5 Стационарно течење во системи под притисок

5.1 Терминологија и задачи

Проблемите во практиката се неизбежно поврзани со системи од резервоари и цевки каде протечното количество се регулира со затворачи. Кога во таквите системи се одржува постојан дотек и постојан притисок во резервоарите, во цевките се задржуваат константни брзини со притисоци многу поголеми од дијаметарот. Тогаш течењето е стационарно и може да се применат основните равенки за непроменливост на масата и енергијата, односно равенката на континуитетот и енергетската ра-венка. При ова, најголем ефект се постигнува со конструкција на линијата на енергија (ЕЛ) и пиезометриската линија (ПЛ), кога можат да се видат промените на брзината и притисоците како резултат на промената на геометриската форма на различни места во системот.

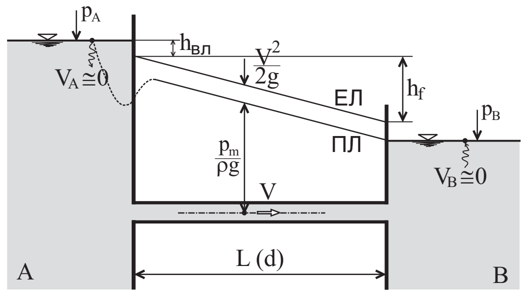
Основните практични задачи што се поставуваат пред инжене-рот се: (i) определување на губитоците на енергија и промените на притисокот со познавање на протечното количество и карактеристиките на цевките, (ii) определување на протечното количество при познати губитоци на енергијата и познати карактеристики на цевките и (iii) определување на потребниот дијаметар на цевките при познавање на притисокот и проте-чното количество. Првиот од наведените проблеми се решава директно, но при решавање на другите два потребни се итеративни методи, првенствено заради фактот што коефициентот на триење (f) и коефициентот на локални губитоци (k), зависат од Reynolds-овиот број (R_e), кој пак зависи од брзината (V) и дијаметарот на цевката (d) кои се непознати големини во про-блемите наведени во (ii) и (iii).

5.2 Кратки цевководи

Цевководите во системите под притисок кога имаат релативно мали односи на должината и дијаметарот се решаваат со основните равенки, динамичката и на континуитетот, вклучувајќи ги вкупните губитоци на енергија: локалните (h_j) и линиските (h_f). Динамичката равенка согласно на енергетските принципи може соодветно да се примени само со претходно согледување на физичките каракетристики на цевките и оперативните услови на системот во целина.

Нека се разгледува истекување низ цевка со должина (L) и дијаметар (d) што поврзува два резервоара во кои нивоата се одржуваат постојани со константен дотек (Q=const), Сл.5.1. Корисно е да се направат следниве забелешки: (i) течењето се извршува со значителна брзина и енергија само низ цевката, односно брзините во резервоарите се занемраливи заради малиот пресек на цевката во однос на површината на резервоарите ($V \gg V_A$) и ($V \gg V_B$), (ii) пиезометриската линија (ПЛ) или хидродинамичката линија ги покажува разликите на апсолутниот и атмосферскиот притисок и за позитивни притисоци ($p_m=p-p_{at}$) се наоѓа над осовината на цевката, а за негативни ($p_v=p_{at}-p$) се наоѓа под осовината на цевката и (iii) линијата на енергија (ЕЛ) согласно енергетската равенка се наоѓа над пиезометриската линија за онолку за колку изнесува кинетичката енергија ($V^2/2g$) и е паралелна на пиезометриската линија за (V=const). Имајќи ги во предвид овие забелешки, енергетската равенка за пресеците во резервоарите A и B со референтен пресек во B, Сл. 5.1, се пишува:

$$\frac{p_A}{\rho g}+\frac{V_A{}^2}{2g}+H=\frac{p_B}{\rho g}+\frac{V_B{}^2}{2g}+0+\text{губитоци} \qquad [5.1]$$



Слика 5.1

При слободни нивоа во резервоарите апсолутните притисоци се еднакви на атмосферскиот, (p_A=p_{at}) и (p_B=p_{at}), брзините се занемарливи (V_A≈0) и (V_B≈0), а губитоците се локални и линиски:

$$h_j + h_f = k_{вл}\frac{V^2}{2g} + k_{из}\frac{V^2}{2g} + f\frac{L}{d}\frac{V^2}{2g} \qquad [5.2]$$

