

Capitolul 4

CĂI DE COMUNICAȚII PE APE ȘI CONSTRUCȚII PORTUARE

Pe suprafața teritoriului României se pot identifica mai mult de 4.000 de râuri, care au suprafața bazinului de recepție de peste 10 km². Lungimea totală a acestor cursuri de apă depășește 60.000 km. Adăugând acestora cei 1022 km aferenți țării noastre pe malul stâng și cei 300 km pe ambele maluri ale Dunării, se poate constata existența unui potențial important pentru transportul pe apă autohton, fără a mai lua în considerare canalul Dunăre - Marea Neagră sau abandonatele canale Bega și București - Dunăre.

Dezvoltarea transporturilor pe căile navigabile interioare este caracteristică țărilor industrializate. Domină transporturile de mărfuri în vrac: minereuri, cărbuni, materiale de construcții (piatră, nisip, balast), cereale, îngrășăminte chimice.

4.1. Caracteristici tehnico-economice ale transporturilor pe apă

Eficiența transporturilor pe căile navigabile interioare este determinată de următoarele caracteristici tehnico-economice:

- prețul de cost (lei/KN-km);
- viteza de transport (navigație - km/h);
- capacitatea de transport (tf);
- caracterul de masă (tf);
- permanența și regularitatea (zile/an);
- siguranța.

Prețul de cost, pentru transportul naval propriu-zis (fără transbordări) este caracterizat prin următoarele componente: cotele de amortisment și dobânda investițiilor, cheltuielile de întreținere, de salarii și sarcini sociale, de propulsare (carburanți și lubrifianți), de asigurare și cheltuieli generale.

Investiția specifică pentru calea navigabilă (lei/km) variază în limite foarte largi. Ea este de obicei redusă pentru cursurile de apă amenajate în curent liber și relativ mare pentru cele canalizate sau canalele navigabile. Amenajările complexe, pentru diferite folosințe (navigație, energetică, irigații, alimentare cu apă etc.) pot reduce substanțial cotele fiecărei folosințe (cum este cazul variantei abandonate a Bucureștiului port la Dunăre prin salba de lacuri din cadrul sistemului Mostiștea). Durata de recuperare a investițiilor este însă mare (40 ÷ 60 ani).

Investiția specifică mai poate fi redusă și prin simplificarea construcției navelor, sau prin mărirea capacității de transport a acestora.

Viteza de transport pe căile navigabile este mult mai mică decât pe căile ferate. Aceasta pentru că pe căile navigabile lungimea căii în cauză este de cca. (1,5 ÷ 2,0) ori mai mare decât linia dreaptă care unește cele două puncte terminus, ceea ce corespunde unui coeficient de sinuozitate de 1,5 ... 2,0. Pe căile ferate aceste coeficient este cuprins între 1,2 și 1,5.

Pentru o comparație mai completă, între cele două posibilități de transporturi terestre este necesar să se ia în considerare atât vitezele tehnice cât și cele comerciale. Viteza tehnică este viteza medie între două puncte succesive de oprire, iar cea comercială este viteza medie de transport a încărcăturii, considerându-se timpul scurs între momentul predării și momentul sosirii în punctul de destinație (timpul de încărcare, descărcare, transport, staționare în punctele intermediare etc.). Pe căile navigabile viteza comercială este foarte apropiată de cea tehnică (aproximativ 12 km/oră). Pe căile feroviare, datorită manevrelor pe parcurs, viteza comercială nu depășește în general 30 km/oră [13].

Capacitatea de transport a marilor căi navigabile amenajate în curent liber este practic nelimitată, în timp ce pe căile amenajate în curent barat capacitatea de trafic a căii este limitată de capacitatea de trecere a ecluzelor.

Referitor la *caracterul de masă*, organizarea actuală a traficului pe căile interioare navigabile permite transportul cu șleपुरi a unor mari cantități de mărfuri. Spre exemplu, un șlep de (7,8 - 9,8) MN (800 - 1000 tf) echivalează cu capacitatea unui tren de marfă, iar un convoi împins de (196 ÷ 295) MN (20.000 ÷ 30.000 tf) cu capacitatea de transport a unui cargou de mare tonaj. În plus, transporturile fluviale nu sunt așa de strâns condiționate de dimensiunile de gabarit, cum sunt căile ferate, putându-se transporta mașini și piese de mari dimensiuni.

Regularitatea și permanența nu sunt în totalitate satisfăcute în transportul fluvial. Aceasta pentru că în lunile de iarnă, când fluviile îngheață, navigația se întrerupe. Pentru Dunăre, din acest punct de vedere, se poate conta pe perioadă navigabilă de (270 ... 300) zile pe an. Întreruperea navigației se mai poate produce, pe anumite porțiuni și din pricina scăderii nivelului apei în perioadele secetoase. De cele mai multe ori însă, nu se produce o întrerupere totală a navigației, ci se recurge la soluția navigației cu pescaj și încărcătură redusă.

Siguranța pe căile navigabile interioare este foarte mare, naufragiile fiind foarte rare. Ca și consecință, cotele de asigurare sunt mult mai reduse față de alte tipuri de transport.

4.2. Calea navigabilă

Căile navigabile pot fi clasificate după mai multe criterii. Din punct de vedere geografic acestea se împart în căi interioare (pe fluviu, râuri sau lacuri) și căi maritime. După criteriul de realizare, căile navigabile pot fi naturale sau artificiale (canale navigabile).

Conform criteriului posibilităților de transport, apele pot fi navigabile (pentru traficul de mare capacitate) sau flotabile (pentru plute, ambarcațiuni ușoare).

