

## ECHIPARE TEHNICO – EDILITARĂ

### SUBIECTE 15-28

#### Avantajele filtrelor lente cu nisip sunt următoarele:

- a) **Calitatea apei tratate.** Nici un alt proces, în afară de filtrarea lentă, nu poate conduce singur la o asemenea ameliorare a calității fizice, chimice și bacteriologice a apelor normale de suprafață. Apa livrată nu întreține creșterea organismelor care subzistă în rețeaua de distribuție și nu necesită aditivi chimici, evitând – astfel – cauza apariției de gust și miros.
- b) **Costul și ușurința realizării construcției.** Datorită simplității lor de concepție, filtrele lente cu nisip sunt ușor de realizat cu materiale de construcție locale. Costul materialelor și al echipamentului poate fi menținut la nivele scăzute și se poate reduce la minimum utilizarea instalațiilor mecanizate. Concepția este foarte ușoară, nu trebuie prevăzute decât puține instalații, aparatura poate fi aproape total suprimată și se poate admite o mare varietate de gabarit în alegerea materialelor filtrante. Trebuie însă, avută în vedere necesitatea de a ocupa suprafețe mari de teren, iar dacă protecția contra temperaturilor scăzute cere suprastructuri costisitoare, costul filtrelor lente cu nisip riscă să egaleze, dacă nu chiar să le depășească pe cele rapide, cu capacitate comparabilă.
- c) **Costul și exploatarea ușoară.** Costul exploatarei reprezintă, aproape în totalitate, costul de curățare al stratelor filtrante, care poate fi efectuată mecanic sau manual. Unde forța de muncă este disponibilă, se recurge la curățarea manuală, caz în care, totalitatea cheltuielilor de exploatare se rezumă, în principal, la retribuția personalului.

Procesul nu necesită produși chimici sau alte materiale; adesea, ca măsură de precauție suplimentară, se aplică clorinarea. Această clorinare se aplică, de altfel, la oricare altă formă de tratare, însă, în general, dozele cerute pentru dezinfecție – în acest caz – sunt mai mici decât cele impuse pentru o apă tratată prin alte metode.

În exploatare nu este nevoie de aer comprimat, de agitare mecanică sau de apă sub presiune mare pentru spălare în contracurent, astfel că, se realizează economii nu numai la construcția stației, ci și – în special – la cheltuielile legate de consumul de energie electrică și de carburanți.

Exploatarea unui filtru lent necesită o formație cu o calificare mai puțin pretențioasă, decât echipele care asigură funcționarea unui filtru rapid; de asemenea, necesită mai puțină supraveghere și control de laborator al caracteristicilor fizico-chimice.

Filtrele lente cu nisip se adaptează automat micilor fluctuații ale calității apei brute, ale temperaturii și ale condițiilor climatice; ele pot suporta, fără probleme, perioade scurte cu turbiditate sau debite mari.

- d) **Economia de apă de spălare.** În zonele sărace în apă, filtrele lente prezintă un avantaj suplimentar, deoarece nu necesită spălări regulate și nici evacuarea apei folosită pentru spălare.

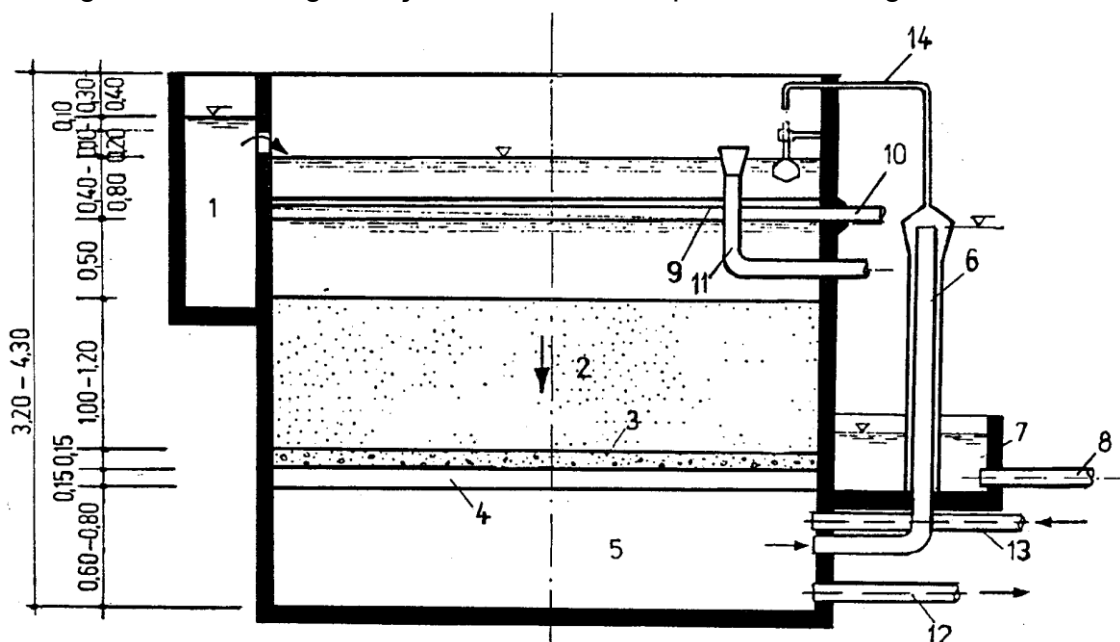
În cazul filtrelor rapide cu nivel liber, care trebuie spălate la una - două zile, această apă pierdută reprezintă 2 – 3 % din cantitatea totală tratată. Recuperarea acestei ape de spălare și re folosirea ei este – eventual – practicabilă, dar ea antrenează o cheltuială suplimentară.

Apa care a traversat un filtru lent cu nisip, imediat după o curățare și înainte ca funcționarea biologică să fi fost restabilită (proces numit "de maturație"), poate fi deversată în sursă sau dirijată către un alt filtru, întrucât nu conține mai multe impurități decât apa brută.

- e) **Înlăturarea nămolului sau golirea.** Stocarea, uscarea și înlăturarea nămolului sunt mai puțin dificile la filtrele lente, decât la filtrele mecanice, mai cu seamă când acestea conțin coagulanți chimici. Dat fiind că nămolul filtrelor lente cu nisip este manipulat în stare aproape uscată, nu conduce la poluarea cursurilor de apă învecinate, iar pentru agricultură sunt acceptate, în general, ca un produs de asolament util pentru terenuri, amestecul de nisip și de materii organice fiind indicat la tratarea solurilor argiloase grele.

## Filtrarea rapidă prin nisip

Imaginea unui filtru gravitațional deschis este prezentată în fig.1.



**Fig.1**

### Filtru cu debit variabil și nivel crescător:

- 1 – apă decantată; 2 – strat filtrant; 3 – strat de pietriș; 4 – drenaj;  
 5 – subdrenaj; 6 – dispozitiv de menținere a unui nivel minim; 7 – bazin aval;  
 8 – apă filtrată; 9 – jgheaburi; 10 – evacuare apă de spălare;  
 11 – preaplin; 12 – golire filtru; 13 – admisie apă și aer de spălare;  
 14 – dispozitiv de amorsare.

Principalele elemente componente ale unui filtru rapid sunt:

- *Sistemul de admisie a apei decantate*, care poate fi realizat dintr-o conductă cu ramificații pe fiecare cuvă sau dintr-un canal cu ferestre laterale în dreptul fiecărei cuve. Sistemul trebuie astfel conceput, încât să asigure: păstrarea integrității flocoanelor din treapta anterioară de tratare; viteza de circulație a apei, în sistemul de distribuție, se recomandă să nu depășească 0,60 – 1,00 m/s; repartiția uniformă a debitelor pe cuvele de filtru, indiferent de numărul, așezarea și poziția față de sensul de curgere a apei; admisia apei în fiecare cuvă să poată fi reglată în funcție de condițiile de exploatare a filtrului.