па од равенката 7.1 се добива:

$$V = \frac{1}{\sqrt{\Sigma k + f\frac{L}{d}}}\sqrt{2gH} = C_v\sqrt{2gH} \qquad [5.3]$$

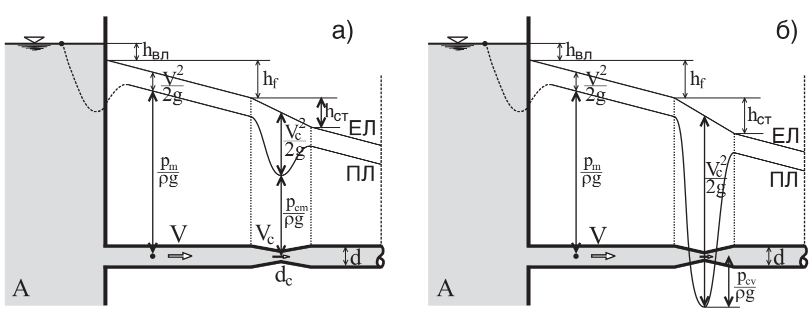
Протечното количество согласно на равенката на континуитет се изразува:

$$Q = AV \qquad [5.4]$$

Така, најчесто при познат проток (Q) се решава системот на равенки 5.3 и 5.4 по двете непознати големини, брзината (V) и притисокот (H).

ЛОКАЛНО СТЕСНУВАЊЕ

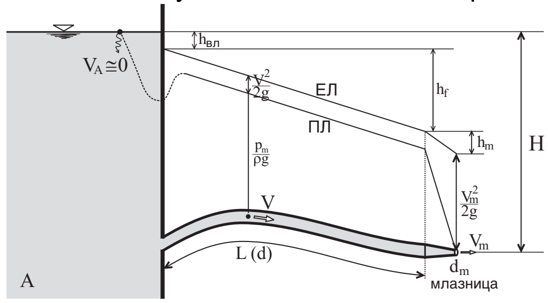
Цевките во системите под притисок често имаат различен пресек (d≠const). За да се објаснат промените на хидрауличките големини се анализираат равенките 7.3 и 7.4. Очигледно е дека брзината зависи од притисокот, а протечното количество од брзината и од геометријата. Во случај на локално стеснување на цевката, Сл. 7.2, при (Q=const) брзината се зголемува што условува од енергетската равенка намалување на притисокот. На тоа локално место брзината е променлива и пиезометриската линија нема да биде паралелна со линијата на енергија. Зависно од степенот на стеснување (A_c/A) притисокот може да се намали, но да остане с#уште позитивен (p_{cm}=p_c-p_{at}), Сл. 5.2а или да добие негативна вредност (p_{cv}=p_{at}-p_c), Сл. 5.2б.



Слика 5.2

СТЕСНУВАЊЕ СО МЛАЗНИЦА

При слободно истекување низ цевки во атмосфера, често има потреба од зголемување на излезната кинетичка енергија. Ова се постигнува со цевка со мала должина и променлив дијаметар, конвенционално наречена млазница, затоа што низ неа течноста истекува како млаз со мал пресек и голема енергија.



Слика 5.3

За системот како на Сл.5.3, основните равенки се енергетската равенка за пресеците во резервоарот и во млазницата, со референтен пресек во млазницата и равенката на континуитет:

$$\frac{p_{at}}{\rho g} + \frac{V_A^{\ 2}}{2g} + H = \frac{p_{at}}{\rho g} + \frac{V_m^{\ 2}}{2g} + 0 + губитоци \qquad [5.5]$$

$$Q = AV = A_m V_m \qquad [5.6]$$

Губитоците на енергија се локални, на влез ($h_{вл}=k_{вл}V^2/2g$) и во млазницата ($h_m=k_m V_m^2/2g$) и линиски заради триењето $h_f=f(L/d)V^2/2g$. Преглед на коефициентите на локалните губитоци (k) кои зависат од геометриската форма е прикажан во dodatokot Г. Равенките [5.5] и [5.6] се со три непознати големини, брзините (V) и (V_m) и притисокот (H). При (Q=const) од равенка-та на континуитет ($AV=A_m V_m$) се изразува брзината ($V=V_m A_m/A$) и се заменува во динамичката равенка [5.5]. Така, понатаму се решаваат две равенки со две непознати големини.