Din punctul de vedere al caracteristicilor de navigație și al importanței lor, căile navigabile se împart în patru clase (conform STAS 4723-61), după adâncimea minimă a șenalului navigabil și deplasamentul navelor admise în circulație.

Elementele majore ale oricărei căi navigabile sunt șenalul, adâncimea de navigație și razele de curbură.

Șenalul, reprezintă fâșia de apă pe care se face în mod curent navigația (circulația navelor). Șenalul trebuie să aibă un traseu continuu, care să satisfacă cerințele cerute de navigație, condiții caracterizate prin gabaritul de navigație (lățimea și adâncimea - vezi fig.4.1).

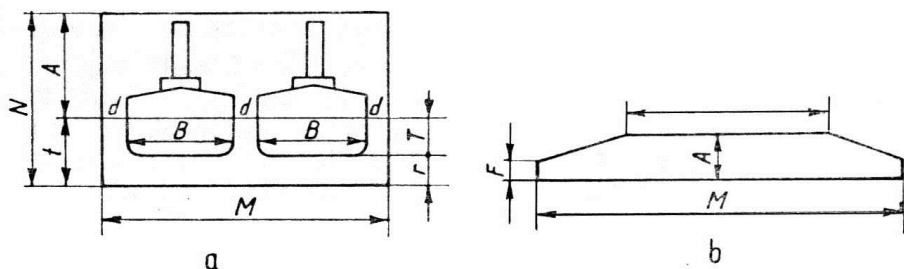


Fig.4.1. Gabaritele de navigație. a) gabarit pe cale curentă; b) gabarit sub poduri

Gabaritul sau dreptunghiul de navigație rezultă de obicei din secțiunile transversale a două nave de tip maxim care circulă pe râu. La acestea se adaugă sporurile de lățime d_1 și d_2 între nave și lateral, plus sporul de adâncime r (rezerva pilotului). Pentru râurile mici $d_1 = d_2 = 2$ m [13]. Gabaritul de navigație se mai poate determina printr-o singură navă (circulație într-un sens) sau pentru mai multe nave (fire de circulație, convoaie mari de șleperi).

Porțiunea gabaritului de navigație situată deasupra liniei apei se numește *gabarit de aer*, iar cea situată sub aceasta, *gabarit de apă*.

Dimensiunile gabaritului, mai ales cel de apă, pot fi foarte variabile în spațiu și timp. Spre exemplu, pe Dunărea inferioară șenalul navigabil este în general foarte lat (câteva sute de metri), iar adâncimile naturale ating în multe locuri (10 ÷ 20) m. Variația nivelului apelor poate produce însă (în perioadele de ape mici) reduceri substanțiale (lățimea șenalului la 60 ÷ 80 m și adâncimi naturale sub 2,0 m). Adâncimea minimă asigurată pe întreaga perioadă navigabilă poartă denumirea de *adâncime navigabilă de garanție* sau *adâncime navigabilă de calcul*.

Adâncimea navigabilă de garanție se stabilește în raport cu nivelul minim navigabil. Ea rezultă din pescajul navei de calcul (nava încărcată) la care se adaugă o rezervă de apă, numită rezerva pilotului (r în fig.4.1). Aceasta variază funcție de tipul și modul de construcție al navelor în circulație, de încărcătură, de natura fundului albiei, de viteza de circulație și de regimul debitelor lichid sau solid. Pe Dunărea inferioară,

rezerva pilotului este în medie de 0,50 m. În bazinele portuare ea este majorată în funcție de înnisipările probabile, posibilitățile de întreținere, înălțimea valurilor etc.

Razele de curbură (ale șenalului), pentru circulația curentă trebuie să fie de cel puțin șase ori mai mare decât lungimea navei de calcul (L) sau a convoiului împins. La intrarea în porturi, ecluze și în sectoarele dificile, raza de curbură poate fi redusă la jumătate. Pentru înscrierea navei în curbă, șenalul trebuie lărgit cu valoarea calculată Δ . Admițând schema prezentată în fig.4.2 (vezi și fig.4.1), cu:

$$M = 2 \cdot B + 3 \cdot d \quad (4.1)$$

rezultă din:
$$\Delta(2 \cdot R_{\text{ext}} - \Delta) = L^2 \quad (4.2)$$

și
$$R_{\text{ext}} = R + \frac{M + \Delta}{2} \quad (4.3)$$

relațiile de calcul pentru lărgirea suplimentară a șenalului în curbă Δ , adică:

$$\Delta = \frac{L^2}{2 \cdot R + M} \quad (4.4)$$

sau acoperitor
$$\Delta = \frac{L^2}{2 \cdot R} \quad (4.5)$$

Supralărgirea se face pe interiorul curbei pentru mărirea vizibilității. Trecerea de la lățimea curentă în aliniament, la lățimea sporită în curbă trebuie să se facă progresiv, pe o lungime de cel puțin $(3/4) \cdot L$. Între două curbe de sens contrar trebuie să se asigure un aliniament cu o lungime de cel puțin $3 \cdot L$.

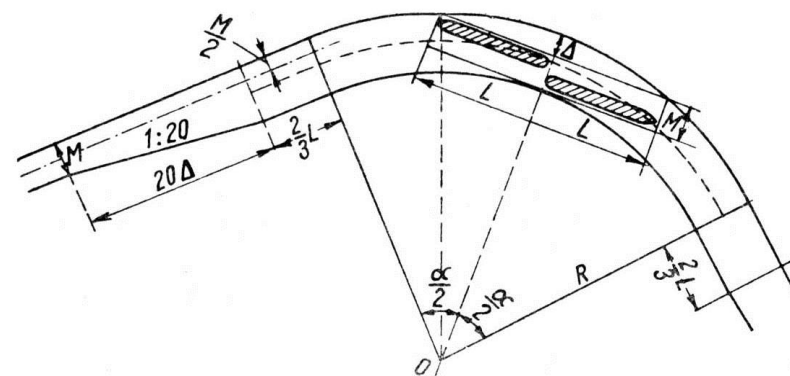


Fig.4.2. Supralărgiri în curbe

4.3. Canalizarea cursurilor de apă

Canalizarea este metoda radicală pentru îmbunătățirea condițiilor de curgere pe cursurile de apă cerute de o navigație optimă, atât din punct de vedere tehnic, cât și economic.