- *Cuva filtrului* reprezintă o construcție, în cele mai multe cazuri, din beton armat, dar – uneori – și din metal, care înglobează în ea toate elementele necesare alcătuirii unui filtru destinat producerii unei ape de calitate corespunzătoare unui consum potabil sau industrial.

Forma în plan a acestora poate fi pătrată sau dreptunghiulară, cu o suprafață care poate ajunge la aproximativ 100 m<sup>2</sup>. Disponerea cuvelor în plan, în cadrul unei stații de filtrare, depinde de numărul și suprafața cuvelor. Acest obiectiv poate căpăta optimizare tehnico-economică, în funcție de indicii specifici, care se referă la: consumul de materiale, cheltuieli de întreținere și exploatare, suprafața construită, debitul maxim posibil a fi tratat.

- *Jgheaburile de repartiție a apei brute și colectarea apei de spălare* au rolul de a asigura uniformitatea desfășurării celor două operații, în funcție de suprafața filtrului. Disponerea lor în plan, secțiunea acestora, numărul lor – depind de realizarea acestui obiectiv.

Suplimentar, se mai impune o condiție legată de stratul filtrant: poziția pe verticală a jgheabului trebuie astfel realizată, încât să se evite dereglarea suprafeței încărcăturii filtrului (în timpul funcționării) și evacuarea de nisip (în timpul procesului de spălare cu apă-aer). Se recomandă, în acest sens, respectarea unei distanțe de minimum 90 cm.

În cazul cuvelor mici, jgheaburile pot lipsi. În acest caz, gura de intrare a apei brute în filtru trebuie amenajată astfel ca jetul de apă să nu deregleze stratul de nisip (o placă deflector verticală sau orizontală).

- *Stratul de apă*, situat deasupra stratului de nisip, are rolul de a asigura o anumită presiune de lucru în instalație. Nivelul apei în cuvă poate fi constant sau variabil în timpul ciclului, în funcție de metoda de exploatare.

- *Stratul de nisip* este elementul activ al instalației și a constituit, un timp, obiectivul principal al îmbunătățirilor propuse. În filtrul clasic, stratul de nisip are o înălțime de 80 – 120 cm și o granulație cuprinsă între 0,7 – 2,0 mm.

- *Stratul de pietriș*, amplasat între stratul de drenaj și nisip, nu este prevăzut, în toate cazurile, totuși, cercetările din ultimul timp au arătat utilitatea unui astfel de strat de pietriș (25 – 35 cm înălțime), pentru a asigura o mai bună uniformitate a repartiției apei de spălare.

- *Drenajul* este, de asemenea, un element foarte important al unui filtru, asigurând colectarea apei filtrate și distribuția apei de spălare.

- *Subdrenajul* lipsește în cazul drenajelor din tuburi cu crepine. În ultimul timp, în cazul drenajelor cu plăci și crepine, subdrenajul folosește la o compensare orizontală, prin prevederea, în acest spațiu, a unei rețele de conducte pentru admisia apei și aerului de spălare; înălțimea acestei zone este de 40 – 50 cm.

- *Conducta de apă filtrată* conduce apa filtrată spre rezervor, având prevăzut un debitmetru, precum și posibilitatea de reglare a debitului; în unele cazuri, pentru a se evita punerea pe uscat a stratului superior de nisip, se poate amenaja sub forma unui sifon.

- *Conducta de evacuare a apei de spălare* conduce apa spre canalizare sau spre sistemul de recuperare a apei.

- *Conducta de golire a filtrului* se folosește în cazul scoaterii din funcțiune a filtrului, pentru reparația sau revizia generală.

- *Conducta pentru introducerea apei de spălare* de la castelul de apă sau direct de la pompele de spălare.

- *Conducta de preaplin*, care asigură evacuarea accidentală a apei la canalizare.

- *Instalații și armături anexe*, necesare pentru buna funcționare a filtrului: vane pe toate conductele; panou centralizat de comandă a vanelor, pentru toate fazele de exploatare a filtrului; regulatoare de debit, în cazul filtrelor cu debit constant; aparate de măsură și control, cu afișare la panoul de comandă (viteză de filtrare, pierdere de sarcină).

## Filtre de construcție specială

### I. Filtre rapide sub presiune

Aceste filtre se utilizează în special în instalații industriale sau în scheme tehnologice care prevăd o pompare unică la intrarea în stația de tratare și livrarea apei după filtrele sub presiune, direct la consumator.

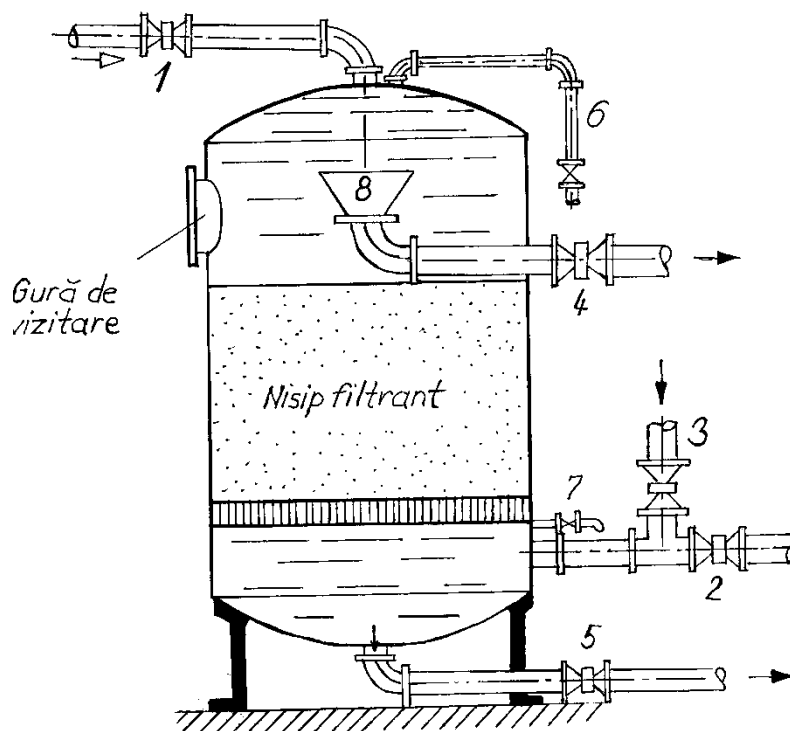


Fig. 2

#### Filtru rapid închis, vertical:

- 1 – apa decantată; 2 – conducta de apă filtrată; 3 – conducta de spălare;  
4 – conducta de evacuare a apei de spălare; 5 – golire;  
6,7 – evacuarea aerului; 8 – pâlnie.

