
2 (SPP-7)	9.60	1.90	0.5173	0.500	10.00	0.1364	375.26	45.098	15.692	
3 (SPP-8)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Detaliul - 1
Sect. 1-1
Priza SPP - 6



Detaliul - 2
Sect. 2-2
Priza SPP - 7



Detaliul - 3.
Sect. 3-3
Priza SPP - 8

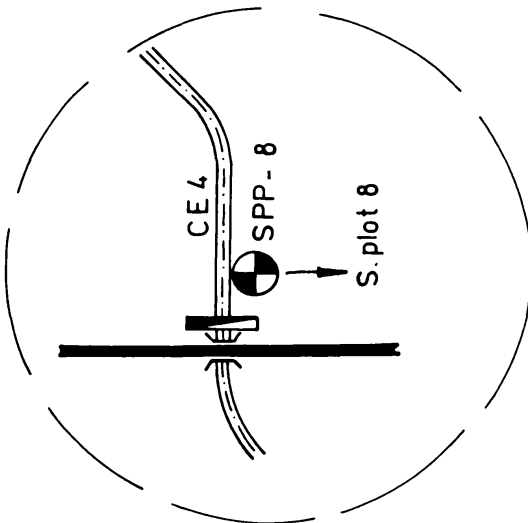


Figura nr. 8.16.

Rezumarea concluziilor și avantajelor pe care le aduce utilizarea SCP-am pentru automatizarea funcționării rețelelor de canale din cadrul sistemelor de irigații, concluzii și avantaje prezentate pe larg în capitolele anterioare și a rezultatelor obținute în cadrul prezentului proiect de cercetare evidențiază avantaje tehnice, economice și sociale, avantaje rezultate în primul rând din randamente funcționale sporite, din inerția redusă în funcționare, capacitatea de reglaj modificabilă chiar în poziția de lucru, independența față de poziția de lucru (biefare), reglaje necesare, exploatare și întreținere mult simplificate față de celelalte reglatoare cu funcțiuni similare. Chiar dacă punerea în aplicare a acestor propuneri implică eforturi economice și tehnice suplimentare, rezultatele finale obținute pe seama automatizării funcționării rețelelor de canale (și nu numai) justifică din plin aceste eforturi.

CAPITOLUL 9 CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII ADUSE PRIN TEMATICA ȘI OBIECTIVELE TEZEI

9.1. Concluzii finale

Teza, prin conținutul ei, aduce în studiu un regulator de nivele și/sau debite (stavila cu corpuri plutitoare - SCP), care prin caracteristicile sale definitorii generale se încadrează în categoria celor cu acționare hidraulică continuă, specifică sistemului de distribuție cu comandă din amonte (tip AMIL). Prin caracteristicile sale particulare, SCP dar mai ales SCP-am, aduce suficiente elemente de noutate pentru a putea fi considerat ca un nou tip de regulator, mai ieftin, mai robust, mai ușor de executat, întreținut și exploatat, comparativ cu celelalte regulatoare din categoria sa, utilizate în prezent și destinat în special automatizării funcționării rețelelor de canale cu nivel liber.

Ca atare, studiile teoretice, cercetările experimentale efectuate, prelucrarea și interpretarea rezultatelor (obținute pe bazele experimentale de laborator și din teren) au urmărit:

a) din punct de vedere teoretic

1) stadiul actual și clasificări ale reguletoarelor de nivel și debit utilizate în țara noastră, comenzile îndeplinite, modul de lucru, caracteristicile hidraulice, modul de alegere (proiectare) ale acestora;

2) clasificări și aspecte teoretice aferente hidraulicii sistemelor de irigații cu funcționare automatizată în contextul tematicii tezei;

3) stabilirea modelelor fizic (hidraulic) și analitic specifice mișcării apei în spațiul de lucru al SCP-am, modelele necesare determinării relațiilor capacității de transport (debitului - Q_v), a "pierderilor" de sarcină (Δh), a forțelor necesare ancorării și ale coeficienților nedeterminați din componența acestora (contractie, viteză, debit, înecare etc.);

4) stabilirea modului de lucru (de răspuns) în fața "perturbațiilor" produse de variațiile consumurilor în biefuri, tipuri de comenzi îndeplinite; găsirea soluției optime de simulare a acestor consumuri;

5) specificarea etapelor caracteristice proiectării (dimensionării) SCP-am;

6) precizarea funcțiilor îndeplinite și în consecință utilizările posibile (locurile de amplasare) în cadrul rețelelor de canale deschise ale sistemelor hidroameliorative sau regularizare ale scurgerilor în albiile râurilor;

7) găsirea celor mai potrivite modalități de analizare cantitativă dar și calitativă ale rezultatelor cercetărilor experimentale;

b) din punct de vedere experimental

1) construcția prototipului SCP și a standului experimental de laborator (în concepție proprie), necesare realizării prin experiment a verificării studiilor teoretice și ridicării nedeterminării valorice a coeficienților caracteristici capacității de transport;

2) proiectarea, realizarea și amplasarea prototipului SCP destinat bazei experimentale de teren (sistem de irigații Pecica, RAIF Arad), în vederea testării și efectuării studiilor comportării acestuia în condițiile funcționale concrete ale unei amenajări;

3) găsirea soluțiilor experimentale optime și a aparaturii auxiliare, necesare realizării programului experimental propus prin obiectivele tezei;

4) determinări aferente preciziei măsurărilor efectuate (ale mărimilor direct măsurabile) și deducerea relațiilor de calcul ale erorilor accidentale pentru mărimile exprimate prin funcții;

c) în contextul colaborării cu sectorul productiv de specialitate (prin activitate contractuală de cercetare științifică - 5 contracte)

1) construcția, amplasarea și studiul SCP-am în cadrul sistemului de irigații Pecica;

2) punerea la punct în aspecte generale a operațiunilor importante legate de activitatea de exploatare și întreținere a SCP;

3) proiectarea SCP-am pentru automatizarea funcționării canalului de aducțiune CA₂ (SPP-6, SPP-7 și SPP-8 din cadrul sistemului de irigații Șag-Topolovăț, RAIF Timiș).