КОЕФИЦИЕНТ НА CHEZY

Во практиката, особено при решавање на проблеми со комерцијални цевки, линиските губитоци на енергија можат да се изразат со модулот на протек. Од изразот на Darcy-Weisbach, равенка [4.7], се изразува брзината:

$$V^2 = \frac{8g}{f} R \frac{h_f}{L} \quad или \quad V = \sqrt{\frac{8g}{f}} \sqrt{R \frac{h_f}{L}} \qquad [5.7]$$

Големината $\sqrt{8g/f}$ е коефициент на отпорот или Chezy-ев коефициент (C), а односот (h_f/L) е наклон на линијата на енергија или хидраулички градиент (S_f), па равенката 7.14 се пишува:

$$V = C\sqrt{RS_f} \qquad [5.8]$$

Ако оваа равенка, позната во литературата како Chezy-ева равенка, се замени во равенката на континуитет, се добива:

$$Q = AV = AC\sqrt{RS_f} \quad или \quad Q = K\sqrt{S_f} \qquad [5.9]$$

Големината ($K = AC\sqrt{R}$) се вика modul na protek и има иста димензија како и протечното количество, бидејќи наклонот (S_f) е бездимензионална големина. Од последната равенка можат да се изразат линиските губитоци со модулот на протек:

$$S_f = \frac{h_f}{L} = \frac{Q^2}{K^2} \quad \text{или} \quad h_f = \frac{Q^2}{K^2} L \qquad [5.10]$$

Коефициентот (C) има димензија [m/s][$m^{1/2}$]=[$m^{1/2}$/s] и може да се определи со претходно познавање на коефициентот на три-ење (f), кој пак зависи од релативната рапавина (ε/d) и Reynolds-овиот број (R_e). Заради ова, аналитичкото определување на коефициентот (C) не е секојпат можно, па најчесто во практиката се применуваат емпириски изрази добиени со експериментални истражувања:

Manning $$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \qquad [5.11]$$

Bazin $$C = \frac{87}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}} \qquad [5.12]$$

каде (R) е хидраулички радиус, а (n) и (m) се коефициенти на рапавина чии вредности се добиваат експериментално и за некои материјали се прикажани во dodatokot D.

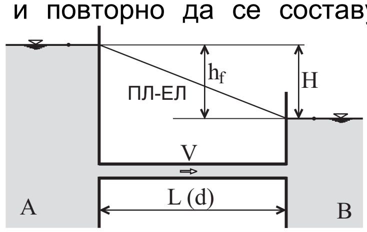
5.3 Долги цевководи

Кога должините на цевките се многу големи (L>>d), отпорите од триење се доминантни, па занемарувањето на локалните гу-битоци на енергија речиси не го менува општото решение, а ги поедноставува основните равенки. Објаснувањето е во анализата на енергетската равенка $H=(\Sigma k+fL/d)V^2/2g$, а за системот на резервоари и цевки како на Сл. 5.4. За турбулентен режим на течење при одредена вредност на коефициентот (f) со зголемување на должината се зголемува членот во заградата (fL/d). На пример за (f=0,03) и за (L/d=100, 1000 и 10000), се добива (fL/d=4,5, 31,5 и 301,5). Коефициентите на локалните губитоци останале непроменети ($\Sigma k=k_{vl}+k_{iz}$), каде ($k_{vl}<1$), а ($k_{iz}=1$) за потопено истекување. Се констатира дека влијанието на локалните губитоци се намалува со зголемувањето на односот (L/d). Исто така, зголемувањето на односот (L/d) ја намалува кинетичката енергија ($V^2/2g$), односно ја приближува линијата на енергија (EL) кон пиезометриската линија (PL). Така, цевките со големи должини се решаваат со поедноставни енергетски равенки, занемарувајќи ги локалните губитоци и кинетичката енергија. Со ваквите објаснувања основните равенки за разгледуваниот систем се:

$$H = h_f = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} \qquad [5.13]$$

$$Q = AV \qquad [5.14]$$

Во практиката долгите цевководи можат да поврзуваат еден или повеќе резервоари, да се разделуваат без да се составуваат низводно или да се разде-луваат и повторно да се составуваат низводно. Во вакви сложени системи примената на енергетската равенка, која се поставува само за два пресека во насока на течењето, доведува до една, две или повеќе динамички равенки, а равенката на континуитет се изразува со билансот



Слика 5.4

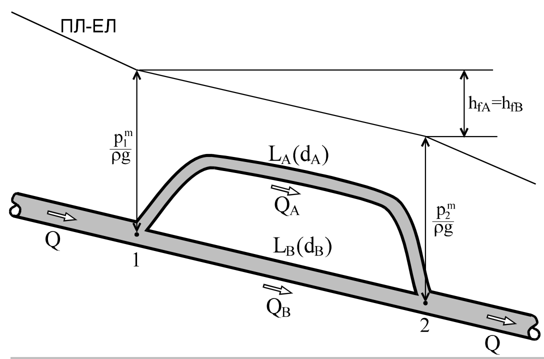
на различните протечни коли-чества во системот.

ПАРАЛЕНИ ЦЕВКОВОДИ

Во сложените цевководни системи заради зголемување на пропусната способност на некој дел од цевката, може да се примени паралелен цевковод. Појдовните принципи при решавање на вакви проблеми се: (i) цевките и протекувањата се разделуваат од една точка, (ii) цевките и протекувањата низводно се составуваат и (iii) локалните губитоци, брзинската височина и промената на коефициентот на триење (f) од Reynolds-овиот број (R_e) се занемаруваат, односно пресметувањата се спроведуваат врз основа на коинциденција на линијата на енергија и пиезометриската линија. За било каков систем на паралелни цевководи, кои се разделуваат од главната цевка, а потоа повторно се составуваат, Сл.5.5, основните равенки што чинат си-мултан систем се:

$$h_{fA} = h_{fB} \qquad [5.14]$$

$$Q = Q_A + Q_B \qquad [5.15]$$



Слика 5.5

Ако губитоците се изразат преку протечните количества, $h_f=L(Q^2/K^2)$, основните равенки се пишуваат:

$$\frac{Q_A^{\,2}}{K_A^{\,2}} L_A = \frac{Q_B^{\,2}}{K_B^{\,2}} L_B \qquad [5.16]$$

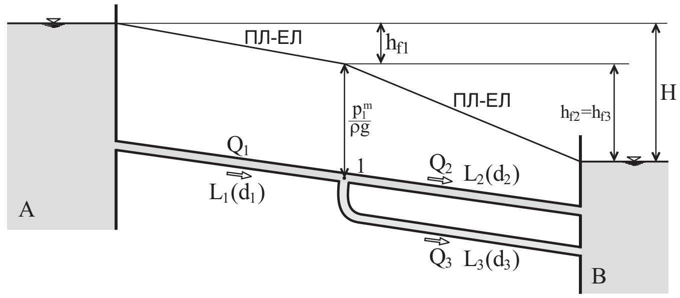
$$Q = Q_A + Q_B \qquad [5.17]$$

Решението на овој систем равенки ја определува распределбата на протокот (Q) во протекувањата (Q_A) и (Q_B) при познати карактеристики на цевките.