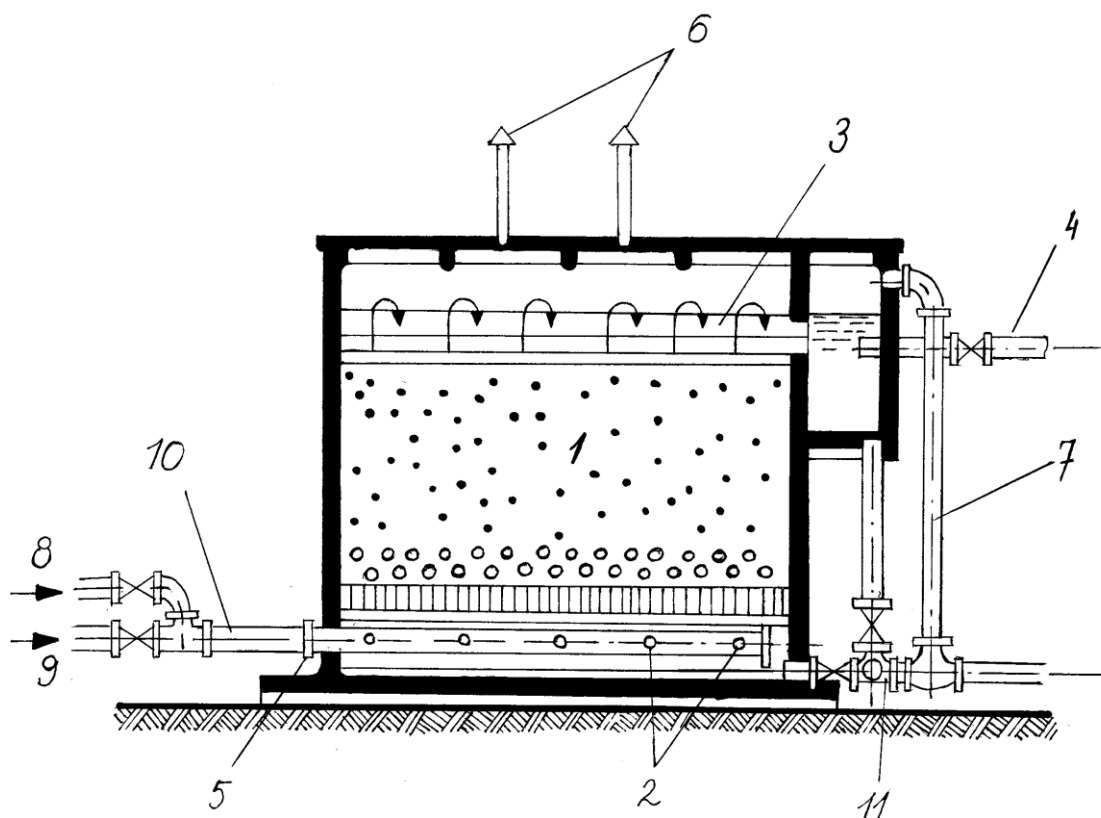
Datorită costurilor foarte ridicate ale cazanelor metalice, utilizarea acestui tip de filtru duce la indici de cost de 2 – 3 ori mai mari față de filtrele rapide deschise.

### II. Filtre de contact

Sub această denumire se înțeleg filtrele cu curent ascendent, având ca material filtrant o succesiune de straturi de nisip și pietriș, cu granulozitate descrescătoare în sensul de filtrare (în general, 60 – 0,8 mm).

Aceste filtre se folosesc în special la limpezirea apei pentru utilizări industriale. Pentru folosirea filtrelor de contact în scopul preparării apei potabile, se va acorda o atenție deosebită faptului că, apa de spălare, cu toate impuritățile reținute în filtru, se evacuează pe aceleași căi cu apa filtrată.

În țara noastră, astfel de filtre, se utilizează la alimentarea cu apă a orașelor Baia Mare și Comănești.



**Fig. 3**

**Schema unui filtru de contact:**

- 1 – strat filtrant; 2 – rețeaua de distribuție a apei brute și a apei de spălare;  
 3 – jgheaburi de colectare a apei filtrate, respectiv a apei de spălare;  
 4 – conductă de apă filtrată; 5 – regulator de debit la intrare; 6 – guri de ventilație; 7 – preaplin;  
 8 – apă brută; 9 – apă de spălare;  
 10 – coagulant; 11 – golire.

**III. Filtre radiale cu funcționare intermitentă**

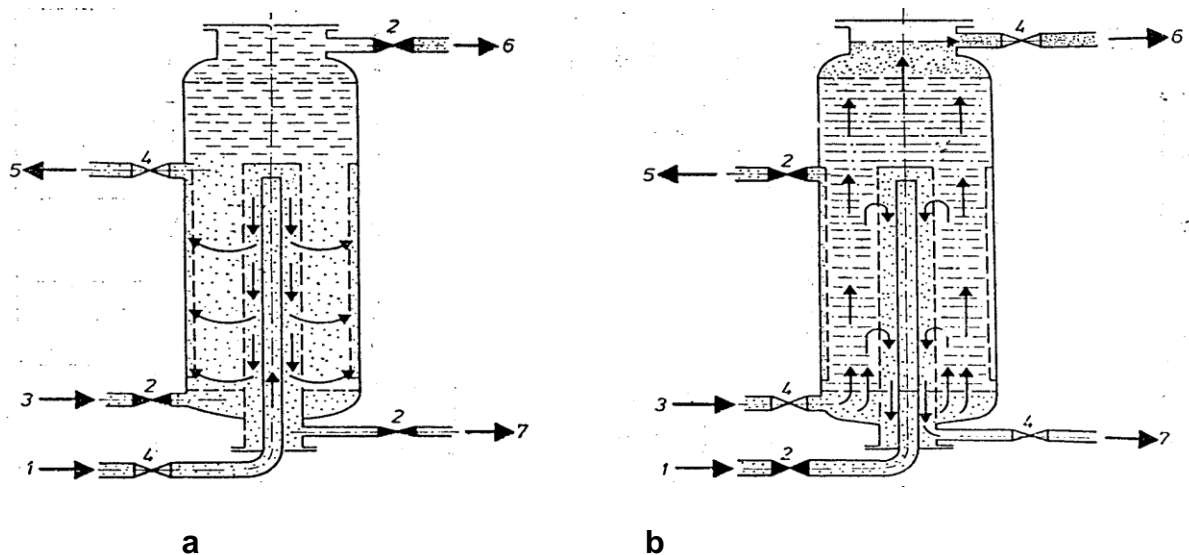
Aceste filtre, au fost brevetate în anul 1977, în Ungaria și fac parte din cadrul filtrelor rapide sub presiune cu sens de filtrare radial-orizontal. Schema de alcătuire și funcționare este dată în fig.4.

Avantajele acestor filtre sunt următoarele:

- eficiență mare a filtrării sub aspect calitativ, limpezirea fiind de câteva ori mai pronunțată ca în cazul filtrelor tradiționale;
- apa se filtrează cu viteze descrescânde, ceea ce mărește durata ciclurilor și reduce complet sau parțial cantitățile de reactivi;
- sistemele de drenaj utilizate permit folosirea unor materiale filtrante foarte fine, de 0,1 – 0,2 mm, ceea ce crește eficiența filtrării.

Filtrul este utilizat în 15 procese de limpezire a apei, sub diferite denumiri comerciale (Radipol, Radicarb, Radionit, Radiferm, Radimang, Radialga, Radiol etc.).

Spălarea acestor filtre se face în curent ascendent, cu apa brută, fără a fi nevoie de rezervoare de spălare. Aceste filtre, pot fi utilizate și la filtrarea în serie, dacă cele două trepte de filtrare sunt pozate concentric în același cazan.



**Fig. 4**  
**Filtre rapide închise, cu sens de filtrare radial – orizontal:**  
 a – ciclul de funcționare; b – spălarea cu contracurent de apă;  
 1 – intrarea apei; 2 – robineteți închiși; 3 – intrarea apei de spălare;  
 4 – robineteți deschiși; 5 – plecarea apei filtrate; 6 – evacuarea apei  
 de spălare; 7 – evacuare secundară a apei de spălare.