În consecință am procedat la:

1) prezentarea stadiului actual al preocupărilor și realizărilor în domeniul dispozitivelor destinate automatizării funcționării rețelelor de canale cu nivel liber (regulatele de nivel și debit aferente tematicii studiate) ale sistemelor de irigații din țara noastră;

2) analizarea comparativă a funcțiunilor îndeplinite, a etapelor de proiectare, ale avantajelor și dezavantajelor între regulatele consacrate de literatura de specialitate și stavila cu corpuri plutitoare (SCP);

3) analizarea elementelor funcționale specifice SCP (cu caracter de noutate), găsirea modelelor fizic și analitic caracteristice, și ca atare deducerea:

3.1.) relațiilor de dimensionare ale SCP (calculul diametrului plutitorilor) din condiția de plutire și ale celor de verificare a stabilității plutirii (relațiile 5.27, 5.28 ... 5.34, respectiv 5.49...5.58), diferențiate după varianta constructivă (I, II) și ipoteze de calcul (a, b);

3.2.) relației de departajare a regimurilor hidraulice din spațiul aval al tablierului SCP-am, deci a adâncimilor caracteristice de racordare (conjugate) ale biefurilor (curgere liberă sau înecată);

3.3.) relațiilor capacității de transport ale SCP-am, diferențiat după tipul regimului de racordare din spațiul aval (liber, semiînecat, înecat) și ale relațiilor de departajare specifice acestor regimuri (relațiile 5.98, 5.113, 5.137 respectiv 5.77 și criteriile 2.1, 2.2 pag.82); relațiilor coeficienților de contracție, debit și înecare (7.1, 7.5, 5.95, 7.11, 5.99, 5.111, 5.136, 7.18, 7.21);

3.4.) relațiilor "pierderilor" de sarcină pe tipuri de regimuri (liber/înecat) și spații de dezvoltare ale mișcării (plutitori/tablier/racord cu bieful aval), în formă adimensională (relațiile 5.143, 5.145, 5.151, 5.163, 5.163', 5.164, 5.171, 5.174);

3.5.) relației forței hidrodinamice ce acționează asupra tablierului (5.183) și funcție de aceasta a forței de solicitare a cablurilor și bornelor de ancoraj (5.192' și 5.195);

4) organizarea programului experimental conform obiectivelor tezei, pentru:

4.1.) observații cu caracter general și de detaliu asupra modului de desfășurare a curgerii în spațiul de lucru și a modului de îndeplinire a comenzilor specifice SCP-am (față de variații ale consumurilor în biefurile amonte și aval);

4.2.) ridicarea nedeterminării valorice a coeficienților menționați la punctul 3.3 al prezentului capitol, prin măsurători care au permis alcătuirea graficelor de variație ale acestora funcție de mărimi hidraulice determinante în desfășurarea fenomenului (fig.7.2, 7.3, 7.5...7.19);

4.3.) efectuarea măsurătorilor necesare alcătuirii diagramelor caracteristice funcționării SCP-am pentru câteva tipodimensiuni (B), tip $Q_{tr} = f(h_{am}, h_{av}, p)$ și $Q_{tr} = f(\Delta h, p)$, marcarea pe aceste caracteristici a punctelor de delimitare a tipului regimului de racordare cu bieful aval (în mod deosebit a zonei de autoreglaj - regimul semiînecat) și evidențierea influenței calitative și cantitative a valorii adâncimii de scufundare a tablierului (p) asupra principalilor parametri funcționali (Q_{tr} și Δh , fig.4.1, 7.25, 7.26, 7.27, 8.6 și 8.7);

4.4.) efectuarea măsurătorilor necesare evaluării forțelor de solicitare din cablurile de ancoraj, dublate de evaluări teoretice, determinarea coeficienților ce înglobează influența

ipotezelor acceptate (μ_1 și μ_2 din relațiile 7.36 și 7.38), alcătuirea reprezentărilor grafice ale dependențelor caracteristice acestui studiu (fig.7.28...7.30);

4.5.) evaluarea gradului de precizie a măsurărilor experimentale și ale mărimilor calculate cu ajutorul acestora;

5) studii asupra posibilităților de utilizare a SCP în cadrul amenajărilor hidroameliorative (automatizarea funcționării sau optimizarea funcționării acestora) sau de regularizare a cursurilor de apă (paragraful 8.3 și fig.8.8...8.14);

6) stabilirea modului de alegere a tipodimensiunii (B) și a etapelor de proiectare a SCP-am în conformitate cu caracteristicile sale constructive și funcționale:

- analitic, prin utilizarea relațiilor capacității de transport (Q_{tr});
- grafic, prin utilizarea diagramelor tip $Q_{tr} = f(h_{am}, h_{av}, p)$ și $Q_{tr} = f(\Delta h, p)$;

7) stabilirea modului de efectuare al reglajului, a exploatării optime și a operațiunilor principale de întreținere curentă și anuală caracteristice acestui tip de regulator.

9.2. Contribuții, propuneri

9.2.1. Contribuții

Din cadrul prezentei teze, prin tematică și obiective, din studiile teoretice și experimentale efectuate, din rezultatele obținute și interpretarea acestora, din concluziile formulate în capitolele și paragrafele anterioare, se desprind următoarele contribuții personale:

1) **proiectarea și construcția prototipului SCP și a standului de testare experimentală** a acesteia, deci a bazei experimentale de laborator (contract de cercetare științifică nr.180/1988), bază utilă în momentul de față procesului de instruire a studenților din cadrul catedrei de Îmbunătățiri Funciare a Facultății de Hidrotehnică; proiectarea, construcția și amplasarea prototipului SCP-am în cadrul bazei experimentale de teren (sistem Pecica, RAIF Arad, prin contract de cercetare științifică nr.28/1990).