4.3.1. Considerații asupra metodei canalizării cursurilor de apă

Canalizarea/amenajarea în regim barat, constă în bararea albiei râurilor în zone convenabil alese și transformarea curgerii naturale cu pantă continuă într-o curgere în trepte. Trecerea treptelor astfel formate de către nave, se face cu ajutorul *ecluzelor* sau *ascensoarelor*. Distanța dintre două baraje poartă denumirea de *bief*. În afara barajelor și ecluzelor, acest tip de amenajare mai conține și alte construcții hidrotehnice și instalații pentru utilizarea complexă a apei râului.

Din punct de vedere al navigației, prin canalizarea cursului de apă se obțin următoarele mari avantaje:

- sporirea gabaritudinii de navigație și în special a adâncimilor albiei pe toată întinderea biefului;
- micșorarea și uniformizarea vitezelor și pantelor de curgere, prin concentrarea acestora din urmă în căderea realizată de baraj.

O parte din aceste avantaje se pierd însă prin trecerea obligatorie a navelor prin ecluze, trecere care necesită între 30 și 60 de minute, precum și prin introducerea unor taxe suplimentare de navigație. În plus, dacă pentru majoritatea marilor râuri/fluviu navigabile capacitatea de circulație este nelimitată, prin canalizare aceasta este limitată de capacitatea de trecere a ecluzelor.

Execuția acestor lucrări conduc cel mai adesea la mari transformări ale zonei. Cele mai importante dintre acestea sunt:

- inundarea (prin bararea realizată) unor mari suprafețe de teren, ocupate de așezări umane, obiective industriale, agricole, căi de comunicație; pentru limitarea acestor consecințe sunt necesare importante lucrări de îndiguire, precum și întinse lucrări de apărare a malurilor în zonele atacate de valuri;
- modificarea regimului apelor subterane și în special a pânzei freatice, cu urmări pentru agricultură și alimentări cu apă (fântâni); pentru limitarea acestor consecințe sunt necesare lucrări de drenaj orizontal sau drenaj vertical de interceptie;
- modificarea condițiilor de navigație din cauza fenomenelor de hulă care iau naștere pe marile lacuri; în unele cazuri, ca măsuri de protecție, sunt necesare construirea unor porturi de refugiu și adăposturi.

Pentru exemplificare, prin lucrările de la amenajarea complexă Porțile de Fier I s-au inundat peste 10.000 ha pe ambele maluri, au fost strămutați 23.000 locuitori, s-au reconstruit 24 km căi ferate și 160 km de drumuri. În afară de aceasta s-au executat lucrări noi de îndiguiri sau au fost supraînălțate cele existente pe 180 km, ceea ce a necesitat un volum de umpluturi estimate la 6 milioane m³ și importante lucrări de drenaj.

4.3.2. Clasificarea, caracteristicile și alcătuirea generală a amenajărilor hidrotehnice aferente cursurilor de apă canalizate

Construcțiile hidrotehnice pentru gospodărirea (utilizarea complexă) apei la o treaptă se grupează în noduri sau amenajări hidrotehnice. În conformitate cu principala utilizare dată apei, aceste amenajări pot fi:

- hidroenergetice (vezi cap.2);
- pentru navigație sau plutărit; construcția caracteristică acestui caz este ecluza, eventual canalele de plutire pentru plute și bușteni;
- de captare a apei pentru diferite folosințe (alimentări cu apă, irigații, energetice, navigație, piscicultură etc.); în aceste noduri construcția definitivă este priza de apă;
- de regularizarea debitelor și atenuarea viiturilor prin lacuri de acumulare (cap.2 și 3); construcția hidrotehnică de bază pentru acest caz este barajul.

Din punct de vedere al căderii realizate (H) prin amenajare, deosebit:

- amenajări pe firul apei (fără căderi);
- amenajări de cădere mică (H = 10 ... 12 m), pentru care retenția din bieful amonte nu depășește de obicei albia minoră;
- amenajări de cădere mijlocie (H = 12 ... 40 m), cu inundarea albiei majore;
- amenajări de cădere mare (H > 40 m) care cuprind în componență baraje și lacuri de acumulare.

Amenajările tip cu utilizare principală pentru navigație sunt cel mai adesea de joasă și mijlocie cădere. Componența generală a amenajărilor hidrotehnice aferente cursurilor de apă canalizate (pentru navigație), cuprinde (vezi fig.4.3 și 4.4):

1. barajele (praguri de fund) care asigură căderea și volumul de apă necesar în bieful amonte (gabariul pentru navigație);
2. ecluzele, care servesc trecerii navelor sau plutele dintr-un bief în altul, peste treapta de cădere;
3. priza de apă, pentru captarea apei în diverse scopuri;
4. centrala hidroelectrică (ce utilizează căderea realizată prin barare) și stația de transformare pentru producerea energiei electrice;
5. descărcătorii de apă: deversoare și goliri de fund, care asigură evacuarea debitelor de viitură și a depunerilor de aluviuni din amonte;
6. instalațiile de reținere și evacuare a gheții (perdele, grătare etc.) și îndepărtare a aluviunilor (de spălare);
7. construcțiile de regularizare (diguri, epiuri, apărări de maluri), care dirijează convenabil curentul de apă pentru a proteja albia de eroziune sau depuneri de aluviuni (vezi cap.3);
8. instalații pentru trecerea peștilor (scări de pești, când este necesar);
9. poduri de șosea și cale ferată, care asigură comunicația între cele două maluri;
10. clădiri administrative și de exploatare, drumuri de acces, instalații de semnalizare, iluminat etc.