## Transportul apei

### Rolul construcțiilor și instalațiilor pentru transportul apei

Într-un sistem de alimentare cu apă, prin construcții și instalații pentru transportul apei se înțeleg ansamblurile de lucrări care asigură conducerea apei de la sursă până la cel mai îndepărtat punct de consum, dintr-un centru populat sau industrial. Aceste ansambluri cuprind atât calea de transport a apei (conduțe, canale, dispozitive de reglare a debitului și presiunii, aparate de măsură și control), cu toate construcțiile accesorii ale acestora, cât și instalațiile pentru mărirea presiunii apei, necesare fie pentru transport, fie pentru asigurarea presiunii de serviciu, cerută de consumatori, presiune care – de altfel – permite transportul apei mai departe, în instalațiile interioare.

În ansamblurile de lucrări necesare pentru transportul apei sunt cuprinse, așadar: **aducțiunile, rețelele de distribuție și stațiile de pompare.**

Statisticile arată că, din ansamblul construcțiilor și instalațiilor care constituie sistemele de alimentare cu apă, partea privind transportul apei reprezintă cca. 60 ... 80 % din totalul investiției. Această proporție are tendința de creștere, deoarece distanțele dintre sursele de apă și folosințele de apă din centrele populate și din industrii vor crește treptat, pe măsura creșterii cantităților de apă necesare și a reducerii disponibilului de apă al surselor apropiate de folosințe.

# ADUCȚIUNEA APEI

## Considerații generale asupra aducțiunilor

Aducțiunea de apă sau apeductul este partea dintr-un sistem de alimentare cu apă, alcătuită din construcții și instalații, care are rolul de a transporta apa de la captare până la rezervorul de înmagazinare și compensare.

Aducțiunea poate fi de tip canal, de tip conductă sau o combinație a acestora și trebuie să cuprindă și toate construcțiile și instalațiile accesorii (cămine pentru vane de linie, pentru ventile de dezaerisire, pentru vane de golire, traversări de râuri, treceri sub căi de comunicație, masive de ancoraj etc.).

Aducțiunile de tip canal asigură transportul apei prin gravitație cu nivel liber; acestea pot fi deschise (descoperite) sau închise (acoperite).

Aducțiunile de tip conductă asigură transportul apei sub presiune, cu sau fără pompare (fig. 1).

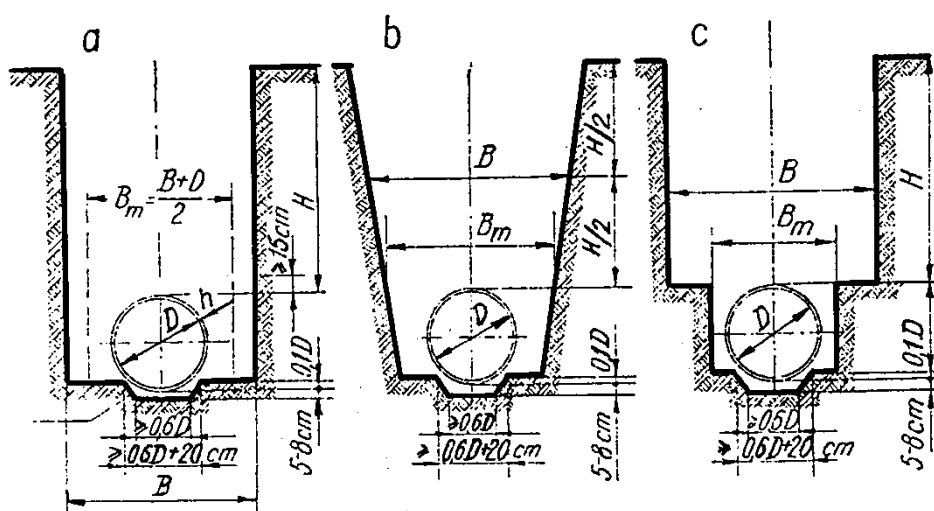


Fig. 1  
Secțiuni de pozare uzuale tipizate

Aducțiunile construite în tunel pot funcționa cu nivel liber sau sub presiune; acestea pot fi aplicate în mod economic numai pentru transportul unor debite mari, care necesită o secțiune de scurgere de cel puțin 1,80 – 2,0 m înălțime, pe 1,50 m lărgime, la săpătura manuală și 2,50 × 2,50 m, la săpătura mecanizată. Datorită costului ridicat de construcție, aducțiunile în tunel se utilizează rar în alimentările cu apă.

Alegerea tipului de aducțiune, precum și a materialului și formei de construcție a acesteia, depinde de:

- relieful terenului;
- gradul de stabilitate și gradul de agresivitate al pământului în care se îngroapă conducta;
- calitatea apei care se transportă;
- presiunea apei în conductă;
- posibilitatea de folosire a metodelor de execuție mecanizată etc., astfel încât să se poată obține soluția cea mai economică, atât din punct de vedere al cheltuielilor de investiție, cât și al celor de exploatare.

O condiție importantă, care se pune la proiectarea aducțiunilor de apă potabilă și care determină, într-o mare măsură, tipul de apeduct, este prevenirea infestării apei transportate cu ape de infiltrație provenite din precipitații atmosferice, din ape de suprafață, din ape subterane, sau din pierderi de la conducte sau canale, care transportă apă nepotabilă sau chiar apă murdară.

Proiectarea aducțiunilor de apă are la bază studii de teren topometrice și studii de teren și de laborator geologice, geotehnice și hidrogeologice.

Studiile topometrice trebuie să asigure reprezentarea cât mai corectă a reliefului terenului în plan și în profil – în lung (fig. 2 și 3), cu toate accidentele de teren și construcțiile întâlnite (cursuri de apă, căi de comunicație, conducte și cabluri subterane, construcții existente pe traseu etc.), care să permită atât alegerea tipului de aducțiune, cât și definitivarea traseului. Pe traseul pichetat al aducțiunii se plantează borne de nivelment, la distanță de cel puțin 2 km de-a lungul traseului și, în orice caz, în vecinătatea accidentelor de teren și a construcțiilor menționate mai înainte, precum și pe amplasamentele construcțiilor accesorii ale aducțiunii. În aceste zone se execută studii topometrice de detaliu.

Este recomandabil ca ridicările topometrice să fie reprezentate într-un sistem de axe de coordonate, iar vârfurile de unghi ale traseului, principalele puncte de reper existente pe teren și bornele de nivelment să fie precizate prin coordonate.

