

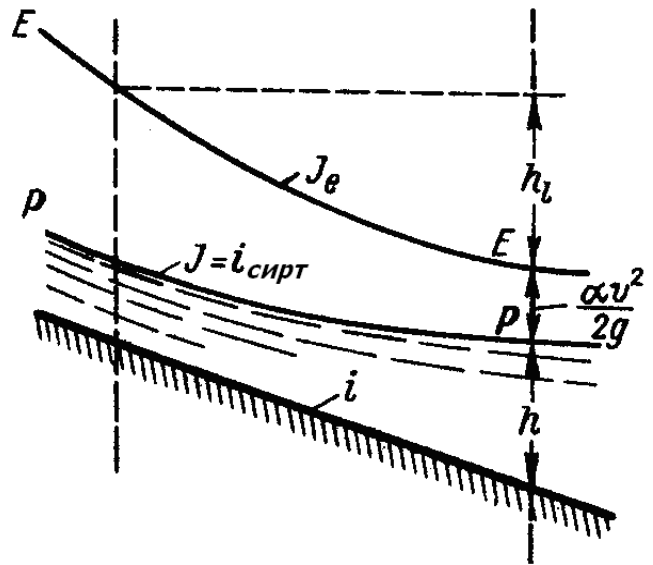
## X BOB

# OCHIQ O‘ZANLAR VA KANALLARDA SUV OQIMINING NAPORSIZ NOTEKIS BARQAROR HARA KATI

### 10. 1. DASTLABKI TUSHUNCHALAR

Ushbu bo‘limda suyuqlikning turbulent tartibli kvadrat qarshilik sohasidagi harakatini o‘rganamiz. Bunda asosan suyuqlikning tekis o‘zgaruvchan notekis naporsiz barqaror harakati bilan tanishamiz. Avvalambor, bu harakat turini ta’riflymiz. Bizga oldingi mavzulardan ma’lumki, suyuqlik oqimi barqaror harakatlanishi uchun sarf vaqt davomida o‘zgarmas ( $Q = const$ ) bo‘lishi kerak. Barqaror harakatning notekis harakatida esa suyuqlik oqimining o‘rtacha tezligi va chuqurligi vaqt davomida oqim bo‘ylab o‘zgarishi ( $U \neq const, h \neq const$ ) bizga ma’lum. Naporsiz harakatda esa oqimning bir tomoni atmosfera bosimi bilan tutashgan ( $p_0 = p_a$ ) bo‘ladi. Suyuqlikning bir turi bo‘lgan suvni o‘rganiladigan ob’ekt sifatida qabul qilamiz. Demak, *suv oqimining naporsiz, notekis barqaror harakatida  $Q = const, U \neq const, h \neq const, p_0 = p_a$  shartlar bajarilishi kerak.* Suv oqimining bunday holatdagi harakati 10. 1-rasmda ifodalangan.

Faraz qilaylik, biror qattiq jism yuqoridan pastga tushmoqda. Bunda uning harakati tezlanuvchan bo‘ladi, lekin vaqt o‘tishi bilan havoning qarshi-ligi oshib, harakat tezlanuvchan holatdan tekis holatga o‘ta bosh-laydi. Bunday tekis harakatda jismning og‘irlik kuchi havoning qarshiligi bilan muvozanatlanadi. Agar silindrik kanallarga suv oqimi kirib kelsa, kanalga tushgan dastlabki suv miqdori notekis harakatlana boshlaydi. Lekin, bu holatda ham suvning tezligi oshishi bilan harakatga



10. 1-rasm. O‘zandagi suvning notekis, barqaror naporsiz harakati

to‘sqinlik qiluvchi qarshilik (ishqalanish) kuchlari miqdori ham osha boshlaydi.

Shu sababli, agar harakat tezlanuvchan holatda boshlangan bo‘lsa, og‘irlik kuchi kattaligini qarshilik kuchi bilan muvozanatlashishi hisobiga vaqt o‘tishi bilan suv tekis harakatlana boshlaydi.

Shunday qilib, har qanday oqim harakati davomida og‘irlik kuchining bajargan ishi qarshilik kuchi bajargan ishga tenglasha borishi sababli, vaqt o‘tishi bilan tekis harakatlana boshlaydi.

Umuman, suvning notekis harakati faqat harakat tartibiga ta’sir etilgandagina paydo bo‘ladi.

Oqim yo‘nalishi bo‘ylab, tezlik va chuqurlik o‘zgarishi bilan amalga oshuvchi  $v \neq const$ ,  $h \neq const$  – notekis harakatga misol keltiramiz.

1<sup>o</sup>. To‘g‘ri nishabli silindrik o‘zanli kanallarda oqimning notekis harakati, ( $i > 0$ ).

Silindrik (prizmatik) kanallar deganda, biz kanal ko'ndalang kesimining uzunlik bo'ylab o'zgarmasligini  $\left(\frac{\partial \omega}{\partial s} = 0, \omega = f(h)\right)$  nazarda tutmoqdamiz.

Ayrim holatlarda ular prizmatik kanallar deb ham yuritiladi. Bunday holatda oqimning tekis harakati quyidagi vaziyatlarda buzilishi mumkin.