Amenajările hidrotehnice de joasă cădere constituie o categorie vastă, ele diferențiindu-se atât prin amplasamentul, cât și prin caracteristicile lor constructive. Se deosebesc:

- amenajări pe râuri de munte, care se construiesc pentru captări de apă potabilă sau industrială, acumulări hidrotehnice secundare și în unele cazuri pentru plutărit;

- amenajări pe cursurile mijlocii și inferioare ale cursurilor de apă, executate pentru folosințe multiple (energetice, industriale, transport).

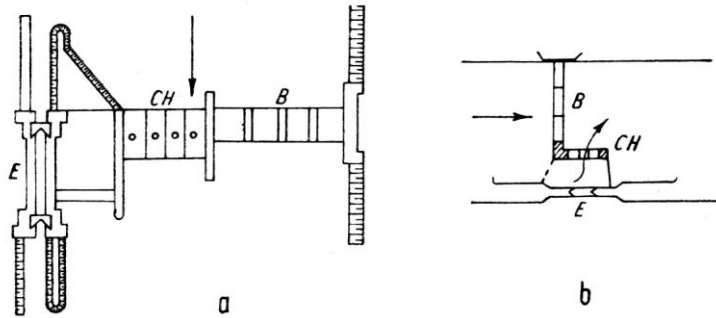


Fig.4.3. Amenajare hidrotehnică cu ecluza și centrala pe același mal
a) dispozitiv curent; b) centrala paralelă cu curentul

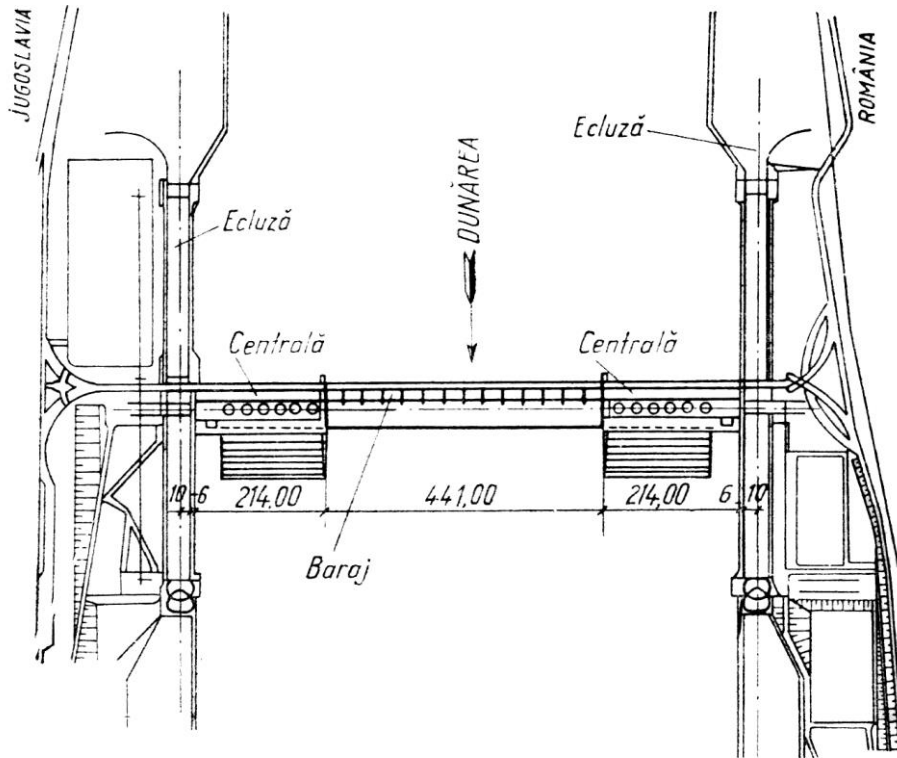


Fig.4.4. Amenajarea hidroenergetică Porțile de Fier I

Construcțiile componente ale amenajării se concentrează în albia minoră. Cea mai favorabilă așezare poate fi considerată cea în care centrala și ecluza sunt

amplasate fiecare pe câte un mal, iar barajul la mijloc. În acest fel exploatarea ecluzei și centralei hidroelectrice se fac independent, iar scurgerea debitelor și ghețurilor se realizează în condiții mai bune prin mijlocul albiei.

În cazul când ecluza și centrala energetică se amplasează pe același mal (vezi fig.4.3), se recomandă ca centrala să fie așezată spre albie, chiar dacă transportul mașinilor grele peste ecluză este dificil, iar pentru necesitățile exploatarei este necesar un pod de serviciu înalt.

În cazuri speciale, din considerații de ordin politic sau local (amenajarea se află pe malul a două state riverane - vezi fig.4.4, cazul amenajării Porțile de Fier I), se construiesc două centrale hidroelectrice, câte una pe fiecare mal și uneori chiar două ecluze.

4.4. Traseul, profilul longitudinal și secțiunea transversală

Elementele de bază ale căii navigabile, mai ales în regim barat, la fel ca și pentru domeniul regularizărilor de râuri, sunt traseul în plan, nivelul apei în canal, secțiunea transversală și profilul longitudinal.