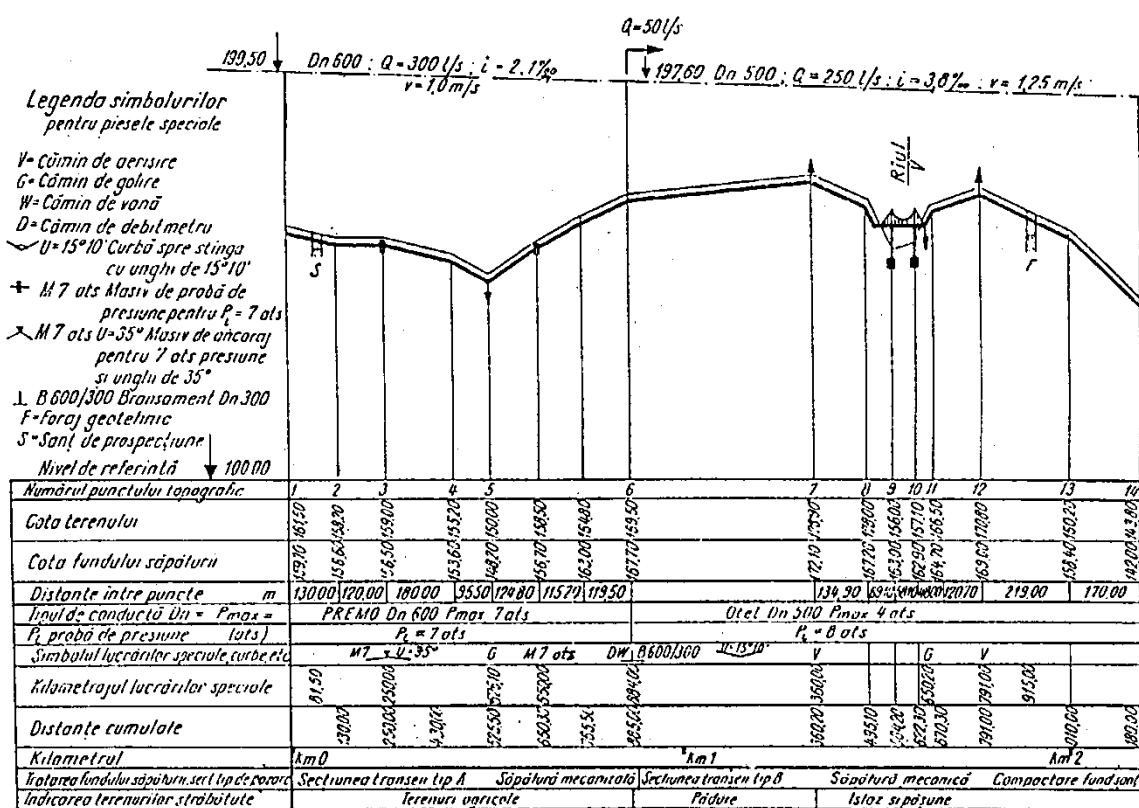


Fig. 2  
Profilul în lung al unei conducte de aducțiune



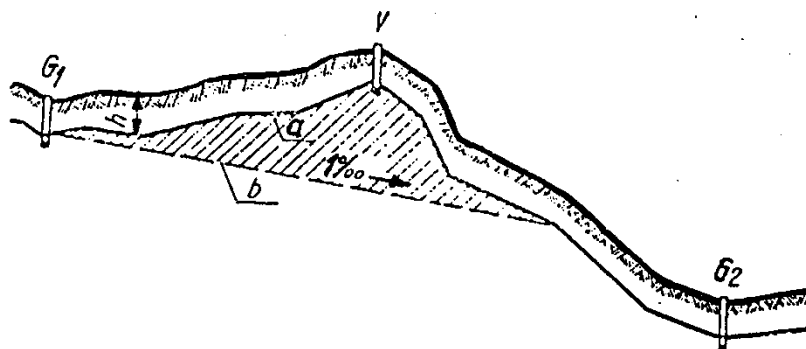


Fig. 3

### Schema de trasare a profilului în lung:

- a – alternativa cu cămin de ventil;
- b – alternativa cu eliminarea căminului de ventil V și a căminului de golire G<sub>1</sub>;
- h – adâncimea minimă de îngropare; G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> – cămine de golire;
- porțiunea hașurată reprezintă săpătura suplimentară pentru alternativa b.

*Studiile geologice, geotehnice și hidrogeologice* au rolul de a preciza, pe întregul traseu, gradul de stabilitate al pământului, caracteristicile lui geotehnice, în vederea stabilirii sarcinilor care pot solicita apeductul, gradul de agresivitate al pământului și al apei subterane asupra materialelor de construcție a aducțiunilor, nivelul apei subterane și caracteristicile stratului de apă (în vederea stabilirii eventualelor epuizmente necesare la execuție), gradul de compactitate al pământului (în vederea stabilirii procesului de execuție și a costului terasamentelor etc.).

Proiectarea aducțiunilor de apă cuprinde atât alegerea soluției pentru traseu, a tipului de apeduct și a materialelor necesare, efectuarea calculului hidraulic (fig.6.4 și tabelele 6.5 și 6.6), de rezistență și a celor economice, cât și întocmirea planurilor și a detaliilor de execuție pentru toate construcțiile și instalațiile care compun aducțiunea. În general, pentru construcția aducțiunilor se caută să se adopte materiale nemetalice, recurgându-se la tuburile din oțel și din fontă numai în cazurile în care celelalte materiale nu îndeplinesc condițiile cerute de rezistență și etanșeitate sau când conduc la soluții mai costisitoare.

## Aducțiuni cu nivel liber

### Date generale

Aducțiunile de apă cu nivel liber pot fi deschise (descoperite) sau închise (acoperite) și au o pantă continuu coborâtoare, panta piezometrică fiind, practic, egală cu panta radierului aducțiunii.

**Aducțiunile de apă cu nivel liber, deschise** constau din tranșee săpate în pământ, având o pantă longitudinală continuă și fiind protejate, de obicei, cu o îmbrăcăminte din beton, piatră sau alte materiale. Canalele de aducțiune deschise pot fi folosite, în mod rațional, numai pentru debite mari de apă nepotabilă, fie în alimentarea cu apă a unităților industriale, fie la transportul apei de la captarea din sursa de suprafață până la stația de tratare a apei, în centrele populate.

Aducțiunile deschise prezintă avantajul principal că sunt, în general, mai puțin costisitoare decât cele închise. În schimb, au următoarele dezavantaje: apa poate fi murdărită, suferă variații mari de temperatură, la viteze mici ale apei este posibilă dezvoltarea vegetației acvatice, iarna se poate forma zăă.

Forma secțiunii transversale a aducțiunilor deschise poate fi: trapezoidală, dreptunghiulară, semicirculară, triunghiulară sau compusă (fig. 7).

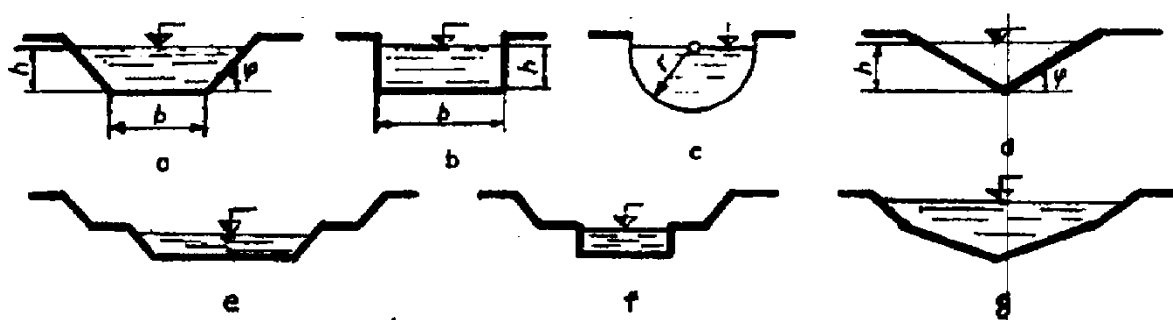


Fig. 7

**Forma secțiunii apeductelor deschise:**

a – trapezoidală; b – dreptunghiulară; c – semicirculară;  
d – triunghiulară; e, f, g – albie compuse.

**Aducțiunile de apă cu nivel liber, închise** se folosesc, întotdeauna, în cazurile în care se transportă apă potabilă sau apă tratată. Chiar în cazul transportării unei ape brute, nepotabile, apare – adeseori – avantajoasă adoptarea acestei soluții, în cazul scurgerii cu nivel liber, pentru a preveni neajunsurile provocate de zăpadă și gheață, precum și de alți factori care alterează calitatea apei și produc pierderi prin evaporare și infiltrație.

În comparație cu aducțiunile care funcționează sub presiune, aducțiunile închise cu nivel liber sunt mai economice, deoarece se pot construi din materiale mai ieftine.

Apeductele închise se fac vizitabile sau nevizitabile, în funcție de debitele transportate. La cele vizitabile se prevăd guri de acces, la distanțe de 500 – 1000 m.