2) stabilirea **modelelor fizic și analitic**, modele necesare studiilor de cercetare calitativă și cantitativă a modului de lucru și a funcțiilor îndeplinite de SCP-am;

3) **deducerea relațiilor** caracteristice SCP-am, pentru:

3.1.) **dimensionarea** organelor de comandă și control (plutitorilor), relații rezultate din condiția generală de plutire, funcție de varianta constructivă și ipotezele de calcul (5.27, 5.28...5.34) și pentru **verificarea** stabilității plutirii SCP (5.49...5.58);

3.2.) **debitul tranzitat** (capacitatea de transport) de către SCP-am prin secțiunea de control funcție de tipul regimului hidraulic de racordare cu bieful aval (liber, semiînecat, înecat

- 5.98, 5.113 și respectiv 5.137) și **departajarea** acestor regimuri (5.77 și criteriile 2.1, 2.2 - pag.82);

3.3.) **coeficienții** caracteristici relațiilor capacității de transport (Q_{tr}), anterior menționate:

- **de contracție** ψ , ψ' și σ_c (7.1, 7.5 și respectiv 5.95);
- **de debit**, pe zone μ_{zI} , μ_{zII} (7.11 respectiv 5.99);
- **de înecare**, pe zone χ_{zI} , χ_{zII} (5.111 respectiv 5.136);
- **global**, de înecare $\sigma_{\hat{\cdot}, zI}$ (7.18) și **global stavilă** $\sigma_{\hat{\cdot}, st, gl}$ (7.21);

3.4.) "**pierderile**" de sarcină, pe zone de dezvoltare și funcție de tipul regimului hidraulic de racordare cu bieful aval, Δh (5.143, 5.145, 5.151, 5.163, 5.163', 5.164, 5.171 și 5.174);

3.5.) **forțele** de solicitare ale cablurilor de ancoraj, F_{an} (5.192' și 5.195), date de acțiunea forței hidrodinamice asupra tablierului, $F(S\Sigma)$ (5.183);

4) **alcătuirea** teoretică și/sau experimentală a **graficelor** și **diagramelor** caracteristice SCP-am, pentru:

4.1.) coeficienții caracteristici relației capacității de transport (Q_{tr}):

- de contracție ψ , ψ' (fig. 7.2, 7.3);
- de debit (μ_{zI}) și globali stavilă ($\mu_{st, gl}$) pentru regimul liber (fig.7.5 pentru $p = 0,200m$ și fig.7.6 pentru $p = 0,250m$);
- de înecare ($\sigma_{\hat{\cdot}, zI}$) și globali stavilă ($\sigma_{\hat{\cdot}, st, gl}$) pentru regimul semiînecat (fig. 7.9 pentru $p = 0,200m$ și fig.7.10 pentru $p = 0,250m$);
- de înecare globali stavilă $\sigma_{\hat{\cdot}, st, gl}$ pentru regimul înecat (fig.7.13 pentru $p = 0,200m$ și fig.7.14 pentru $p = 0,250m$);

4.2.) influența adâncimii de scufundare a tablierului stavilei (p - sarcina hidraulică a zonei II) asupra valorilor coeficienților menționați la punctul 4.1.

- μ_{zI} , (fig.7.7) și $\mu_{st, gl}$ (fig.7.8);
- $\sigma_{\hat{\cdot}, zI}$ (fig.7.11) și $\sigma_{\hat{\cdot}, st, gl}$ (fig.7.12);
- $\sigma_{\hat{\cdot}, st, gl}$ (fig.7.15);

4.3.) influența adâncimii apei în bieful aval (înecării) asupra aceluiași coeficienți

- μ_{zI} și $\sigma_{\hat{\cdot}, zI}$ (fig.7.16 pentru $p = 0,200m$ și fig.7.17 pentru $p = 0,250m$);
- $\mu_{st, gl}$ și $\sigma_{\hat{\cdot}, st, gl}$, (fig.7.18 pentru $p = 0,200m$ și fig.7.19 pentru $p = 0,250m$);

4.4.) "pierderile" totale de sarcină (Δh), sau caracteristicile tip $Q_{tr} = f(\Delta h, p)$, (fig.7.20 și 7.21) și ale influenței adâncimii de scufundare a tablierului (p) asupra valorilor acestor parametri (fig.7.23);

4.5.) caracteristicile capacității de transport tip $Q_{tr} = f(h_{am}, h_{av}, p)$ cu marcarea punctelor de departajare ale regimurilor hidraulice de racordare cu bieful aval și ale zonei de autoreglaj (fig.4.1, 7.25, 8.6) și a influenței consumurilor din bieful aval asupra acestora (fig.7.26-am și fig.7.26-av);

4.6.) evoluția valorică a forțelor de solicitare ale cablurilor de ancoraj pe un ciclu de funcționare și punerea în evidență a influenței ipotezelor simplificatoare (prin coeficienții μ_1, μ_2) acceptate în cadrul modelului analitic (fig.7.28...7.30);

5) **explicarea** cu argumente teoretice și confirmarea prin experiment a **modului de lucru al SCP-am** (fig.4.1, 8.1 și 8.2); influența cantitativă a mărimii adâncimii de scufundare a tablierului (p - mărime de referință reglabilă pentru aceeași tipodimensiune) asupra valorii debitului tranzitat; sublinierea importanței din punct de vedere funcțional și **delimitarea** pe curbele caracteristice de funcționare a **zonei de autoreglaj** (fig.8.6);