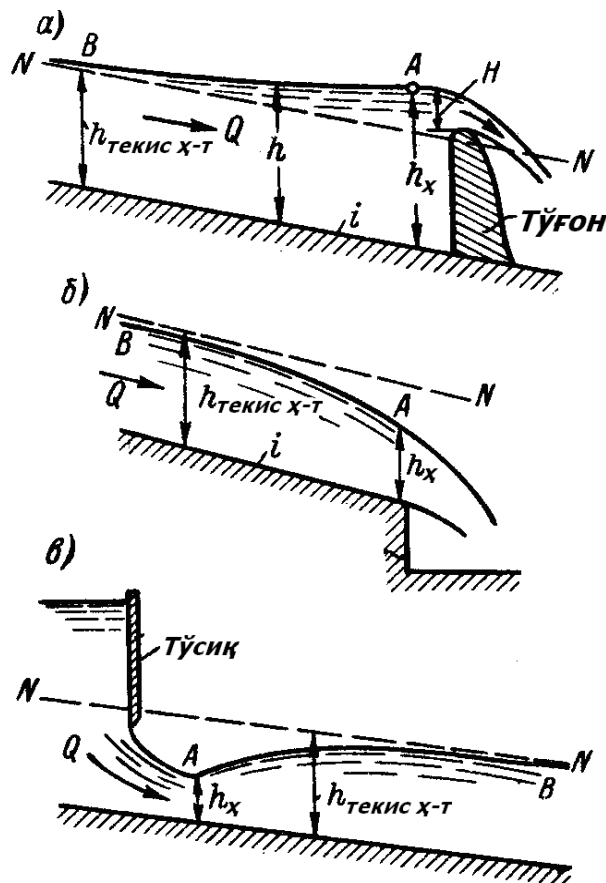
a) Agar kanalda to'g'on qurilgan bo'lsa, oqim erkin sirtining A nuqtasida o'zgarish bo'lib, unda  $h_{\phi} \neq h_{\text{ТИНЧ X-T}}$  chuqurlik mavjud bo'ladi. (10. 2, a-rasm).

b) kanal tubining keskin pastga tushishi oqibatida ham  $h_{\phi} \neq h_{\text{ТИНЧ X-T}}$  chuqurlik o'zgarishi va notekis harakat vujudga kelishi mumkin (10. 2, b-rasm).

c) kanalga to'siq o'rnatilgan holatda ham  $h_{\phi} \neq h_{\text{ТИНЧ X-T}}$  chuqurlik o'zgaradi va notekis harakat vujudga keladi (10. 2, v-rasm).

Demak, to'g'ri nishabli silindrik o'zanli kanallarda ( $i > 0$ ) oqimning notekis harakati,  $h_{\phi} \neq h_{\text{ТИНЧ X-T}}$  chuqurlik o'zgarishi hisobiga vujudga kelar ekan.

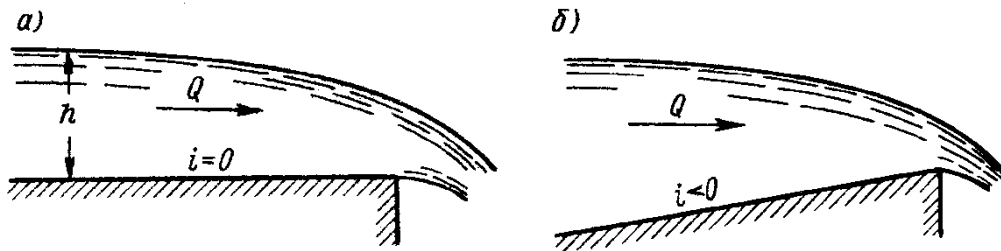
2<sup>0</sup>. To'g'ri va teskari nishabli silindrik kanallarda oqimning notekis harakati (10. 3-rasm).



10. 2-rasm. To'g'ri nishabli silindrik kanallarda notekis harakat

Shezi formulasining ko‘rib chiqilishining o‘zi bunday holatlarda faqat oqimning notekis harakati mavjud bo‘lishini ko‘rsatadi.

$i = 0$  bo‘lgan holatda Shezi formulasiga asosan  $v = 0$ ,  $i < 0$  bo‘lganda esa fizik nuqtai nazardan, suvning tekis harakati bo‘lishi mumkin emas. Demak, bunday holatlarda suyuqlikning notekis harakati mavjud bo‘ladi.



10. 3-rasm. Tekis ( $i = 0$ ) va teskari nishabli ( $i < 0$ ) silindrik o‘zanli kanallarda oqimning notekis harakati

3<sup>o</sup>. Notsilindrik o‘zanlarda (kengayuvchi va torayuvchi) kanallarda oqimning notekis harakati (10. 4-rasm).

Kanalning uzunlik bo‘ylab ko‘ndalang kesimi o‘zgariborsa ( $\frac{\partial \omega}{\partial s} \neq 0$ ;  $\omega = f(s, h)$ ), bunday kanallar *notsilindrik (noprizmatik) kanallar* deyiladi.