Forma secțiunii interioare a aducțiunilor închise cu nivel liber poate fi: circulară, albie trapezoidală sau semicirculară supraînălțată, albie dreptunghiulară acoperită cu placă sau cu boltă, ovoid, clopot etc. (fig. 8).

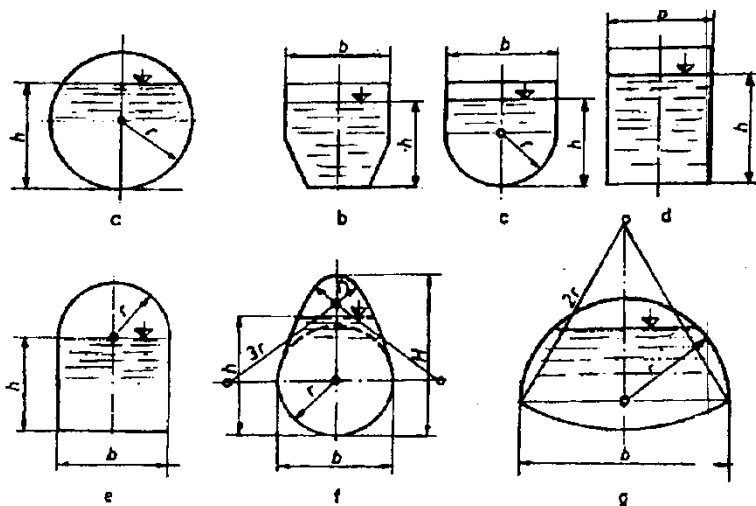


Fig. 8

**Forma secțiunii apeductelor închise, cu nivel liber:**

a – circulară; b – trapezoidală supraînălțată; c – semicirculară supraînălțată;  
d – dreptunghiulară; e – dreptunghiulară cu boltă; f – ovoidală; g – clopot.

Secțiunea cea mai avantajoasă din punct de vedere hidraulic și economic este secțiunea circulară (fig. 8, a) și se adoptă întotdeauna pentru secțiuni mici, nevizitabile.

Forma circulară s-a utilizat cu succes și pentru aducțiuni de secțiune mare.

Forma dreptunghiulară și cea cu albie semicirculară sau trapezoidală cu tavan plan (fig. 8, b, c, d) se adoptă în cazul aducțiunilor care transportă apă brută și care urmează să fie curățate frecvent; în acest caz, acoperirea albiei canalului se face cu capace prefabricate din beton armat. Această formă a fost adoptată la aducțiunile de apă industrială din râurile Ucea, Arpaș, Viștea etc.

Forma dreptunghiulară cu acoperire în formă de boltă, turnată din beton monolit (fig. 8, e), se întâlnește la unele apeducte mai vechi. Această soluție se poate adopta și astăzi, folosind – însă – bolți prefabricate din beton armat.

Forma ovoidală s-a folosit la unele apeducte executate cu cca. 80 de ani în urmă; ea prezintă avantajul unei înălțimi de construcție mai mari, necesară atât pentru construcție, cât și pentru o mai lesnicioasă întreținere și exploatare (fig. 8, f). Inginerul Elie Radu a adoptat această formă la construcția unui tronson din apeductul Bragadiru – Cotroceni.

Forma clopot (fig. 8, g) se poate adopta pentru apeductele închise cu nivel liber, în zonele în care, pe porțiuni scurte, se impune – prin condițiile locale – o înălțime mică de construcție (traversări pe sub căi de comunicații, acoperire mică de pământ etc.).

## Aducțiuni sub presiune

### Date generale

Aducțiunile sub presiune sunt adoptate pe traseele de teren cu relief accidentat. Spre deosebire de aducțiunile cu nivel liber, la cele sub presiune apa ocupă întreaga secțiune interioară, în secțiunea considerată a conductei. Aducțiunile sub presiune se numesc *conducte de aducțiune*.

Apeductele forțate au secțiunea transversală exclusiv de formă circulară, aceasta rezistând în condițiile cele mai economice la presiunea interioară la care sunt solicitate. Diametrul interior al tubului, rotunjit la valori întregi, se numește *diametru nominal* și se notează Dn.

Conductele de aducțiune sunt alcătuite din:

- \* tuburi sau țevi, iar în cazul betonului armat – tronsoane turnate pe șantier, în cofraje;
- \* piese de legătură (coturi, teuri, ramificații, reducții etc.);
- \* armături (vane, ventile de dezaerisire, ventile de siguranță, clapete de reținere etc.);
- \* aparate de măsură și control (apometre, manometre etc.);
- \* construcții accesorii (camere de rupere a presiunii, cămine sau camere pentru adăpostirea armăturilor și aparatelor de măsură și control, treceri sub căi ferate și sub căi rutiere, traversări de râuri, treceri în tunel, masive de ancoraj etc.).

## Lovitura de berbec la conductele de pompare și măsurile de atenuare

**Fenomenul loviturii de berbec reprezintă o succesiune de oscilații de presiune în conductă și ia naștere la variația debitului, respectiv a vitezei, datorită fie închiderii sau deschiderii vanelor, fie pornirii sau opririi pompelor.**

Mărimea amplitudinii presiunii și depresiunii, față de presiunea de regim, depinde de:

- timpul de închidere sau deschidere a dispozitivului (vană, clapetă etc.);
- elementele geometrice ale conductei (lungime, diametru, grosimea peretelui);
- densitatea lichidului;
- caracteristicile elastice ale lichidului și ale conductei;
- viteza inițială a apei în conductă.

Acest fenomen poate avea o influență dăunătoare asupra conductelor de aducțiune, care se pot avaria, la o anumită amplitudine a oscilațiilor de presiune; statisticile arată că, peste 80% din avariile produse pe aducțiunile sub presiune se datorează loviturii de berbec.

Producerea loviturii de berbec la închiderea vanelor conductelor de aducțiune pentru alimentări cu apă, funcționând prin gravitație, este mult atenuată de modul de construcție al acestor armături, la care închiderea obturatorului se face lent.

La conductele de pompare însă, la care lovitură de berbec se produce datorită întreruperii bruște a alimentării cu energie electrică a motorului, fie din cauza unei manevre greșite a personalului de exploatare, fie datorită unei pene de curent pe rețeaua electrică de înaltă sau de joasă tensiune, amplitudinea oscilațiilor de presiune este apreciabilă.

Într-adevăr, la întreruperea alimentării cu energie electrică, turația motorului și a pompei scade, și, datorită acestui fapt, se micșorează debitul și înălțimea de pompare. Inerția rotorului face ca această reducere de debit și de presiune să nu fie bruscă, valoarea minimă fiind atinsă după un anumit interval de timp. De la capătul amonte al conductei de refulare, unde se află pompa, pleacă unda de presiune, care se propagă spre capătul din aval, cu viteza:

$$a = \frac{\sqrt{\frac{E_a}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{D}{\delta} \cdot \frac{E_a}{E_c}}}, \text{ [m/s]} \quad (1)$$

în care:

- $E_a$  – estemodulul de elasticitate al apei,  $E_a = 22\,000 \text{ kgf/cm}^2$ ;
- $\rho$  – densitatea apei,  $[\text{daN/s}^2/\text{m}^4]$ ;
- $D$  – diametrul interior al conductei,  $[\text{cm}]$ ;
- $E_c$  – modulul de elasticitate al materialului conductei,  $[\text{kg/cm}^2]$ ;
- $\delta$  – grosimea peretelui conductei,  $[\text{cm}]$ .

$$\sqrt{\frac{E_a}{\rho}} = 1425 \quad (2)$$

La capătul aval, unda de depresiune se reflectă cu schimbare de semn. Când se anulează viteza apei în conductă, apare tendința de scurgere inversă a apei, din conducta de refulare prin pompă, spre bazinul de aspirație. În majoritatea cazurilor, scurgerea inversă este împiedicată prin introducerea unei clapete de reținere, care se montează la capătul amonte al conductei, lângă pompă. Existența clapetei de reținere,

care se închide în momentul în care scurgerea își schimbă sensul, face ca undele de presiune care ajung la clapetă să se reflecte fără schimbare de semn, producând creșteri importante ale presiunii. Urmează un fenomen de oscilații ale presiunii din conductă, care, datorită frecărilor și a pierderilor de energie din deformarea pereților conductei, se amortizează în timp. Se constată că presiunea minimă se realizează la anularea debitului livrat de pompă în conductă, iar presiunea maximă, după închiderea clapetei de reținere.