6) **precizarea funcțiunilor** îndeplinite de către SCP-am (F_1, F_2, F_3) și SCP-am/av și a **posibilităților de utilizare** ale acestora în cadrul amenajărilor hidrameliorative sau de apărare și prevenire a inundațiilor;

7) **stabilirea**

- **etapelor proiectării** SCP-am diferențiat pe roluri funcționale (paragraful 8.2), atât pentru funcționarea în regim hidrodinamic prin utilizarea relației capacității de transport, caracteristică zonei de autoreglaj (regimul semiînecat de racordare - 5.113), cât și în regim hidrostatic (paragraful 8.2, relațiile 8.15, 8.16 și paragraful 5.1, relațiile 5.27, 5.28 și 5.29...5.35, funcție de varianta constructivă și ipotezele de calcul);

- **modului de alegere** a tipodimensiunii (B) prin utilizarea diagramelor caracteristicilor de transport tip $Q_{tr} = f(h_{am}, h_{av}, p)$ fig. 8.6, sau $Q_{tr} = f(\Delta h, p)$ fig.8.7;

8) **valorificarea** studiilor și cercetărilor efectuate prin realizarea proiectului (contract de cercetare științifică nr.868/1995), în concepția modelului propus în teză a două SCP-am necesare regularizării automate a regimului nivelurilor pe CA-2, în dreptul prizelor SPP-6 și SPP-7 (sistem de irigații Șag-Topolovăț, RAIF Timiș);

9) **încadrarea din punct de vedere funcțional** a SCP între regulatoarele consacrate de literatura și practica de specialitate, **studiul comparativ** (avantaje/dezavantaje) cu acestea și precizarea aspectelor esențiale legate de reglajele necesare, exploatarea și întreținerea SCP-am;

10) publicarea sau comunicarea în reviste, respectiv lucrările unor simpozioane naționale de specialitate a unui număr de 12 articole care cuprind aspecte, preocupări și rezultate din tematica tezei; valorificarea cercetărilor efectuate spre sectorul productiv al hidroameliorațiilor prin elaborarea a cinci contracte de cercetare științifică.

9.2.2. Propuneri de studii și cercetări pentru îmbunătățirea parametrilor funcționali și constructivi ai SCP

Pentru optimizarea parametrilor hidraulici (funcționali), a îmbunătățirii din punct de vedere constructiv și pentru definitivarea impunerii în sectorul productiv de specialitate a SCP, consider ca necesare următoarele studii și cercetări de viitor:

1) studii de evaluare cantitativă a influențelor ipotezelor simplificatoare necesare modelului analitic utilizat asupra relațiilor capacității de transport (Q_{ir}), a pierderilor de sarcină (Δh) și a forțelor de solicitare ale cablurilor de ancoraj (F_{an});

2) cercetări aprofundate în vederea găsirii soluțiilor optime (cazul tipodimensiunilor mari) pentru:

2.1. structura de rezistență a SCP-am și SCP-am/av;

2.2. forma secțiunii transversale a tablierului (tip "segment" sau "burtă de pește" rigidizată cu timpane pentru îmbunătățirea schemei statice a acestuia și a reducerii în consecință a consumului de metal);

2.3. valoarea razei de curbură a muchiiilor de contur ale tablierului pe zona de contact cu apa (pentru îmbunătățirea valorică a coeficienților de contracție ψ' , ψ și σ_c);

3) punerea la punct a programelor de calcul automat necesare dimensionării SCP-am (regulament de proiectare) pe roluri funcționale îndeplinite (F_1 , F_2 , F_3);

4) stabilirea tuturor tipodimensiunilor (B) SCP echivalente gabaritelor uzuale secțiunilor transversale ale rețelelor de canale din țara noastră și pentru fiecare dintre acestea alcătuirea diagramelor de dimensionare tip $Q_{ir} = f(h_{am}, h_{av}, p)$ și $Q_{ir} = f(\Delta h, p)$ în reprezentare adimensională, reprezentare necesară reducerii multitudinii tipodimensionale dictată de valorile mărimilor definitorii ale acestora (b , m) și de posibilitățile de reglare a adâncimii de scufundare a tablierului.

BIBLIOGRAFIE

1. Bandini, A., "Economic problem of irrigation canals", Journal of the irrigation and Drainage Division, vol.92, 1966.
2. Bartha, I., "Regulator hidraulic de nivel tip RHN-1 cu acționare pneumatică", brevet de invenție nr. , 1989.
3. Bartha, I., Sfredel, I., "Regulator de debit cu stavilă plană verticală și oblon mobil acționat de flotor", Rev."Hidrotehnica" nr.7/1990.
4. Beleş, I., "Contribuții la calculul spațial al stăvililor plane", teză de doctorat, I.C. București, 1972.
5. Berar, U., Pricop, Gh., Ionescu, V., "Metode matematice pentru rezolvarea problemelor de irigații", Ed.Ceres, București, 1980.
6. Bernard, F., Tourancheau, A., Bru, A., "Eléments de construction à l'usage de l'ingénieur", Tome 7, "Constructions metaliques, en bois, en béton armé", Paris, Dunod, 1971.
7. Blidaru, V., "Exploatarea sistemelor de irigație automatizate", București, 1974.
8. Blidaru, V., "Sisteme de irigații și drenaje", E.D.P., București, 1976.
9. Blidaru, V., Prepelită, D., Sfredel, I., ș.a. "Lucrări de îmbunătățiri funciare în Delta Dunării", Rev."Hidrotehnica" nr.11/1977.
10. Blidaru, V., Pricop, Gh., Wehry, A., "Irigații și drenaje" EDP, București, 1981.
11. Blidaru, V., Vasian, A., Bartha, I., "Gospodărirea și economisirea apei de irigații prin automatizarea canalelor cu vane tip IEELIF Tulcea", Simpozionul Național "Probleme actuale în gospodărirea apelor", Timișoara, 1982.
12. Blidaru, V., "Scheme hidrotehnice complexe", Editura Tehnică, București, 1986.
13. Blidaru, V., Dobre, V., "Raționalizări în irigații și drenaje în cadrul amenajărilor hidrotehnice complexe", Editura Tehnică, București, 1990.
14. Bogardi, J., "Optimale Ausbaureihenfolge für Systeme von Hochwasserrückhaltebecken", Karlsruhe, 1979.
15. Bouvard, M., "Barrage mobiles et prises d'eau en rivieres", Eyrolles, Paris, 1958.
16. Bradshaw, P., "Experimental fluid mechanics", Oxford - New York - Toronto - Sydney - Braunschweig, Pergamon Press, 1970.