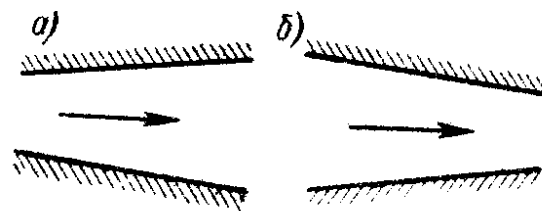
Yuqorida ko‘rib chiqqan holatlar asosida quyidagicha xulosa qilishimiz mumkin:

Suv oqimining notekis harakati quyidagi holatlarda bo‘lishi mumkin:

1) Silindrik o‘zanli kanallarda:

a) agar o‘zan tubining nishabligi  $i > 0$  bo‘lsa, chuqurlik o‘zgargan holatda

$$h_{\phi} \neq h_{\text{тинч х-т}} \text{ (10. 2-rasm);}$$



10. 4-rasm. Notsilindrik o‘zanlar

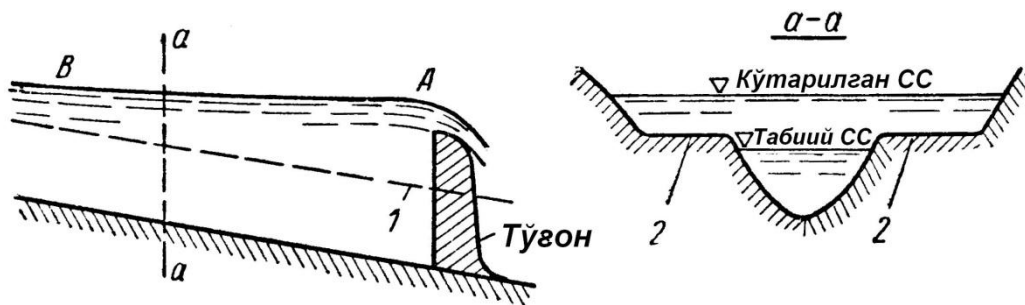
b) o‘zan tubining nishabligi  $i = 0$  yoki  $i < 0$  ga teng bo‘lgan holatlarda (10. 3-rasm).

2) Notsilindrik o‘zarlarda (10. 4-rasm).

Shuni ta’kidlash kerakki, asosan gidrotexnika amaliyotida ko‘pgina hollarda oqimning notekis harakati mavjud bo‘lib, unda suv oqimining erkin sirti holatini o‘rganishga to‘g‘ri keladi. Masalan:

a) erkin sirt egriligi ( $AV$ ) ni bilgan holda suvning ixtiyoriy  $h$  chuqurligini topishimiz mumkin. Bu, bizga ko‘p amaliy muammolarni hal qilishda yordam beradi;

b)  $AV$  egrilik shaklini bilib (10. 5-rasm), daryoda qurilayotgan to‘g‘on ta’sirida qirg‘oqning qancha qismini suv bosishini va suv bosgan maydon qanday kattalikda bo‘lishini bilishimiz mumkin.



10. 5-rasm. Uzunlik bo‘yicha (chapda) va ko‘ndalang (o‘ngda) kesimlar

Shunday qilib, oqimning notekis harakatida erkin sirt egriligi  $AV$  ni qurish masalasi qo‘yilishi va hal qilishini quyidagicha ifodalash mumkin:

1) Bizga o‘zanning shakli, geometrik o‘lchamlari, tubining uzunlik bo‘yicha nishabligi, g‘adir-budirliqi, chuqurlik va sarf berilgan deb, faraz qilaylik.

2) Suv oqimining notekis harakati mavjud bo‘lgan o‘zanda elementar  $ds$  sohani ajratib olamiz va by holatga mos gidravlik ifodalardan foydalanib, bu soha uchun oqim harakatining differensial tenglamasini yozamiz. Bu tenglama *suv oqimining notekis harakati differensial tenglamasi* deyiladi.

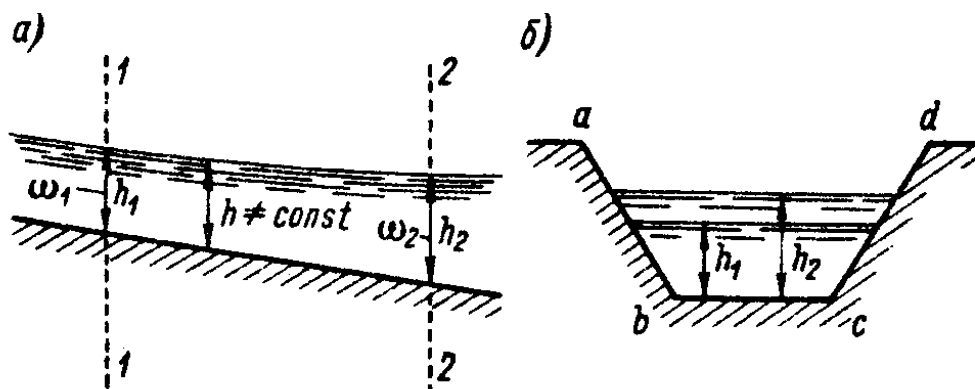
3) Bu tenglamani integrallab,  $AV$  erkin sirt egriligining tenglamasini olamiz, bu tenglama silindrik o‘zanlar uchun *notekis harakat tenglamasi* deb ataladi.