За системот како на Сл 5.6, основните равенки се пишуваат:

$$\frac{Q_2^{\,2}}{K_2^{\,2}} L_2 = \frac{Q_3^{\,2}}{K_3^{\,2}} L_3 \qquad [5.18]$$

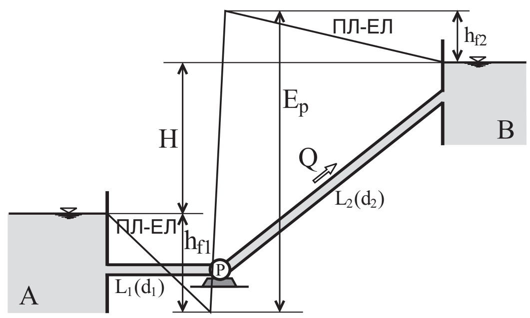
$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \qquad [5.19]$$



Слика 5.6

ПУМПИ И ТУРБИНИ

Системите под притисок со резервоари поставени на одредена висинска положба и поврзани со цевки често не можат само под влијание на гравитацијата да исполнат одредени оперативни услови. На пример, дотекување од пониско на повисоко ниво. Во овој случај системите се снабдуваат со пумпен агрегат кој на локално место го зголемува притисокот, Сл.5.7, така што хидродинамичката линија обезбедува совладување на отпорите на течење во насоката од пумпата кон резервоарот В. Хидродинамичката линија пред пумпата може во одредени услови да покаже и негативни притисоци (вакуум), а низводно од пумпата редовно притисокот е позитивен. Основните равенки што се применуваат се енергетската равенка и равенката на континуитет:



Слика 5.7

$$E_p = h_{f1} + H + h_{f2} \qquad [5.20]$$

$$Q = AV \qquad [5.21]$$

Доминантни губитоци се оние заради триењето кои се определуваат со карактеристиките на доводната и потисната цевка:

$$h_{f1} = \left(\frac{Q^2}{K_1^2}\right)L_1 \quad \text{и} \quad h_{f2} = \left(\frac{Q^2}{K_2^2}\right)L_2 \qquad [5.22]$$

Снагата на пумпата при 100% искористеност, односно со коефициент на ефикасност (η=1), се определува:

$$N = \rho g Q E_p \qquad [5.23]$$

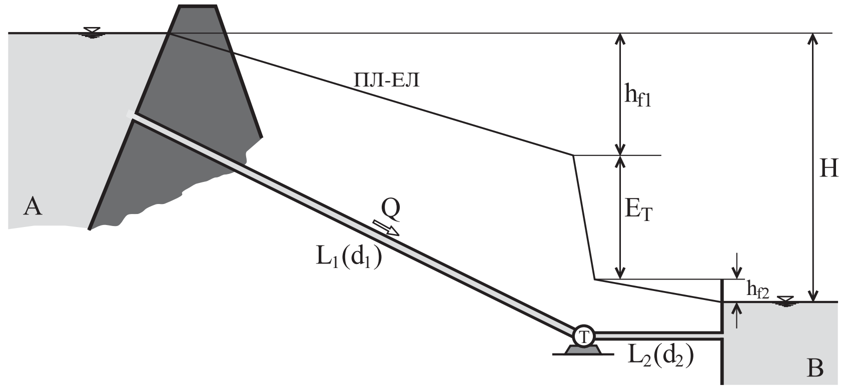
Во практиката (η<1), па снагата на пумпата се определува:

$$N = \frac{\rho g Q E_p}{\eta} \qquad [5.24]$$

Снагата димензионално се изразува со $[N/m^3][m^3/s][m]=[Nm/s]= [J/s]$=Watt. На Сл. 5.8 се прикажани карактеристиките на центрифугална пумпа. Освен со пумпни агрегати кои создаваат хидродинамички притисок користејќи извор на друга енергија, на пример електрична, системите под притисок може да бидат снабдени и со турбински агрегати, кои го намалуваат, односно го трошат хидродинамичкиот притисок и произведуваат друг вид на енергија, на пример електрична. Снагата на турбината се определува:

$$N = \rho g Q E_T \qquad [5.25]$$

$$E_T = H - h_{f1} - h_{f2} \qquad [5.26]$$

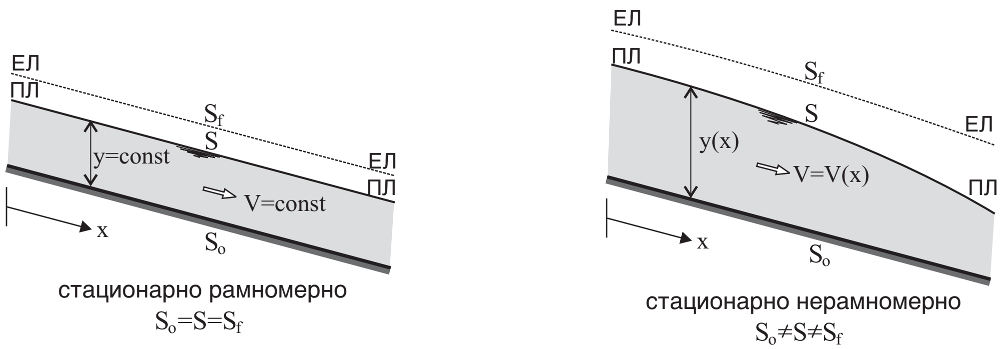


Слика 5.8

6 Стационарно течење во отворени корита

6.1 Дефиниција и класификација

Отворените корита се средини каде флуидите течат под влијание на гравитацијата. Наклонот на дното на отворените корита, реките и каналите, ја определува компонентата на силата од гравитацијата во насока на течењето како доминантна сила. Течноста што ја исполнува средината има слободна по-вршина кон атмосферата, а границата на областа зафатена со струење не е однапред дефинирана. Атмосферскиот притисок на воздухот над слободната површина има помала густина од течноста и е константен, па кај сите отворени текови, условно, тој е еднаков на нула, а распоредот на притисокот под слободната површина генерално е хидростатички. Карактеристични параметри при изучување на овие течења се длабочината (y) и брзината (V), а при тоа во важност се основните принципи за одржување на масата, енергијата и количеството на движење, со кои принципи се изведуваат основните равенки, на континуитетот и динамичките равенки. Класификацијата на течењата во отворените корита како и за оние во системите под притисок е можна врз основа на разли-чни критериуми како времето, просторот, вискозитетот, густината и друго. Ако е критериум за класификација времето, течењата во отворените корита можат да бидат stacionarni и nestacionarni. Нестационарните течења се препознаваат со зголемување или намалување на протекот и длабочината, односно со појава на бран. Поплавните бранови од интензивни дождови, нагло топење на снег или од рушење на прегради се изразита нестационарна појава и хидраулички се опишуваат и решаваат со парцијални диференцијални нелинеарни равенки кои немаат решение во затворена форма, односно нивната дескрипција и решавање е многу сложена постапка отколку онаа за стационарното течење. Задржувајќи се на стационарните еднодимензионални течења, во отворените корита, *Сл. 6.1*, може да се разликуваат: ramnomerni или непроменливи течења, кога параметрите на текот не се менуваат во насока на течење ($\partial y/\partial x=0$) и ($\partial V/\partial x=0$), и нерамномерни или променливи течења, кога длабочината и брзината се менуваат во насока на течење ($\partial y/\partial x\neq 0$) и ($\partial V/\partial x\neq 0$). Кај рамномерните течења длабочината и брзината се константни, а слободната површина е паралелна на дното, односно хидрауличкиот градиент е еднаков на наклонот на дното ($S=S_f=S_o$). Нерамномерните течења се преодни делници од текот и се предизвикани со контролни профили, возводно или низводно, заради чие влијание длабочините и брзините се менуваат со растојанието, а слободната површина не е паралелна со наклонот на дното ($S\neq S_f\neq S_o$). Во понатамошното излагање ќе се задржиме само на рамномерните течења како наједноставни за математичко опишу-вање и за решавање. Освен според течењето, отворените корита можат да се класифицираат и според геометриските карактеристики на средината. Ако е попречниот пресек критериум, тогаш тие можат да бидат: призматични, кога протечниот пресек се изразува со позната геометриска форма A=A(y) и непризматични, кога протечниот пресек нема правилна геометриска форма и се менува во насока на течењето A=A(x,y). Призматични корита се сите проектирани форми, како што се трапезни, правоаголни, триаголни, кружни, параболични или комбинирани, а непризматични се коритата на природните водотеци и езера. По однос на слободната површина кон атмосферата, коритата можат да бидат: otvoreni, кога за сите протекувања контактот со атмосферскиот надворешен притисок не е условен и затворени, каде за одредени протекувања горната граница на коритото го преминува контактот со атмосферскиот притисок и системот почнува да работи под притисок, односно течењето е без слободна површина. По однос на наклонот на дното коритата можат да бидат: хоризонтални (S_o=0), позитивни (S_o>0) и обратни (S_o<0).