Calcululele hidraulice trebuie să permită stabilirea atât a valorii presiunii minime, care poate provoca voalarea pereților conductei sau apariția fenomenului de cavitație, precum și a celei maxime, care poate duce la ruperea conductei. De asemenea, fenomenul de cavitație, care rupe coloana de apă în două, poate produce creșteri inadmisibile ale presiunii în momentul reunirii părților coloanei de apă. Atât la capătul amonte al conductei de refulare, cât și în alte sectoare ale ei (de exemplu: în punctele înalte, în punctele joase etc.) trebuie făcută verificarea presiunilor minime și maxime.

Stabilirea variației maxime a presiunii, în ipoteza că timpul de oprire a coloanei de apă este mai mic decât timpul de reflexie, că fenomenul se desfășoară fără apariția cavitației, iar pierderile de sarcină sunt neglijabile, se poate face utilizând formula lui Jukovski:

O metodă generală de calcul a loviturii de berbec în conductele de refulare – prin care pot fi luați în considerație majoritatea parametrilor care influențează fenomenul – este metoda grafică Schnyder-Bergeron.

- ♦ **Pentru limitarea presiunilor minime** se folosesc dispozitive care să mărească inerția pieselor în mișcare, sau care să permită intrarea apei sau a aerului în conductă. Acestea sunt următoarele:

*Volant pe arborele motor.* Introducerea unui volant pe arborele motor mărește momentul de inerție al părților rotative și, prin aceasta, prelungește durata funcționării, până la oprirea completă a rotorului pompei. În felul acesta, undele reflectate se suprapun celor directe și descreșterea presiunii este mai redusă.

*Rezervor de apă* (fig.9, a). Introducerea unei cantități de apă în conducta de refulare, în secțiunile periculoase ale conductei, în momentul în care presiunile tind să scadă sub valoarea admisibilă, împiedică sau limitează producerea acestor scăderi de presiune. Apa necesară trece în conductă, fie dintr-un rezervor cu conductă de legătură și rezistență locală, fie dintr-un rezervor de apă sub presiune cu pernă de aer. În unele cazuri, apa se poate lua chiar din bazinul de aspirație al pompei, printr-o conductă de ocolire, prevăzută cu clapetă inversă.

*Ventil de vacuum.* O altă soluție o constituie introducerea aerului în conductă în momentul scăderii presiunii, înainte de atingerea valorii critice. Pentru aceasta se folosesc ventile de vacuum, montate în punctele înalte ale conductei. Deoarece, prin acest sistem se rupe coloana de apă este necesar să fie prevăzute dispozitive care să evite suprapresiunile periculoase, care s-ar produce la reunirea coloanelor de apă, în fața a doua a fenomenului loviturii de berbec.

- \* **Pentru limitarea presiunilor maxime** se pot adopta soluții în care: se suprimă clapeta de reținere, se folosesc conductele de ocolire, clapete găurite, castel de apă sau rezervor cu pernă de aer, ventile de atenuare a loviturii de berbec sau vane speciale.

*Suprimarea clapetei de reținere.* Desființarea clapetei de reținere și scurgerea inversă prin pompă, la oprirea motorului acesteia, evită producerea contraloviturii ce ia naștere la închiderea clapetei. După anularea turației rotorului pompei, schimbarea sensului de curgere a apei pune în mișcare inversă rotorul, pompa funcționând, de fapt, ca turbină; viteza de rotație crește treptat, până la turația de ambalare, sau – uneori – chiar depășește această turație.

Funcționarea pompelor la turație inversă, în regim de ambalare, nu este întotdeauna periculoasă. Trebuie însă avut în vedere faptul că, la suprimarea clapetei nu

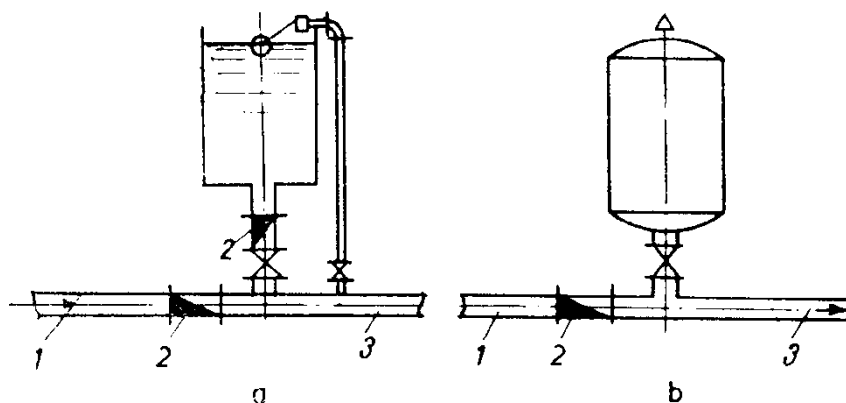
apare ca periculos numai fenomenul de transformare a pompei în turbină, cu ambalarea rotorului peste limita admisibilă, ci se poate produce fenomenul de alimentare bruscă cu energie electrică a motorului, după câteva secunde de întrerupere, iar momentul de rotație în sens invers al motorului față de pompă poate duce la ruperea arborelui sau la avarierea motorului electric.

Acest procedeu are dezavantajul că se pierde apa din conductă, așa încât, la repornirea pompei va trebui umplută, mai întâi, conducta.

*Conductă de ocolire (by-pas).* Utilizarea unei conducte de ocolire a clapetei de reținere micșorează debitul în sens invers; conducta de ocolire este astfel dimensionată, încât să introducă o pierdere de sarcină suficientă pentru a împiedica ambalarea rotorului.

Pe conducta de ocolire a clapetei se montează, uneori, o vană conică cu închidere automată. În cazul în care pompa este prevăzută cu sorb cu clapetă, trebuie să se prevadă și o conductă de ocolire a acestei clapete, având diametrul de  $1/3 - 1/5$  din diametrul conductei principale. Această conductă trebuie să fie ridicată în formă de liră deasupra părții superioare a corpului pompei.

*Clapetă găurită.* Același efect, ca și în cazul conductei de ocolire, se poate obține și prin folosirea unei clapete găurite, care să permită trecerea apei prin pompă, în sens invers, însă cu o rezistență hidraulică sporită, care împiedică ambalarea rotorului. Orificiile din obturatorul clapetei se fac rotunde, cu o suprafață totală de  $10 - 20\%$  din secțiunea transversală a conductei. Același efect se poate obține și prin împiedicarea închiderii complete a clapetei, astfel încât să rămână o secțiune de scurgere, reprezentând  $20\%$  din secțiunea conductei.



**Fig. 9**

**Schema instalației de atenuare cu rezervor de apă:**

- a – cu rezervor cu nivel liber; b – cu rezervor sub presiune, cu pernă de aer; 1 – de la stația de pompare; 2 – clapetă; 3 – conductă de refulare spre rezervor.

În toate situațiile de mai sus, dificultatea de calcul constă în faptul că, pentru determinarea variației presiunilor, este necesară caracteristica completă de funcționare a pompei (inclusiv la turația inversă), care – în majoritatea cazurilor – nu este dată de fabricile constructoare de pompe.