4) Notekis harakat tenglamasidan foydalanib,  $AV$  egri sirtning koordinatalarini aniqlaymiz.

Oqimning notekis harakati differensial tenglamasini tuzish bilan Koriolis shug‘ullangan bo‘lsa, uni hisoblab, taqribiy echimini Bussinesk taklif etgan. Bundan tashqari, bu sohada o‘zining salmoqli hissalarini B. A. Baxmetev, R. R. Chugaev, A. N. Raxmanovlar ham qo‘shishgan.

Bu bobda asosan silindrik o‘zanlarni ko‘rib chiqamiz. SHuning uchun ta’kidlash kerakki, *silindrik yoki prizmatik o‘zanlar* deganda, uzunlik bo‘yicha oqim yo‘nalishida shaklini va o‘lchamlarini o‘zgartirmaydigan o‘zanlar tushuniladi. Bunda oqimning ko‘ndalang kesimi - «harakatdagi kesim» va o‘zanning ko‘ndalang kesimi tushunchalari mutlaqo boshqa-boshqa tushunchalar ekanligiga e’tibor berilishi kerak.

10. 6-rasmdan ko‘rinib turibdiki,  $a-b-c-d$  kesim uzunlik bo‘yicha o‘zgarmaydi, lekin uzunlik har xil bo‘lganligi uchun  $h_1 \neq h_2$  oqimining harakatdagi qismi o‘zgaruvchan  $\omega_1 \neq \omega_2$  bo‘ladi.



10. 6-rasm. Silindrik prizmatik o‘zan

**10. 2. SUV OQIMI NOTEKIS HARAKATINING ASOSIY  
DIFFERENSIAL TENGLAMASI  
(differensial tenglamaning 1-ko‘rinishi)**

Suv oqimi notekis harakatining asosiy differensial tenglamasini yozish uchun dastlab, oqimning notsilindrik o‘zandagi harakatini ko‘rib chiqamiz. Bunda uzluksiz tekis o‘zgaruvchan harakat mavjud deb qabul qilamiz. 10. 7-rasmda oqimning uzunlik bo‘yicha kesimini ko‘rib chiqamiz va rasmda chuqurlik ( $h$ ) o‘qini tik va  $s$  o‘qni o‘zan tubining uzunligi bo‘ylab yo‘nalgan, deb qabul qilamiz.  $W-W$  kesimda ma’lum ( $s$ ) masofada hamda  $1-1$  va  $2-2$  kesimlar oralig‘ida yotgan ( $ds$ ) elementar sohani tanlab olamiz.

Tanlangan  $1-1$  va  $2-2$  kesmlar uchun taqqoslash ( $0-0$ ) tekisligiga nisbatan Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$z + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} = z + dz + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{\alpha(v^2 + dv^2)}{2g} + dh_l \quad (10. 1)$$

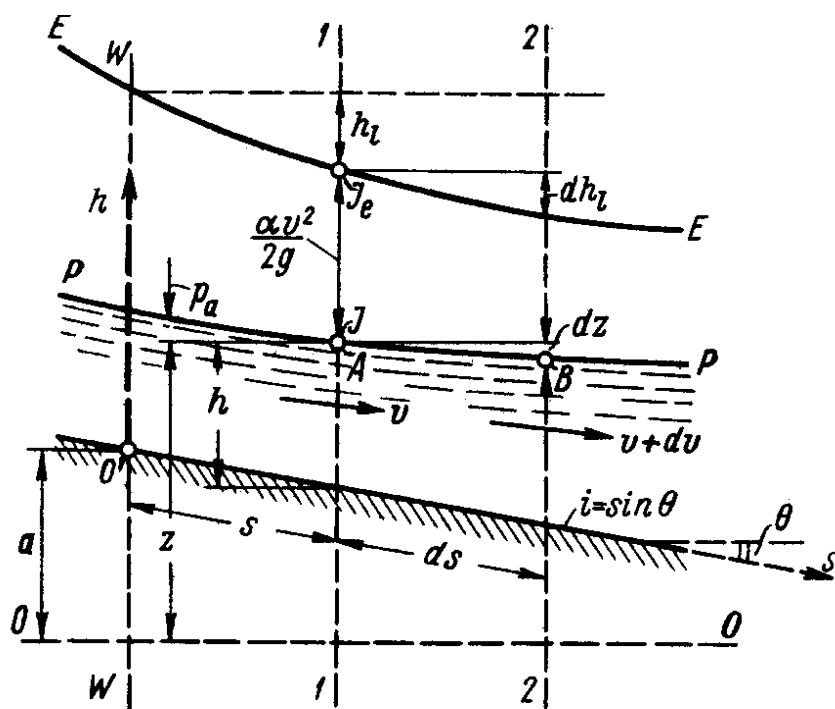
bunda,

$$\frac{\alpha(v^2 + dv^2)}{2g} = \frac{v^2}{2g} + d\left(\frac{v^2}{2g}\right) \quad (10. 2)$$

bunda  $v$  –  $1-1$  kesimdagi o‘rtacha tezlik;  $\alpha$ – kinetik energiya korrektivi yoki harakatdagi kesim bo‘ylab tezlik taqsimlanishining bir xil emasligini hisobga oluvchi koeffitsient bo‘lib, amaliyotda

$$\alpha \approx 1,0 \div 1,1 \quad (10. 3)$$

ga teng deb qabul qilinadi.