17. Cazacu, E., Dorobanțu, M., Georgescu, I., Sârbu, E., "Amenajări de irigații", Editura Ceres, București, 1982.
18. Cazacu, E., Dobre, V., Mihnea, I., Pricop, Gh.,..., Wehry, A., "Irigații", Editura Ceres, București, 1989.
19. Carlier, M., "Hydraulique générale et appliquée", Paris, 1972.
20. Călin, S., "Regulatele automate", E.D.P., București, 1976.
21. Certousov, M.D., "Hydraulica - curs special", Editura Tehnică, București, 1966.
22. Cioc, D., "Mecanica fluidelor", E.D.P., București, 1967.
23. Cioc, D., "O metodă de calcul a mișcării nepermanente în albiile deschise", Revista "Hidrotehnica" nr.6/1969.
24. Cioc, D., "Hydraulica", E.D.P., București, 1975.
25. Clément, R., "Calcul des débits dans les réseaux d'irrigation fonctionnant à la demande", "La Houille Blanche" nr.5, Paris, 1966.
26. Coman, Gh., Popescu, P., Petrescu, V., "Tehnica măsurării presiunii și debitului", E.D.P., București, 1963.
27. Combes, G., "Quelques réflexions sur l'évolution des systèmes de régulation de débits et des niveaux dans les canaux", "La Houille Blanche" nr.1, Paris, 1968.
28. Dan, E., "Căi navigabile interioare", Litografia I.P.Timișoara, 1980.
29. Dan, E., "Îndrumător de proiectare pentru căi navigabile interioare", Litografia I.P.Timișoara, 1984.
30. David, I., "Hydraulica", vol.I, Litografia I.P.Timișoara, 1990.
31. David, I., "Hydraulica", vol.II, Litografia I.P.Timișoara, 1990.
32. David, I., Man, E., **Orlescu, M.**, Wehry, A., "Automatisation des équipements d'irrigations", "A 16^a conferință regională europeană - ICID", Budapesta, 1992.
33. Davis, C., Sorensen, K., "Handbook of Applied Hydraulics", New York, 1969.
34. Dinescu, C., Săvulescu, B., "Inițiere în matematica aplicată", Editura Albatros, București, 1984.
35. Dubină, D., "Contribuții la perfecționarea metodelor de calcul ale construcțiilor metalice hidrotehnice: stavile", teză de doctorat, I.P.Timișoara, 1986.
36. Fülöp, E., "Régime transitoire en gradin de commande du régulateur de débit en deux voies", Simpozion "Hydraulica sistemelor și automatizări", București, 1984.

37. Gheorghe, G., "Măsurarea debitelor în tehnică", Editura Tehnică, București, 1978.
38. Hâncu, S., ș.a., "Dimensionarea canalelor de aducțiune din sistemele automate de irigație, după metoda bilanțului", Analele I.C.I.F.P., București, 1968.
39. Hâncu, S., "Curs de Hidraulică", Litografia IANB, București, 1976.
40. Hâncu, S., Rus, E., Dan, P., "Automatizarea aducțiunilor de apă din sistemele de irigație. Probleme funcționale, calcule de dimensionare și echipamente", Revista "Hidrotehnica" nr.12/1978.
41. Hâncu, S., Rus, E., Dan, P., Teodoreanu, Gh., "Hidraulica sistemelor de irigație cu funcționare automatizată", Editura Ceres, București, 1982.
42. Hâncu, S., Dan, P., "Quelques problèmes hydrauliques à l'automatisation des canaux d'aduction de l'eau dans le système d'irrigation Corvului", Simpozionul "Hidraulica sistemelor și automatizări", București, 1984.
43. Hâncu, S., Diaconu, S., Dan, P., "Réglage automatique des niveaux de l'eau dans le canal Danube-Mer Noire", Simpozionul "Hidraulica sistemelor și automatizări" București, 1984.
44. Hâncu, S., Popescu, M., Duma, D., Rus, E., Dan, P., ș.a., "Hidraulică aplicată, simularea numerică a mișcării nepermanente a fluidelor", Editura Tehnică, București, 1985.
45. Iacob, C., "Introducere matematică în mecanica fluidelor", Editura Academiei, București, 1952.
46. Iacob, C., "Mecanica teoretică", E.D.P., București, 1980.
47. Ion, M., "Contribuții privind calculul numeric al oscilațiilor în castelele de echilibru cilindrice cu diafragmă și cameră superioară", teză de doctorat, I.P.Timișoara, 1989.
48. Ionescu, B., Alexe, Gh., Găzdoi, A., "Optimizări în lucrările de îmbunătățiri funciare", Editura Ceres, București, 1985.
49. Ionescu Dan, Gh., "Introducere în hidraulică", Editura Tehnică, București, 1977.
50. Kiselev, P.G., "Îndreptar pentru calcule hidraulice", Editura Tehnică, București, 1988 (traducere sub coordonarea prof.dr.doc.S.Hâncu).
51. Kudin, S., "Gidrotehnickeie sooruzenija Izd.2-e pererabotano", Budivelruk, Kiev, 1981.
52. Lencastre, A., "Manual d'Hydraulique generale", Eyroles, Paris, 1961.
53. Lewis, E., Stern, H., "Sisteme automate hidraulice", Editura Tehnică, București, 1968.