Слика 6.1

6.2 Геометриски елементи на пресек

Геометриската форма на коритото целосно ги определува елементите на пресекот и тоа:

Длабочина на течење (y) во [m]: е определена со вертикалното растојание од најниската точка на пресекот до слободната површина на течноста. Вообичаено е длабочината при стационарно рамномерно течење да се именува како normalna длабочина и се означува со (y_o).

Ниво или водостој (z) во [m]: е положба на слободната површина на течноста во однос на избрана референтна рамни-на. Ако дното на коритото е таа рамнина, тогаш нивото и длабочината на течењето се еднакви.

Широчина на нивото (B) во [m]: е широчината на попречниот пресек на коритото во слободната површина на течноста.

Протечен пресек (A) во [m^2]: е површина на попречниот пресек на коритото нормално на насоката на течење, или со други зборови, тоа е површина ограничена со границите на коритото и слободната површина. Во практиката овој пресек се именува и како жив presek.

Натопен обем (O) во [m]: е должина на контактот на течноста со границите на коритото и се вика уште и периметар.

Хидраулички радиус (R) во [m]: е однос на протечниот пресек и натопениот обем (R=A/O).

Хидрауличка длабочина (D) во [m]: е однос на протечниот пресек и широчината на нивото (D=A/B).

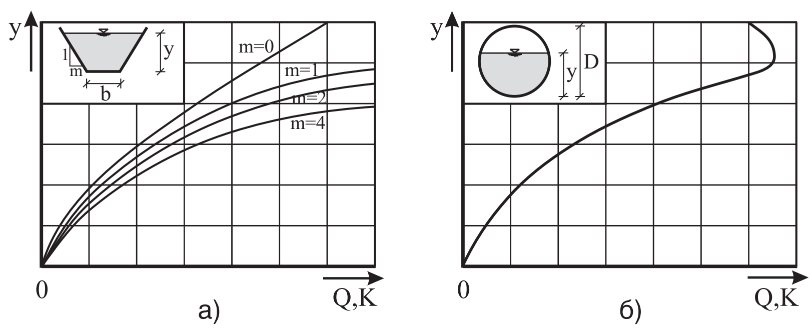
6.3 Крива на проток

Протечното количество се зголемува со зголемување на проте-чниот пресек (A), на коефициентот на отпорот (C) и на хидрауличкиот радиус (R). Ако коефициентот на отпорот се изрази според равенката на Manning, следува:

$$Q = A\frac{1}{n}R^{1/6}\sqrt{RS_f} = \frac{1}{n}AR^{2/3}\sqrt{S_f} = K\sqrt{S_f} \qquad [6.1]$$

каде производот ($AR^{2/3}$) е параметар на попречниот пресек и е функција од длабочината (y), односно A=A(y) и O=O(y), па следува дека и R=R(y). Така, протечното количество за пресек со дефинирани геометриски елементи, се изразува како функција од длабочината Q=Q(y), а нејзиниот графички приказ во стручната терминологија се вика kriva na protek или консумпциона крива. Кривата на протек (Q-y) е парабола и има различни градиенти во зависност од формата на пресекот. За отворени пресеци, кривата има поголеми градиенти за мали длабочини и помали за поголеми длабочини, Сл. 6.1а, што покажува дека во почетокот за големи прирасти на длабо-чината има мало зголемување на протекот, а подоцна за мали прирасти на длабочината има значително зголемување на протекот. Кога пресеците се затворени од горната страна, кривата (Q-y) е применлива се додека не се исполни целиот пресек по што течењето е под притисок, а не со слободна површина. За кружни затворени пресеци, карактеристично е што максималното количество не се добива за полн пресек туку за нешто помал полнеж (y≈0,95D), кога брзината е ≈15% поголема од онаа при полн пресек, Сл. 6.1б.