10. 7-rasm. Notekis harakatning differensial tenglamasini keltirib chiqarishga doir

(10. 2), (10. 3) ifodalarni (10. 1) ifodaga qo'yib, quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$dh_1 = -dz - d\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right) \quad (10. 4)$$

Agar

$$\frac{\alpha v^2}{2g} = h_v \quad (10. 5)$$

belgilash kiritsak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$-dz = dh_v + dh_1 \quad (10. 6)$$

Bu tenglama, *oqimning notekis harakati tenglamasi* deyiladi. Tenglamada  $dz$  – AV erkin sirt egriligining  $ds$  oraliqdagi o'zgarishi bo'lib, musbat va manfiy ishoraga ega bo'lishi mumkin. (10. 6) tenglamada, asosan shunga e'tibor berish kerakki, oqimning erkin sirt egriligini pasayishi uning



potensial energiyasini kamayishini ko'rsatib, bu miqdor kinetik energiya o'zgarishi bilan napor yo'qolishi yig'indisiga tengdir.

(10. 5) tenglamaning har ikkala tomonini  $ds$  kattalikka bo'lamiz:

$$-\frac{dz}{ds} = \frac{dh_v}{ds} + \frac{dh_l}{ds} \quad (10. 7)$$

bunda

$$J = -\frac{dz}{ds} \quad (10. 8)$$

$J$  – pezometrik nishablik.

$J_e$  gidravlik nishablik ko'pincha quyidagi ko'rinishda keltiriladi:

$$J_e = \frac{dh_l}{ds} = i_f \quad (10. 9)$$

bunda  $i_f$  – suv oqimining notekis barqaror harakatida mahalliy napor yo'qolishlarini inobatga olinmaganligi sababli, gidravlik nishablik ishqalanish nishabligiga teng deb qabul qilib, (10. 7) ifodani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$J = \frac{d}{ds} \left( \frac{\alpha v^2}{2g} \right) + i_f$$

(10. 10)

Endi oqimning uzluksiz tez o'zgaruvchan harakatida napor yo'qolishini aniqlash ancha murakkab masala ekanligini inobatga olib, bu kattalikni tekis harakatdagidek aniqlanadi, deb cheklanish qabul qilib, ishqalanish nishabligini Shezi formulasiga asosan quyidagicha aniqlash mumkin:

$$i_f = \frac{v^2}{C^2 R} = \frac{Q^2}{K^2} \quad (10. 11)$$

bunda  $v$ ,  $C$ ,  $R$  va  $K$  parametrlar  $I-I$  kesimga ta'luqlidir.

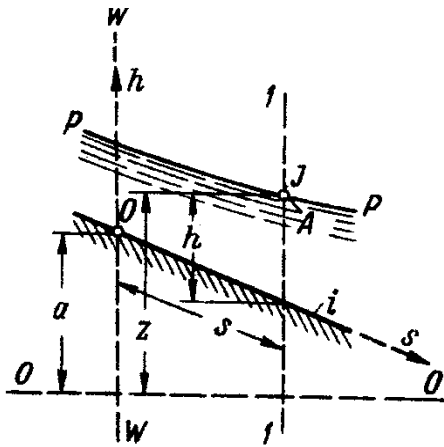
(10. 11) ifodani hisobga olgan holda,  $\alpha = const$  deb qabul qilib, (10. 10) ifodaning oxirgi ko'rinishini yozib olamiz:

$$(I) \quad \boxed{J = \alpha \frac{d}{ds} \left( \frac{v^2}{2g} \right) + \frac{v^2}{C^2 R}} \quad (10. 12)$$

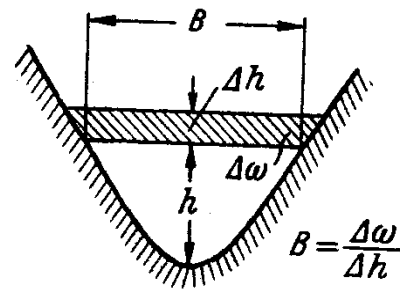
Bu tenglama oqimning notekis harakati differensial tenglamasining (I) birinchi ko‘rinishi hisoblanadi.