54. Loghin, D., Leu, D., Toma, S., Nițescu, E., Pescaru, V., "Regulator hidraulic de nivel amonte pentru canalele deschise", Dosar OSIM 113498-1988, Brevet 91452-1986.
55. Mateescu, Cr., "Hidraulica", E.D.P., București, 1963.
56. Mateescu, D., Caraba, I., "Construcții metalice și proiectarea elementelor din oțel", Editura Tehnică, București, 1980.
57. Michel, J., "Principe de conception des systèmes de comande pour ressources hydrauliques et l'irrigation grace á des techniques modernes", Congresul 11 de irigații și drenaje, Grenoble, 1981.
58. Nicoară, T., "Hidraulică și mașini hidraulice", vol.I, Litografia I.P.Timișoara 1982.
59. Nicoară, T., "Hidraulică și mașini hidraulice", vol.II, Litografia I.P.Timișoara, 1985.
60. Nicolaescu, I., "Contribuții la fundamentarea și aplicarea tehnicii de irigare prin scurgere la suprafață pe brazde lungi", teză de doctorat, IANB, București, 1981.
61. **Orlescu, M.**, "Stadiul actual al instalațiilor cu corpuri plutitoare folosite la reglarea nivelurilor și debitelor pe rețele de canale din cadrul sistemelor hidroameliorative", Conferința Națională "Sistemele hidrotehnice în impact cu mediul", Timișoara, 1991.
62. **Orlescu, M.**, "Considerații asupra modului de funcționare și reglare a unor noi tipuri de regulatoare cu corpuri plutitoare", Conferința Națională "Sistemele hidrotehnice în impact cu mediul", Timișoara, 1991.
63. **Orlescu, M.**, "Considerații asupra pierderilor de sarcină produse de stavile cu corpuri plutitoare". Simpozionul internațional "Protecția mediului - ameliorațiile funciare și folosirea energiei neconvenționale în agricultură", Timișoara, 1992.
64. **Orlescu, M.**, "Considerații asupra rolului funcțional și al unor parametrii caracteristici regulatorului tip SCP-am", Lucrările sesiunii jubiliare de comunicări științifice "75 de ani de la înființarea Școlii Politehnice din Timișoara", Timișoara, 1995.
65. Popa, Gh., "Construcții hidrotehnice pentru îmbunătățiri funciare", vol.I, Litografia I.P. Timișoara, 1978.
66. Popa, O., "Mecanica fluidelor și măsuri hidraulice", vol.I, II, III, Litografia I.P. Timișoara, 1980.

67. Popescu, P., Mihordea, P., "Măsurarea debitului în tehnică", Editura Tehnică, București, 1969.
68. Popovici, P., Chira, O., "Rezolvarea numerică a ecuațiilor neliniare", Editura Signata, Timișoara, 1992.
69. Prepelită, D., Blidaru, V., "Contribuții privind automatizarea complexă a sistemelor de irigații teritoriale de tip gravitațional", sesiunea jubiliară a Institutului Politehnic din Iași, Iași 1988.
70. Press, H., "Wehre.2, erweiterte Auflage", Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1959.
71. Pricop, Gh., ș.a., "Metode de irigare", Editura Ceres, București, 1971.
72. Priscu, R., "Construcții hidrotehnice", vol.I, E.D.P., București, 1982.
73. Roșu, T., "Construcții metalice hidrotehnice, partea a 2a, stavile", Litografia I.P.Timișoara, 1966.
74. Rumisiski, L.Z. "Prelucrarea matematică a datelor experimentale", Editura Tehnică, București, 1974.
75. Sahazian, L., "Sisteme economice pentru realizarea construcțiilor metalice". Sinteză documentară", CDCAS, București, 1973.
76. Schwartzkopff, S., "Possibilités d'amélioration et de modernisation des systèmes existants d'irrigation et de drainage", Congresul 11 de Irigații și Drenaje, Grenoble, 1981.
77. Sfredel, I., "Contribuții la studierea și stabilirea unei scheme optime de automatizare a sistemelor de irigații deschise din zona complexului de lacuri Razelm-Sinoe", teza de doctorat, I.P.Iași, 1991.
78. Vasian, A., Bartha, I., Popia, A., Porfir, C., "Scheme constructive și funcționale ale reguletoarelor hidraulice de nivel tip Tulcea", Revista "Hidrotehnica" nr.7, 1988.
79. Vâlcovici, V., Bălan, Șt., Voinea, R., "Mecanică teoretică", Editura Tehnică, București, 1968.
80. Wehry, A., "Sisteme de irigații cu funcționare automatizată", Litografia I.P. Timișoara, 1980.
81. Wehry, A., Man, E., **Orlescu, M.**, Kleps, C., "Parametrii funcționali ai stăvilărilor automat RHN", Simpozionul "Soluții eficiente în proiectarea și execuția structurilor", ICCPDC, Timișoara, 1986.