Проблемите што се појавуваат во практиката при решавање на отворените корита најчесто се: (i) определување на протекот или пропусната способност при познати геометриски елементи и познати физички карактеристики на коритото, (ii) определување на димензиите на коритото при познат протек и зададен наклон на дното и (iii) определување на наклонот на дното при дефинирани геометриски елементи на пресекот и познат протек.



Слика 6.2

6.4 Сложени попречни пресеци

Непризматичните корита често имаат сложени попречни пресеци кои се составени од основно или минор корито и едно или две странични или мајор корита кои се викаат и инундации. Многу често рапавината на основното корито се разликува од рапавината на страничните корита. Во ваков случај кривата на протек Q=Q(y) треба да се определи како збир на протеците во поодделните пресеци. За попречен пресек поделен во три композитни пресеци, може да се напише:

$$Q = \left(\frac{A_1}{n_1}R_1^{2/3} + \frac{A_2}{n_2}R_2^{2/3} + \frac{A_3}{n_3}R_3^{2/3}\right)\cdot S_0^{1/2} \qquad [6.2]$$

каде (n_1), (n_2) и (n_3) се коефициенти на рапавина во поодделните пресеци од попречниот пресек. Еквивалентниот коефициент на рапавина за целиот попречен пресек се определува со изразот:

$$n = \left[\frac{\sum_{i=1}^{i=m} O_i n_i^{3/2}}{O} \right]^{2/3} \qquad [6.3]$$

каде (О) е вкупен натопен обем. Еквивалентен коефициент на рапавината може да се определи и за секој поединечен композитен пресек, на пример кога дното и страниците се од различен материјал. Тогаш натопениот обем се дели на поединечни должини (O_1, O_2, O_3, ... O_m) со соодветни коефициенти на рапавината (n_1, n_2, n_3, ... n_m), а еквивалентниот коефициент на рапавина се определува со равенката 6.3.

Поединечните коефициенти на рапавина кај сложените попречни пресеци најчесто се определуваат со теренска опсервација на геолошко-морфолошките состојби, на состојбите со вегетацијата, со фотографирање и користење на препораки во литературата од истражени експериментални сливови и речни корита. Еквивалентниот коефициент на рапавина може да се определи и со претходни мерења на геометријата, брзината и протекот. Тогаш, при познат протек и попречен пресек, се применува равенката:

$$Q = A \cdot C\sqrt{RS_f} = A \cdot \frac{1}{n} R^{1/6} \cdot \sqrt{RS_f} = A \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot S_f^{1/2} \qquad [6.4]$$

од каде следува:

$$n = \frac{A}{Q} R^{2/3} S_f^{1/2} \qquad [6.5]$$

каде за стационарно рамномерно течење (S_f=S_o). Ваквиот пристап на определување на пропусната способност на сложен попречен пресек со концептите за стационарно рамномерно течење покажува различен протек и различна брзина во секој од поодделните пресеци. Затоа, потребен е посебен пристап при определување на нормалната длабочина (y_o). Имено, кога текот почнува да ги исполнува страничните корита (инундациите), тогаш натопениот обем на пресекот се зголемува нагло и брзо, а површината на протечниот пресек се зголемува незначително и бавно. Заради тоа, брзината и протекот почнуваат да се намалуваат со зголемување на длабочината. Така, без разлика што пресметувањата се коректни, се доаѓа до физичка некоректност во симулираниот тек. За да се избегне овој проблем најчесто се применуваат следните методи:

(i) Целиот попречен пресек се дели со вкупниот натопен обем за да се добие еквивалентниот хидраулички радиус. Овој метод дава погрешни резултати при мали длабочини во страничните корита.

(ii) Целиот попречен пресек се дели на основно корито и две странични корита со вертикалните линии C и D. Контактните површини на вертикалните линии се вклучени во вкупниот натопен обем, бидејќи заради разликите во брзините на овие делови тангенцијални напрегања постојат ($\tau \neq 0$). Според овој метод, Myers (1978), се претпоставува дека овие напрегања немаат влијание врз течењето во страничните корита, односно инундациите.

(iii) Целиот попречен пресек се дели на основно корито и две странични корита со вертикалните линии C и D, како и во претходниот случај, само што сега контактните површини на вертикалните линии не се вклучени во вкупниот натопен обем (τ=0).