### 10.3. OQIMNING NOTEKIS HARAKATI DIFFERENSIAL TENGLAMASINING IKKINCHI KO‘RINISHI

Oqimning notekis harakati differensial tenglamasining ikkinchi ko‘rinishini olish uchun  $Q$  sarfni doimiy deb qabul qilib, o‘zanning geometrik o‘lchamlarini ma’lum deb hisoblaymiz va tenglamadagi ayrim gidravlik kattaliklarni chuqurlik orqali ifodalaymiz. (10. 12) ifodaning har bir hadini alohida ko‘rib chiqamiz:



10. 8-rasm (10. 17) formulaga doir



10. 9-rasm (10. 21) formulaga doir

1.  $J$  had pezometrik nishablik. 10. 8-rasmga asosan quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$z = a - is + h \quad (10. 13)$$

yoki

$$dz = dh - ids \quad (10. 14)$$

bundan

$$\frac{dz}{ds} = \frac{dh}{ds} - i \quad (10. 15)$$

Pezometrik nishablikni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$J = -\frac{dz}{ds} \quad (10.16)$$

Demak,

$$J = i - \frac{dh}{ds} \quad (10.17)$$

2.  $\alpha \frac{d}{ds} \left( \frac{v^2}{2g} \right)$  hadni ko'rib chiqamiz. Bunda  $v$  tezlikni  $Q$  sarf

orqali ifodalaymiz.

$$\alpha \frac{d}{ds} \left( \frac{v^2}{2g} \right) = \alpha \frac{d}{ds} \left( \frac{Q^2}{\omega^2 2g} \right) = \frac{\alpha Q^2}{2g} \frac{d}{ds} \left( \frac{1}{\omega^2} \right) = -\frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} \frac{d\omega}{ds} \quad (10.18)$$

Biz bu holda, notsilindrik o'zanlarni ko'rayotganligimiz uchun  $\omega$  harakatdagi kesim yuzasi  $-h$  vas koordinatalarga bog'liqdir:

$$\omega = f(h, s) \quad (10.19)$$

Buni hisobga olsak, quyidagini yozishimiz mumkin:

$$\frac{d\omega}{ds} = \left( \frac{\partial \omega}{\partial s} + \frac{\partial \omega}{\partial h} \frac{dh}{ds} \right) = \left( \frac{\partial \omega}{\partial s} + B \frac{dh}{ds} \right) \quad (10.20)$$

$$B = \frac{\partial \omega}{\partial h} \quad (10.21)$$

bunda  $V$  – oqimning sath bo'yicha kengligi (10.9-rasm).

(10.20) ifodani (10.18) ifodaga qo'ysak, quyidagi munosabatni olamiz:

$$\alpha \frac{d}{ds} \left( \frac{v^2}{2g} \right) = -\frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} \left( \frac{\partial \omega}{\partial s} + B \frac{dh}{ds} \right) \quad (10.22)$$

3.  $\frac{v^2}{C^2 R}$  hadni sarf orqali ifodalaymiz:

$$\frac{v^2}{C^2 R} = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \quad (10.23)$$

4. Olingan (10. 17), (10. 22) va (10. 23) ifodalarni (I) ko‘rinishdagi oqimning notekis harakati differensial tenglamasiga qo‘ysak, tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$i - \frac{dh}{ds} = -\frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} \left( \frac{\partial \omega}{\partial s} + B \frac{dh}{ds} \right) + \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R}$$

$\frac{dh}{ds}$  ga nisbatan tenglamani hisoblash uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$i - \frac{dh}{ds} = -\frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} \frac{\partial \omega}{\partial s} - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} B \frac{dh}{ds} + \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R}$$

$$\frac{dh}{ds} \left( 1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} B \right) = i + \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{\omega^3} \frac{\partial \omega}{\partial s} - \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} = i - \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \left( 1 - \frac{\alpha C^2 R}{g \omega} \frac{\partial \omega}{\partial s} \right)$$

Bundan, quyidagiga ega bo‘lamiz,

$$(II) \quad \frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \left( 1 - \frac{\alpha C^2 R}{g \omega} \frac{\partial \omega}{\partial s} \right)}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3}} \quad (10. 24)$$

Bu tenglama *notsilindrik*  $\left( \frac{d\omega}{ds} \neq 0 \right)$  o‘zanlardagi suv oqimi harakatining differensial tenglamasining (II) ko‘rinishi hisoblanadi.

Endigi vazifamiz, silindrik, xususan prizmatik, sun‘iy notsilindrik va tabiiy o‘zanlardagi oqimning harakat holati uchun tenglamaning ko‘rinishlari bilan tanishamiz. Ya‘ni bu tenglamani bosqichma-bosqich integrallash uchun qulay ko‘rinishga keltirishga harakat qilamiz.

## A. OQIMNING SILINDRIK O‘ZANLARDAGI NOTEKIS HARA KATI

### 10. 4. SILINDRIK O‘ZANLARDA OQIMNING NOTEKIS BARQARORHARA KATI DIFFERENSIAL TENGLAMASINING IKKINCHI KO‘RINISHI

Silindrik, xususan, prizmatik o‘zanlarda oqimning harakatdagi kesim yuzasi –  $h$  chuqurlikka bog‘liq bo‘ladi,

$$\omega = f(h) \quad (10. 25)$$

deb qabul qilishimiz mumkin. Bunda o‘zanlar uchun:

$$\frac{\partial \omega}{\partial s} = 0 \quad (10. 26)$$

xususiy hosilani yuqoridagicha qabul qilsakda,

$$\frac{d\omega}{ds} \neq 0 \quad (10. 27)$$

ekanligi bizga ma’lum. Chunki,  $d\omega/ds$  kattalik  $\omega$  harakatdagi kesim yuzasining  $s$  koordinata o‘zgarishi bilan haqiqiy o‘zgarishini ko‘rsatadi.