82. Wehry, A., Man, E., Kleps, C., "Parametrii constructivi și funcționali ai stăvilărilor flexibili autoreglabili - IEELIF Arad", Revista "Hidrotehnica" nr.3, 1987.
83. Wehry, A., Man, E., **Orlescu, M.**, "Experimentarea unor noi tipuri de regulatoare hidraulice pentru îmbunătățirea distribuției apei pe rețeaua de canale deschise pentru irigații și drenaje", Sesiunea de referate și comunicări științifice "Cercetări de irigații și drenaje", ICITID Băneasa-Giurgiu, 1987.
84. Wehry, A., Man, E., Kleps, C., "Rezultate ale cercetărilor efectuate în vederea omologării seriei zero a regulatorului de nivel tip IEELIF Tulcea", Revista "Hidrotehnica" nr.7/1988.
85. Wehry, A., David, I., Man, E., **Orlescu, M.**, "The design of surface - subsurface drainage and sub-irrigation reversible projects and some experimental results obtained in Romania", "15-th European Regional Conference on Agricultural Water Management", Dubrovnik, 1988.
86. Wehry, A., Man, E., **Orlescu, M.**, "Stăvilărilor automatizate hidraulice pentru reglarea nivelurilor în canale", "A 5a Conferință Națională de Construcții Metalice", Timișoara, 1988.
87. Wehry, A., **Orlescu, M.**, "Mod de abordare al calculului pierderilor de sarcină produse de stăvilărilor cu corpuri plutitoare", Simpozionul Internațional "Protecția mediului - ameliorările funciare și folosirea energiei neconvenționale în agricultură", Timișoara, 1992.
88. Wehry, A., David, I., Man, E., **Orlescu, M.**, Kleps, C., "Corpuri plutitoare autoreglabile utilizate pentru asigurarea debitelor conform cererii, pe canale", Revista AIFCR, nr.2/1993.
89. Wehry, A., David, I., Man, E., **Orlescu, M.**, "Reglarea nivelurilor și debitelor pe canalele de irigații și desecări cu ajutorul corpurilor plutitoare trapezoidale autoreglabile", Revista "Hidrotehnica", nr.3/1993.
90. Wehry, A., Man, E., Kleps, C., **Orlescu, M.**, Eleș, G., "Program de stocare și evidență a datelor privind echipamentele de reglare și distribuție a apei pe canalele de irigații și desecare", Revista "Hidrotehnica" nr.1/1994.
91. Wess, J.G., "Abfluss und Wasserstandssteuerung in offenen Gerinnen mit Hilfe Selbst-regulierender Schwimmerkörper", "Technische Berichte über ingenieurhydrologie und Hydraulic" nr.4/1987, Institut für Wasserbau, Technische Hochschule, Darmstadt.

92. Wickert, G., Schmauser, G., "Stahwasserbau. Theorie Konstruktive Lösungen Speziale Probleme", Berlin-Heidelberg-New York, Springer, 1971.
93. * * * "Vana de nivel constant tip T", proiect nr.2327, contract nr.2327/2adB, MAIAA-ISPIF, București, 1973.
94. * * * "Vana de nivel constant tip D", proiect nr.2328, contract nr.2328/2adA, MAIAA-ISPIF, București, 1973.
95. * * * "Studii pentru îmbunătățirea regulatorului hidraulic de nivel realizat de IEELIF Tulcea", referat CCS nr.17/1989-1992, I.P.Iași, Fac.de Hidrotehnică.
96. * * * "Studiul reținerii apei pe canale de irigații prin construcții flexibile", contract de cercetare științifică nr.49/23.02.1985, Timișoara, 1986.
97. * * * "Experimentarea unor noi tipuri de regulatoare hidraulice pentru îmbunătățirea distribuției apei pe rețeaua de canale deschise pentru irigații și desecări", contract de cercetare științifică nr.85/05.03.1986, I.P.Timișoara, 1987.
98. * * * "Variante constructive și funcționale la un nou tip de stăvilă plutitor pentru canalele de irigații și desecări", contract de cercetare științifică nr.180/21.11.1988, I.P.Timișoara, 1990.
99. * * * "Studiul utilizării reguletoarelor de nivele și debite - corpuri plutitoare - în condiții de exploatare", contract de cercetare științifică nr.28/23.04.1990, I.P.Timișoara, 1990.
100. * * * "Procedee de stocare a datelor privind reguletoarele de nivele și debite pe canalele de irigații și desecare", contract de cercetare științifică nr.44/13.04.1993, I.P.Timișoara, 1994.
101. * * * "Etalonarea construcțiilor de artă ca debitmetre și colmatarea canalelor în sistemele de irigații", contract de cercetare științifică nr.104/1995, I.P.Timișoara, 1995.
102. * * * "Soluții de automatizare ale unor sisteme de irigații în Banat", proiect de cercetare științifică (Grant) nr.868/1995, tema nr.11, I.P.Timișoara, 1995.
103. * * * "Randamentul sistemelor de irigații în actualele condiții de proprietate asupra pământului, în Banat", proiect de cercetare științifică (Grant) nr.871/1995, tema nr.12, I.P.Timișoara, 1995.

CUPRINS

Capitolul 1. INTRODUCERE

1.1. Generalități asupra sistemelor hidroameliorative (îmbunătățiri funciare), rolul și locul automatizării acestora; perspective ale dezvoltării hidroameliorațiilor, studii și preocupări similare cu tematica tezei în România.	3
1.2. Necesitatea și oportunitatea studiului propus prin tematica tezei	10
1.3. Obiectivele tezei de doctorat	13

Capitolul 2. CONSIDERAȚII ASUPRA MODALITĂȚILOR DE CONTROL (REGLARE) A NIVELELOR ȘI DEBITELOR PE REȚELELE DE TRANSPORT ȘI DISTRIBUȚIE CU NIVEL LIBER DIN SISTEMELE HIDROAMELIORATIVE