Traseul căii navigabile trebuie să fie cât mai apropiat de o dreaptă, deoarece orice ocol înseamnă pentru navigație pierderi de timp și o micșorare a capacității de transport. Hotărâtoare pentru acestea sunt: relieful terenului, limita economică la deblee și ramlee, densitatea construcțiilor pe terenurile străbătute, valoarea și productivitatea terenului, importanța pentru trafic a localităților și centrelor economice (industriale și agricole) aflate în cale, alte cursuri de apă aflate în zonă. Porțiunile prea lungi de aliniament, trebuie evitate deoarece pe ele se pot produce valuri mari și sunt obositoare pentru cârmaci, care pot astfel să piardă controlul asupra navei. La aprecierea limitei economice între ramlee și deblee trebuie avute în vedere cheltuielile suplimentare pentru etanșare, precum și riscurile prăbușirii rambleelor înalte datorită infiltrațiilor, alunecărilor, cutremurelor. Acolo unde vizibilitatea este redusă (deblee mari, diguri înalte, poduri etc.) raza de curbură nu trebuie să fie mai mică de 1000 m.

Poziția cea mai bună a nivelului apei în canal este sub nivelul apelor freatice. Se evită astfel la maximum pierderile de apă prin infiltrații. Această diferență de nivel nu trebuie să fie mai mare de 0,50 m deoarece astfel există pericolul ca apele freatice să se infiltreze către albie/canal (coborârea nivelului acestora), ceea ce poate pricinui neajunsuri terenurilor agricole adiacente.

Poziția în înălțime a treptelor de retenție, deci profilul longitudinal depinde de natura și configurația terenului, de cota apelor subterane, de cerințele sistematizării teritoriale. Biefurile trebuie să fie cât mai lungi, iar numărul treptelor (ecluzelor) cât mai mic, fiecare dintre acestea constituind un obstacol pentru navigație. În această chestiune considerentele referitoare la agricultură nu mai primează în fața cerințelor

navigației, deoarece coborârea nivelului apelor subterane în aval de retenție se poate compensa prin irigarea cu apă din amonte, iar supraîncărcarea acestora în amonte se remediază prin drenaje cu descărcare (pantă) spre aval. Este necesar pe cât posibil, ca treptele de retenție să fie egale, pentru a favoriza tipizarea ecluzelor, o exploatare mai ușoară și eficientă. Nu sunt recomandabile ridicări și coborâri succesive care să creeze așa numitele biefuri înfundate din care apa nu poate fi evacuată decât prin pompare.

Încrucișarea și trecerea văilor prin ramblee sau poduri canal ori a înălțimilor prin tranșee adânci sau prin tuneluri, trebuie acceptate în interesul navigației atât timp cât nu prezintă inconveniente de ordin tehnic sau economic.

Secțiunea transversală prin forma și dimensiunile stabilite, prin proiectare prezintă o importanță de prim ordin, deoarece de aceasta depinde costul construcției, costurile de întreținere și randamentul căii de navigație.

Formele cele mai indicate ale secțiunii transversale sunt cele trapezoidale, cu taluzuri de înclinări diferite și parabolice (vezi fig.4.5). Forma parabolică, mai greu de executat, se adoptă în general la canalele adânci, unde, pante din ce în ce mai reduse spre fund, sunt necesare asigurării stabilității malurilor. Forma dreptunghiulară nu se poate menține fără o protecție costisitoare a malurilor, decât în terenurile stâncoase.

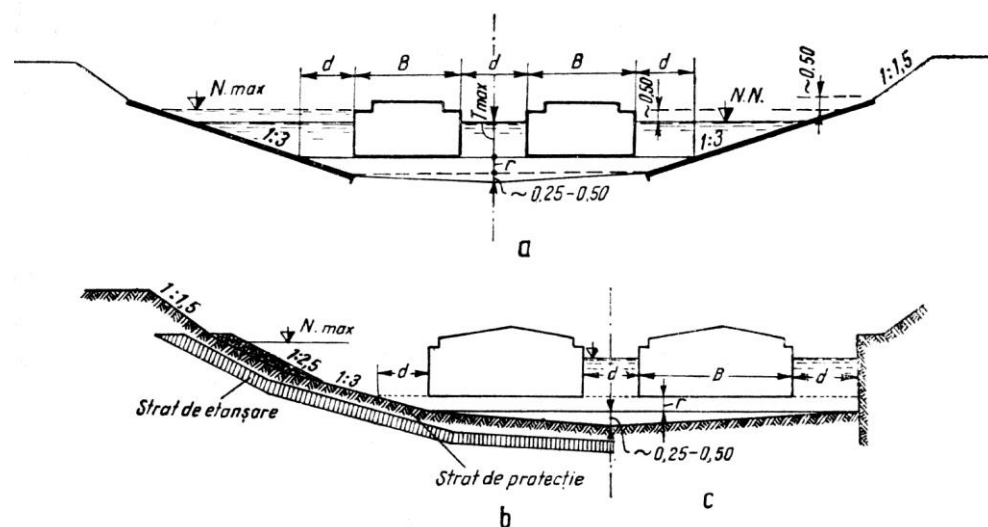


Fig.4.5. Secțiuni transversale caracteristice printr-un canal navigabil

Înclinarea taluzurilor este dependentă de gradul de stabilitate al terenului în care se sapă canalul și de forma secțiunii transversale. Sub nivelul de acțiune al apei (suprafață liberă) și a valurilor, panta taluzurilor nu trebuie să fie mai mare de 1:3, eventual 1:2,5. Această pantă limită este necesară și pentru asigurarea la alunecare a etanșărilor de argilă. Peste cca. 1,0 m deasupra nivelului normal, taluzurile pot avea și pante mai mici (1:2 sau 1:1,5).