Demak (10. 26) ifodani hisobga olsak, (10. 24) tenglamani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g \omega^3}} \quad (10. 28)$$

Agar

$$\omega^2 C^2 R = K^2 \quad (10. 29)$$

ekanligini hisobga olsak,

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{K^2}}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3}} \quad (10.30)$$

hosil bo'ladi.

Agar (10.30) ifodada

$$\frac{dh}{ds} = 0 \quad (10.31)$$

deb qabul qilsak,

$$i - \frac{Q^2}{K^2} = 0 \quad (10.32)$$

ifodaga ega bo'lamiz.

Bundan oqimning tekis harakat tenglamasini olish mumkin

$$Q = K\sqrt{i} \quad (10.33)$$

Endi  $i = 0$  va  $i < 0$  bo'lgan holatlarni ko'rib chiqamiz.

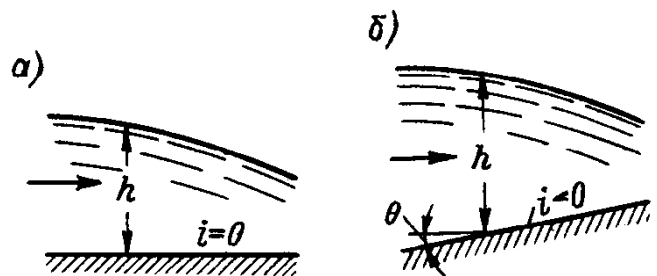
a) gorizontali tubli  $i = 0$  o'zanni ko'ramiz (10.10, a-rasm). Bunda (10.30) ifoda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$(II)_{\text{silindr}; i=0} \frac{dh}{ds} = -\frac{\frac{Q^2}{K^2}}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3}} \quad (10.34)$$

b) agar o'zan tubining nishabligi  $i < 0$  bo'lsa (10.10, b-rasm), nishablikning absolyut qiymatini  $i'$  deb belgilasak,

$$i' = \sin \theta = |i| \quad (10.35)$$

u holda (10.30) ifodani quyidagicha ifodalash mumkin:



10.10-rasm. O'zan nishabligi  $i = 0$  va  $i < 0$  bo'lgan holatlarga doir

$$(II)_{\text{silindr}; i < 0} \quad \frac{dh}{ds} = - \frac{i' + \frac{Q^2}{K^2}}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3}} \quad (10.36)$$

$\frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3}$  kattalikni quyidagicha yozib olishimiz mumkin

$$\frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3} = 2 \frac{\alpha v^2 \omega^2}{2g} \frac{B}{\omega^3} = 2 \frac{\alpha v^2}{2g} : \frac{\omega}{B}$$

$\frac{\omega}{B} = h_{\dot{y}p}$  – harakatdagi kesim bo‘yicha chuqurlik ekanligini e’tirof etgan

holda, quyidagi munosabatga ega bo‘lamiz:

$$\frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3} = 2 \frac{\frac{\alpha v^2}{2g}}{h_{\dot{y}p}} = \frac{\alpha v^2}{gh_{\dot{y}p}}$$

Bu tenglama – oqim o‘rtacha chuqurligiga mos keluvchi solishtirma kinetik energiyasining ikkilangan qiymatini solishtirma potensial energiyasiga nisbatini bildiradi. Shu sababli, u oqimning energetik nuqtai nazardan tuzilishini ko‘rsatadi. Bu munosabatni yuqoridagi mulohazaga asoslanib, *kinetiklik parametri* deb yuritishimiz mumkin:

$$\frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3} = \frac{\alpha v^2}{gh_{\dot{y}p}} = \Pi_{\kappa} \text{ – kinetiklik parametri.}$$

To‘g‘ri to‘rtburchak shakldagi kesimga ega kanallarda  $h = h_{\dot{y}p}$  ekanligini inobatga olib,  $\alpha = 1,0$  deb qabul qilsak, bu parametr Frud sonini ifodalashini ko‘rishimiz mumkin.