2.1. Generalități asupra sistemelor automate, sisteme hidroameliorative și sisteme de irigație cu funcționare automatizată; locul și rolul reguletoarelor de nivel și debit pe rețelele de transport și distribuție cu nivel liber	14
2.2. Clasificări ale reguletoarelor de nivel și/sau debit, generalități asupra reguletoarelor cu acționare hidraulică	15
2.3. Tipuri de reguletoare de nivel și debit; funcțiuni, descriere, relații analitice și caracteristici de funcționare	16
2.3.1. Reguletoare de nivel cu acționare hidraulică	17
2.3.1.1. Reguletoare de nivel cu acționare hidraulică și comandă din amonte ...	17
2.3.1.2. Reguletoare de nivel cu acționare hidraulică și comandă din aval	25
2.3.1.3. Reguletoare de nivel cu acționare hidraulică și comandă mixtă (am/av)	32
2.3.2. Reguletoare de debit cu acționare hidraulică	35
2.4. Concluzii	41

Capitolul 3. CONSIDERAȚII ASUPRA HIDRAULICII REȚELELOR DE TRANSPORT ȘI DISTRIBUȚIE A APEI, CU NIVEL LIBER, ALE SISTEMELOR HIDROAMELIORATIVE CU FUNCȚIONARE AUTOMATIZATĂ

3.1. Considerații generale	43
3.2. Ecuațiile caracteristice mișcării apei în rețelele de transport și distribuție cu nivel liber și funcționare automatizată	43
3.2.1. Ecuația dinamicii	44
3.2.2. Ecuația continuității	46

3.3. Metode de rezolvare ale ecuațiilor caracteristice hidraulicii rețelelor de transport și distribuție cu nivel liber și funcționare automatizată	50
3.3.1 Metoda diferențelor finite	51
3.3.2. Metoda caracteristicilor	53
3.3.3. Metoda analizei în domeniul frecvenței (micilor oscilații)	55
3.3.4. Metoda simulării numerice	59
3.3.5. Metoda bilanțului	59

Capitolul 4. STAVILA CU CORPURI PLUTITOARE, GENERALITĂȚI, ALCĂTUIRE, FUNCȚIUNI ÎNDEPLINITE, AMPLASARE PE REȚELELE DE CANALE ALE SISTEMELOR HIDROAMELIORATIVE

4.1. S.C.P. - generalități, alcătuire (elemente componente), funcțiuni îndeplinite	61
4.2. Rolul funcțional și amplasarea SCP pe rețelele de canale ale sistemelor hidroameliorative	64

Capitolul 5. STUDII TEORETICE ASUPRA HIDRAULICII STAVILELOR CU CORPURI PLUTITOARE

5.1. Considerații asupra comportării SCP, în regim hidrostatic	67
5.2. Relații caracteristice funcționării SCP în regim hidrodinamic	78
5.2.1. Generalități, modelul fizic și analitic al curgerii, regimuri de curgere în avalul secțiunii de control a SCP	78
5.2.2. Relațiile capacității de transport ale SCP-am, coeficienții caracteristici acestora	85
5.2.3. Relațiile "pierderilor de sarcină" (Δh) în spațiul de lucru al S.C.P.-am	95
5.2.4. Aspecte teoretice ale ancorării SCP-am	104

Capitolul 6. TEMATICA DE CERCETARE, BAZA EXPERIMENTALĂ, TEHNICA MĂSURĂTORILOR

6.1. Tematica, direcțiile de cercetare	111
6.2. Baza experimentală de laborator și de teren, aferentă tematicii de cercetare	111
6.3. Aspecte teoretice legate de corecțiile aduse și precizia măsurătorilor	125
6.4. Concluzii privind baza experimentală	128

Capitolul 7. PREZENTAREA REZULTATELOR PROGRAMULUI EXPERIMENTAL

7.1. Introducere, direcții ale programului experimental	131
7.2. Prezentarea, interpretarea și concluziile rezultatelor măsurătorilor programului experimental	131

7.2.1. Evaluări teoretice și experimentale asupra coeficienților caracteristici capacității de transport ai SCP-am.	131
7.2.1.1. Coeficienții de contracție ψ și ψ'	132
7.2.1.2. Coeficientul contracției laterale, σ_c	140
7.2.1.3. Coeficienții de debit (μ) și înecare (χ)	141
7.2.2. Prezentarea rezultatelor programului experimental, discuții și concluzii aferente "piederilor de sarcină" caracteristice spațiului de lucru al SCP-am	169
7.2.3. Experimentări asupra capacității de transport și a caracteristicilor de reglare ale SCP-am	183
7.2.4. Determinări teoretice și experimentale asupra solicitărilor specifice ancorării SCP-am	197
Capitolul 8. CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI PRIVIND	
FUNCȚIONALITATEA, TIPODIMENSIUNILE, DIMENSIONAREA,	
UTILIZAREA, EXPLOATAREA ȘI ÎNTREȚINEREA S.C.P.-AM (S.C.P.)	
8.1. S.C.P.-am, încadrare funcțională, comenzi (funcțiuni) îndeplinite, mod de lucru (desfășurarea autoreglajului)	203
8.2. Proiectarea (dimensionarea) SCP	206
8.3. Utilizări practice (locuri de amplasare) ale SCP în cadrul amenajărilor hidrotehnice ...	214
8.4. Considerații privind exploatarea și întreținerea SCP	218
8.5. Concluzii	221
8.6. Aplicarea rezultatelor studiilor și cercetărilor experimentale pentru optimizarea funcționării rețelelor de distribuție și transport gravitațional a apei din cadrul sistemelor de irigații (exemplu de proiectare)	223
Capitolul 9. CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII ADUSE PRIN TEMATICA ȘI	
OBIECTIVELE TEZEI	
9.1. Concluzii finale	229
9.2. Contribuții, propuneri	232
9.2.1. Contribuții	232
9.2.2. Propuneri de studii și cercetări pentru îmbunătățirea parametrilor funcționali și constructivi ai SCP	235
BIBLIOGRAFIE	236