Adâncimea navigabilă ($T_{max} + r$, vezi fig.4.5) trebuie asigurată pe o lățime de canal de cel puțin $2 \cdot B + d$, iar lățimea canalului navigabil trebuie să fie de cel puțin $2 \cdot B + 3 \cdot d$. Distanța de gardă variază între $d = (2 - 3) \text{ m}$, în funcție de tonajul navelor, viteza de circulație și frecvența încrucișărilor.

O secțiune de canal cu suprafață mică, deși avantajoasă din punct de vedere al terasamentelor sau lucrărilor de traversare, prin mărimea rezistenței la înaintare a navelor, conduce la o exploatare neeconomică a întregii căi de navigație. O secțiune transversală optimă din acest punct de vedere necesită un raport n între secțiunea udată S a canalului și secțiunea ω a cuplei maestre a navei de calcul (navă încărcată), superior valorii 4 și cu atât mai mare cu cât viteza de navigație prevăzută este mai mare (peste 5... 6 km/h). Pentru canalele noi $n = 7 - 8$. Dacă raportul n este mic, atât execuția cât și întreținerea taluzelor sunt mai costisitoare datorită valurilor și oscilațiilor mari de nivel produse de circulația navelor.

4.5. Apărarea și etanșarea malurilor

Lucrările de apărarea și etanșarea malurilor căilor navigabile sunt absolut obligatorii, având în vedere acțiunile hidrodinamice intense la care sunt supuse de către energia erozivă continuă sau caracteristică perioadelor de viitură, dar mai ales de către oscilațiile de nivel și valurile create de traficul navelor.

Acțiunea valurilor produse de nave, în anumite condiții, poate fi asimilată celei produse de vânt. Aceste condiții se referă la cazul paramentelor (taluzurilor malurilor) înclinate sub 45° , când atât valurile produse de vânt, cât și cele produse de circulația navelor deferlează pe acestea, calculul stabilității îmbrăcăminții se poate face cu destulă exactitate după metode mai bine puse la punct pentru valurile de vânt.

Într-o primă aproximație, elementele (h , L) acestor valuri se pot determina cu relațiile:

$$2 \cdot h = \beta \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}; \quad 2 \cdot L = \alpha \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (4.6)$$

unde: $\beta = \frac{3,1}{n}$; $n = \frac{S}{\omega}$; $\alpha = 8$ pentru $\frac{L_n}{B_c} < 1,0$ și $\alpha = 10$ pentru $\frac{L_n}{B_c} > 1,0$;

S , ω - sunt secțiunile udate ale canalului, respectiv ale navei (la cupla maestră);

L_n , B_c - sunt lungimea navei de calcul, respectiv lățimea canalului la nivelul luciului apei.

Oscilațiile de nivel la trecerea navelor au o influență deosebită asupra taluzurilor canalelor navigabile, atât prin amplitudinea lor cât și prin vitezele mari pe verticală a nivelului apei, care se înregistrează în acest timp. Din experiența în domeniu acumulată, rezultă că în timpul trecerii navei printr-o secțiune transversală

a canalului, deasupra taluzurilor are loc la început o coborâre, apoi o ridicare a nivelului apei. Ridicarea nivelului are loc foarte rapid și sub o pantă foarte mare (unda transversală de pupă, la viteze mari ale navei, se ridică pe taluz și se sparge de acesta). Din cauza faptului că variațiile de nivel ale pânzei subterane sunt mai lente decât cele din canal, care la coborâre ating 0,15 m/s, iar la ridicare 0,30 m/s, asupra îmbrăcăminții se pot produce fenomenele de pilonare și pompaj. Fenomenul de pilonare apare la îmbrăcămințile etanșe, cele mai neplăcute urmări înregistrându-se pentru nivelurile coborâte ale pânzei freatice. Efectul de pompaj se produce la îmbrăcămințile permeabile; prin sufozia particulelor fine și dislocarea unor părți din îmbrăcămințe se poate produce în scurt timp alunecarea și degradarea completă a acesteia.

Îmbrăcămințile de beton și piatră se realizează după principiile generale ale apărării de mal pe râuri (vezi cap.3). Sunt cel mai des utilizate, căci sunt cele mai sigure în orice climat și condiții de lucru.

Impermeabilizarea cunetei (partea inferioară a fundului albiei) se poate face cu straturi de argilă, bentonită sau materiale geosintetice (geomembrane sau bentofix) pentru reducerea consecințelor produse de pierderile de apă prin infiltrații.

Dacă terenul este afuiabil, se recomandă acoperirea cu anrocamente (piatră spartă aruncată) a întregului taluz până la fundul canalului. O soluție economică și sigură, cu două straturi de piatră este prezentată în fig.4.6, sau pentru condiții de teren mai puțin grele, cea din fig. 4.7.