*Rezervor cu pernă de aer.* Legarea conductei de refulare în aval de clapetă, la un rezervor sub presiune, conținând apă și o pernă de aer asigură micșorarea suprapresiunilor prin evacuarea unei cantități de apă în rezervor, care comprimă perna de aer foarte elastică (fig. 9, b).

*Castel de apă.* Legarea conductei de refulare la un castel de apă, rezervor de înălțime sau coloană de echilibru, are același efect cu schema precedentă, cu rezervor cu pernă de aer, cu deosebirea că, oscilațiile de nivel din rezervor au o amplitudine mai

mare. Această soluție apare ca necesară la conductele de aspirație lungi (câteva sute de metri), la care pompa funcționează înecat, în mod normal.

Ultimele două soluții prezentate, cu rezervor și cu castel de apă sau coloană de echilibru, se pot utiliza atât pentru limitarea presiunii minime, cât și a celei maxime.

*Ventile de siguranță sau vane speciale.* Evitarea suprapresiunii din lovitura de berbec poate fi asigurată și prin montarea în aval de clapetă a unui ventil de siguranță contra loviturii de berbec, după modelul indicat.

În mod asemănător se comportă și vanele conice cu deschidere automată, descrise anterior.

Alegerea unei anumite scheme de atenuare a loviturii de berbec depinde de caracteristicile pompei și ale conductei. În general, se recomandă adoptarea unor soluții mai simple, cum sunt ventilul de aer și rezervorul cu pernă de aer; suprimarea clapetei, prevederea clapetelor găurite sau a conductelor de ocolire se poate face numai după o riguroasă verificare a condițiilor de rotire inversă a pompei. Utilizarea ventilelor de siguranță speciale și a vanelor conice este legată de posibilitățile de procurare a unor astfel de armături și impune o riguroasă funcționare a acestor dispozitive; de aceea, aceste soluții au o aplicabilitate mai redusă.

### **Aparate de măsură și control**

Pentru măsurarea parametrilor de funcționare și pentru controlul exploatării aducțiunilor se folosesc apometre și manometre.

**a) Apometrele** sunt aparate cu care se măsoară cantitatea de apă care trece printr-o conductă. Prin *debitmetru* se înțelege apometrul care indică sau înregistrează debitul de apă, iar prin *contor de apă* – apometrul care înregistrează, cifric sau grafic, cantitatea de apă consumată într-un interval de timp (o lună, un an etc.).

În alimentările cu apă se utilizează aparate de măsurare a debitelor, care se bazează pe următoarele metode:

- metoda volumetrică (apometru de volum);
- metoda explorării câmpului de viteză (apometru de viteză);
- metoda micșorării locale a secțiunii de curgere (apometru cu ajutor sau cu diafragmă);
- metoda electromagnetică (apometru electromagnetic);
- alte metode (cot de măsurare, apometre parțiale, apometre mobile cu tub Pitot etc.).

*Apometrul de volum* este alcătuit din una sau mai multe încăperi de volum cunoscut, a căror umplere succesivă este înregistrată de către un mecanism, permițând citirea directă a cantității de apă scursă prin contor.

Acest tip de apometru are avantajul preciziei ridicate ( $\pm 1\%$ ), având, însă, și numeroase dezavantaje: volum și greutate mai mari decât cele de viteză (deci cost mai ridicat), pierderi de sarcină mult mai mari, zgomot în funcționare și necesitatea utilizării unei ape perfect limpezi.

De aceea, el se utilizează numai în cazuri speciale: laboratoare, pentru etalonări, sau în alte cazuri în care se cere o măsurare mai precisă a debitului.

*Apometrul de viteză* este alcătuit dintr-un corp, în interiorul căruia se învârtă o morișcă antrenată de curentul de apă, mișcarea de rotație fiind transmisă unui mecanism integrator, care înregistrează cantitatea de apă ce traversează contorul.

Citirea contorului de viteză se face notând succesiv cifrele întregi depășite de acele indicatoare, în ordinea mărimii înscrise pe cadran.

La noi în țară se construiesc două tipuri de apometre de viteză:

- apometre de viteză cu morișcă (roată cu palete), cu ax vertical, pentru debite mici, care se construiesc pentru conducte cu  $D_n < 30$  mm și se utilizează la branșamente mici;

- apometre de viteză, având morișca cu ax orizontal (elice), care se construiesc pentru diametre  $D_n > 50$  mm și se utilizează la branșamente mari, precum și la conductele de aducțiune și pe rețeaua de distribuție.

*Apometrul cu ajutor și apometrul cu diafragmă* se bazează pe măsurarea diferenței de presiune între secțiunea normală și secțiunea strangulată a aparatului, care este proporțională cu pătratul debitului.

Aceste apometre indică debitul, dar sunt dotate și cu dispozitive de înregistrare continuă a acestuia; cantitatea de apă trecută prin aparat, într-un anumit interval de timp, rezultă din graficul înregistrării aparatului.

Apometrele cu ajutor și cele cu diafragmă au avantajul unei bune precizii și al posibilității transiterii la distanță a înregistrărilor; se utilizează cu bune rezultate la conductele mari de aducțiune a apei.

Pentru o mai mare precizie de măsurare, atât la apometrele de viteză, cât și la cele cu ajutor și cu diafragmă, se impune asigurarea unei mișcări uniforme a apei, în conducta de intrare și ieșire din aparat. De aceea, aparatul se montează pe o porțiune rectilinie a conductei, fără piese de legătură sau armături, având lungimea conform indicațiilor date de fabrica producătoare.

La proiectare trebuie să se aibă în vedere și presiunea minimă de funcționare a aparatului, indicată în prospecte.

*Apometrul electromagnetic* măsoară debitul de apă bazându-se pe legea de inducție a lui Faraday, după care, la deplasarea unui conductor electric într-un câmp magnetic, ia naștere în conductor un curent electric de inducție.

Aparatul constă dintr-un magnet permanent, fixat la exteriorul unui tub metalic, prevăzut cu flanșe la cele două capete, care se intercalează pe conductă.

La interior, tubul este prevăzut cu o cămașă izolatoare netedă (de exemplu, din cauciuc) și cu doi electrozi care culeg curentul indus.

Conductorul electric în mișcare este chiar fluidul care trece prin aparat. Curentul colectat este amplificat cu un aparat electronic și transmis unui dispozitiv indicator și unui dispozitiv înregistrator.

Curentul indus prin trecerea fluidului ia naștere nu numai lângă perete, ci și în întreaga secțiune a conductei; el este proporțional cu viteza curentului de apă (respectiv a debitului care trece prin conductă) și cu intensitatea câmpului magnetic și este independent de distribuția câmpului de viteze în secțiune. De aceea, existența coturilor, ramificațiilor, reducățiilor sau a altor piese de legătură nu influențează precizia aparatului. De asemenea, nici compoziția și nici conductivitatea electrică diferită a fluidului nu alterează rezultatul măsurărilor.

Datorită calităților enumerate mai sus, acest apometru poate fi utilizat cu succes la măsurarea debitului pentru ape de orice calitate (ape turburi, limpezi, ape minerale etc.). Aparatul trebuie să aibă – în permanență – secțiunea plină cu apă, iar viteza curentului de apă trebuie să fie mai mare de 1 m/s.

**b) Manometrele** sunt aparate pentru măsurarea presiunii în conductele de aducțiune. În alimentările cu apă se utilizează atât manometre metalice indicatoare, cât și manometre înregistratoare. De asemenea, se utilizează manometre diferențiale cu coloană de lichid la apometrele cu ajutor și cu diafragmă.