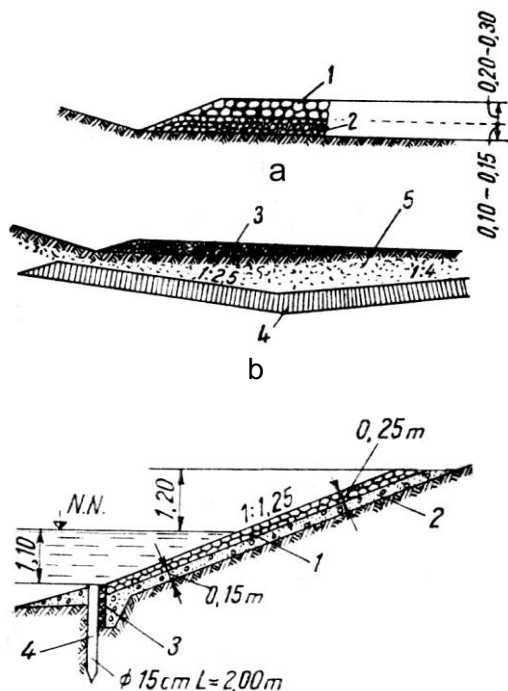


Fig.4.6. Apărarea și etanșarea taluzelor cu anrocamente:
a- apărare de piatră; b- etanșare cu un strat impermeabil;
1- anrocamente $d = (11...15)$ cm;
2- anrocamente $d = (5...7)$ cm;
3- strat de anrocamente; (conform detaliului a), cu picior perat;
4- strat impermeabil; 5- strat de protecție

Fig.4.7. Îmbrăcămințe de anrocamente pe canalul Moscova:
1- îmbrăcămințe de piatră; 2- pietriș;
3- grinzi de lemn (12-15) cm;
4- piloți de lemn

Datorită rezistențelor superioare, la solicitările anterior menționate, se preferă îmbrăcămințile de anrocamente celor din peruu de beton (netede). În locul stratului inferior de piatră spartă se poate utiliza un strat de pietriș cu 0,10 m grosime. Petru o fixare mai sigură a taluzului și pentru anumite terenuri cu structură fină se recomandă alcătuirea protecției după regulile filtrului invers (un strat de piatră, gros de cca. 0,30 m grosime, cu diametre descrescând spre interior, așezat pe un strat de nisip, de (0,15... 0,20) m). Se recomandă să se folosească pietre mai dure și mai grele pentru stratul superior, decât pentru cel inferior, deoarece piatra mobilă din stratul superior pătrunde treptat în cel inferior, mai moale, care astfel se consolidează. Trebuie evitate rocile care se dezagregă în apă și sub influența intemperiilor (roci calcaroase, sedimentare).

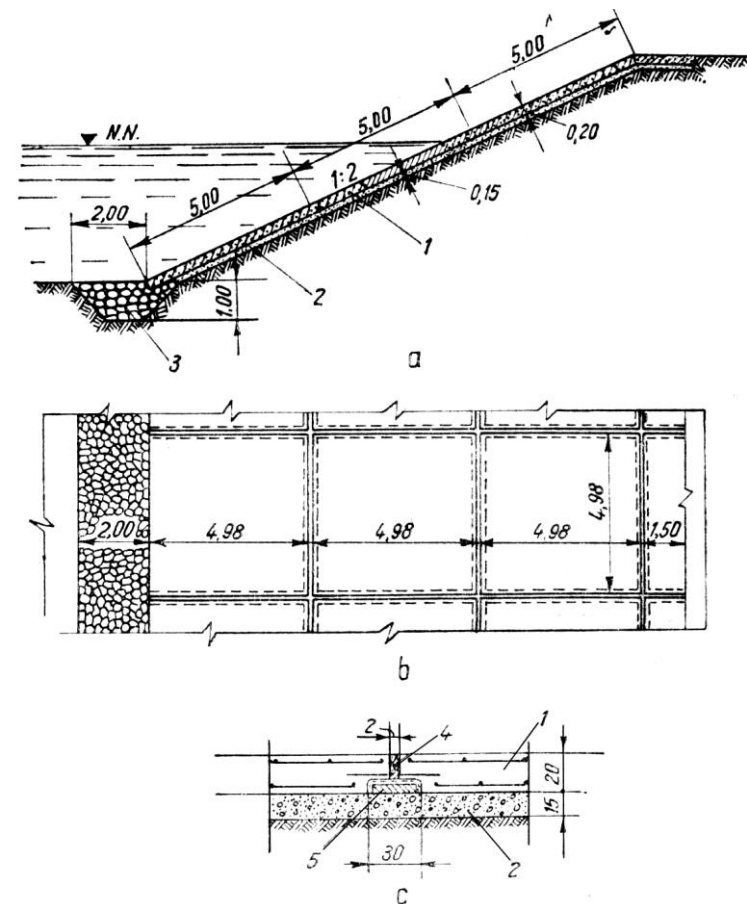


Fig.4.8. Apărare de mal pe canalul Volga - Don (Kuibîșev):
a) secțiune transversală; b) plan; c) detaliul etanșării rostului de dilatație.
1- placă de beton armat; 2- strat de pietriș; 3- prism de piatră; 4- scândură impregnată cu creuzot (cofraj pierdut); 5- fâșie de beton armat (30×7) cm îmbrăcată în mastic de bitum (1 cm)

O soluție economică, mai ales atunci când impermeabilizarea se face sub apă, este cea a colmatării. Această soluție constă în aruncarea dinspre amonte către aval în curentul canalului a prafurilor argiloase. Acestea, după un parcurs oarecare ajung pe fund, și antrenate de curenții de exfiltrare, colmatează porii terenului. Un strat de colmatare cu o grosime de (0,08 ÷ 0,10) m poate fi considerat suficient. Cu foarte mare eficiență poate fi folosită și bentonita.

În fig.4.8 este prezentată o soluție de etanșare a malurilor cu plăci (dale) de beton armat (5,0 × 5,0 × 0,20) m. Plăcile sunt ancorate la partea superioară și cea inferioară cu o rețea de fiare, după două direcții.

4.6. Amenajări și construcții în zona canalului navigabil

În afara lucrărilor anterior menționate, pe traseul canalelor navigabile mai sunt necesare o serie de amenajări și construcții, între care cele mai importante

a) amenajări sunt:

- drumuri de halaj;
- traversări;
- puncte de încărcare, supralărgiri;

b) sau construcții sunt:

- ecluze sau ascensoare de nave;
- stații de pompare;
- construcții în punctele de întreținere a canalului cu căi de comunicație terestre (sifoane, poduri de șosea și de cale ferată);
- construcții pentru reglarea nivelului apei pe canal (goliri, porți de siguranță).

Drumurile de halaj, amenajate pe unul sau ambele maluri, construite inițial pentru halajul navelor neautopropulsate, se utilizează în prezent pentru lucrările de construcție - întreținere a canalului sau circulație locală. De obicei sunt amenajate ca și drumuri de exploatare și sunt dimensionate numai pentru un fir de circulație, deci cu lățime minimă de 2,50 m și o cotă cu (1,00 ÷ 3,50) m deasupra nivelului normal din canal. Fără a fi prea înalte, terasamentele drumurilor de halaj, alături de perdelele de protecție (copaci), constituie o bună protecție a navelor împotriva vânturilor transversale.

Traversările, poduri fixe sau mobile, basculante sau rotitoare, sunt lucrări care asigură legătura între cele două maluri ale canalului. În unele cazuri căile terestre pot subtraversa canalul printr-un tunel (ex. încrucișarea canalului Moscova - Volga cu șoseaua Volocolamsk). Podurile construite în aliniament trebuie să asigure înscrierea gabaritului navigabil și gabaritelor vehiculelor care circulă pe drumul de halaj.

Punctele de încărcare, sunt construcții care servesc operațiunilor de încărcare - descărcare, de transbord, garări și schimbări de formație a convoaielor, iar cele de *supralărgiri* sunt amenajări care servesc pentru întoarcerea sau staționarea navelor pe timpul nopții.

Ecluzele, sunt construcțiile hidrotehnice cu ajutorul cărora se realizează trecerea navelor peste treptele de cădere (realizate de baraje) ale biefurilor unui curs amenajat în curent barot sau ale unui canal navigabil. Ecluzele se mai utilizează și în porturile maritime situate la mări cu variații mari de nivel, datorită fenomenelor de maree. Schema generală și elementele componente ale unei ecluze sunt prezentate în fig.4.9.

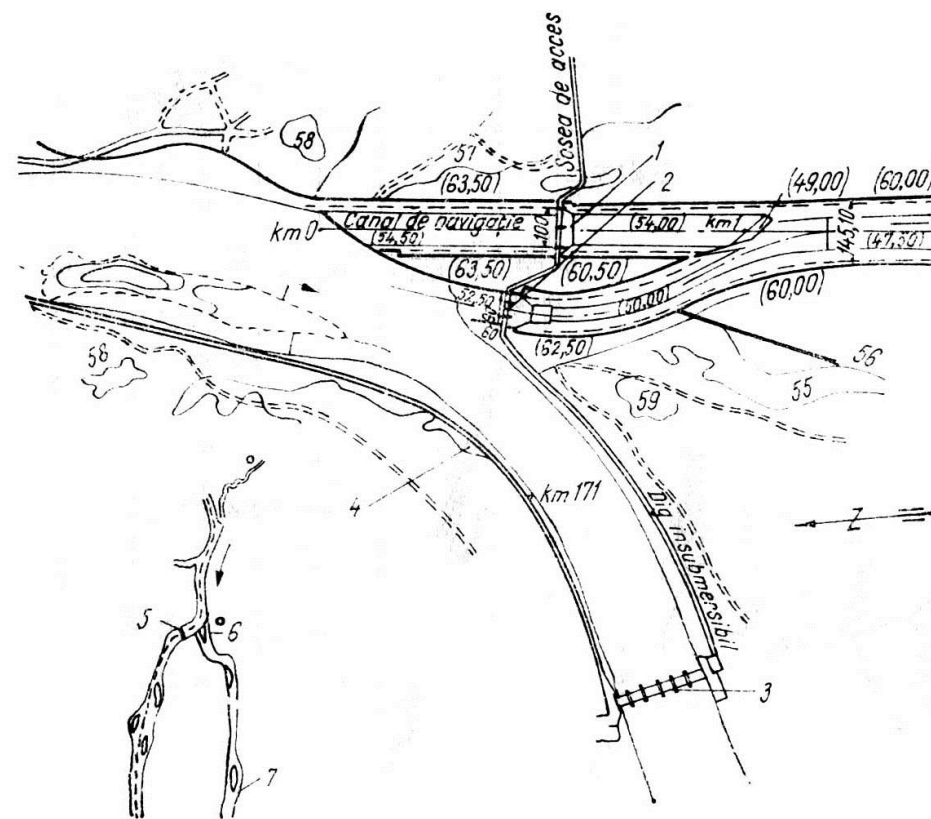


Fig.4.9. Legătura canalului Donzère - Modragon cu Rhônul (capătul amonte): 1- baraj de gardă cu două deschideri a 45 m; 2- baraj de gardă cu trei deschideri a 24 m; 3- baraj de derivație (km 171,57) cu cinci deschideri a 31,50 m și cu o deschidere a 45 m (cu vane segment); 4- dig insubmersibil; 5- baraj de deviație; 6- baraj de gardă; 7- complex uzină - descărcător - ecluză

După înălțimea treptei de cădere pe care o asigură, ecluzele pot fi:

- de cădere joasă ($H < 5... 8$ m);
- de cădere mijlocie ($5...8$ m $< H < 18...20$ m);
- de mare cădere ($H > 18... 20$ m).

Tipurile de ecluze, după criteriul constructiv, sunt prezentate în fig.4.10.