Shu o‘rinda to‘g‘ri nishabli, gorizonta tubliva teskari nishabli o‘zanlar tushunchalariga aniqlik kiritamiz:

a) agar o‘zan tubi nishabligi oqim bo‘ylab pasayib borsa (ya’ni,  $i > 0$  bo‘lsa), bunday o‘zanlar *to‘g‘ri nishabli* o‘zanlar deyiladi;

b) agar o‘zan tubi nishabligi oqim bo‘ylab o‘zgarmasa (ya’ni,  $i = 0$  bo‘lsa), bunday o‘zanlar *gorizontal tubli* o‘zanlar deyiladi;

c) agar o‘zan tubi nishabligi oqim bo‘ylab ko‘tarilib borsa (ya’ni  $i < 0$  bo‘lsa), bunday o‘zanlar *teskari nishabli* o‘zanlar deyiladi

Yuqoridagi holatlarni inobatga olib, silindrik o‘zarlarda oqimning notekis barqaror harakati differensial tenglamasining ikkinchi ko‘rinishini quyidagi ko‘rinishlarda yozamiz:

- *to‘g‘ri ( $i > 0$ ) nishabli o‘zanlar uchun:*

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{K^2}}{1 - \Pi_K}$$

- *gorizontal ( $i = 0$ ) tubli o‘zanlar uchun:*

$$\frac{dh}{ds} = \frac{-\frac{Q^2}{K^2}}{1 - \Pi_K}$$

- *teskari ( $i < 0$ ) nishabli o‘zanlar uchun:*

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i' + \frac{Q^2}{K^2}}{1 - \Pi_K}$$

## **10.5. TO‘RT ASOSIY TUSHUNCHA. KESIMNING SOLISHTIRMA ENERGIYASI, KRITIK CHUQURLIK, NORMAL CHUQURLIK, KRITIK NISHABLIK**

Oqimning notekis harakati tenglamasini hisoblash uchun qulay ko‘rinishga keltirishdan oldin oqim harakatini energetik nuqtai nazardan tahlil qilamiz. Bu jarayonda yangi yordamchi asosiy tushunchalardan foydalanamiz.

*1<sup>0</sup>. Kesimning solishtirma energiyasi (10.11-rasm).*



Bizga ma'lumki, o'zanning biror kesimidan birlik vaqt oralig'ida oqib o'tayotgan oqimning taqqoslash tekisligiga nisbatan to'liq mexanik energiyasining birlik massaga nisbatan miqdori *to'liq solishtirma energiya* deyiladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$H_e = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} \quad (10.37)$$

Erkin sirtga ega ochiq o'zanlarda sekin o'zgaruvchan harakatlanayotgan oqimlar o'zgarmas kattalikka ega ekanligini hisobga olib, atmosfera bosimini inobatga olmaymiz va  $p$  kattalik manometrik bosim sifatida qabul qilamiz. Bunda harakatdagi kesim bo'ylab gidrodinamik bosim taqsimlanishini gidrostatik qonuniyatga bo'ysunadi deb hisoblaymiz:

$$H_e = z' + z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g}$$

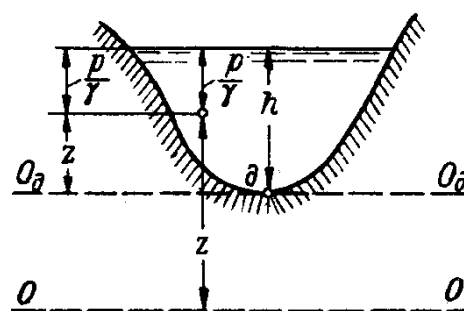
bunda qaralayotgan harakatdagi kesimning  $M$  nuqtasi uchun quyidagi munosabatni o'rinli deb hisoblash mumkin:

$$z + \frac{p}{\gamma} = z' + h \quad (10.38)$$

U holda oqimning solishtirma energiyasni quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$H_e = z' + h + \frac{\alpha v^2}{2g}$$

Bu vaziyatni hisobga olsak hamda o'zan kesimi tubining eng pastki nuqtasidagi taqqoslash tekisligini o'tkazsak ( $\alpha = 0$ ), bunda oqimning shu kesimdagi to'liq solishtirma energiyasi quyidagicha aniqlanadi:



10. 11-rasm. Oqimning kesimdagi to'liq solishtirma energiyasi

$$\mathfrak{E} = h + \frac{\alpha v^2}{2g} \quad (10.39)$$

yoki

$$\mathfrak{E} = h + \frac{\alpha Q^2}{2g\omega^2} \quad (10.40)$$

$E$  – parametr qaralayotgan kesimning eng pastki nuqtasiga nisbatan o'tkazilgan taqqoslash tekisligiga nisbatan oqimning solishtirma energiyasi bo'lib, bundan buyon *kesimning solishtirma energiyasi* deb yuritiladi.

Umuman, oqimning notekis harakatining differensial tenglamasini keltirib chiqarish uchun foydalanilgan hisoblash sxemasiga asosan quyidagi munosabatni yozishimiz mumkin:

$$a = is$$

Bu munosabatni inobatga olib, kesimning solishtirma energiyasi o'zgarishini quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$\frac{d\mathfrak{E}}{ds} = \frac{dH_e}{ds} + i = -\frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} + i$$

yoki

$$\frac{d\mathfrak{E}}{ds} = i \left( 1 - \frac{K_0^2}{K^2} \right)$$

bunda,  $K_0 = \frac{Q}{\sqrt{i}}$  – oqimning tekis barqaror harakatiga mos keluvchi sarf

moduli;  $K = \omega C \sqrt{R}$  – oqimning notekis harakatiga mos keluvchi sarf moduli.

Oxirgi yozilgan tenglamaga asosan, tekis harakat uchun  $K = K_0$ , demak,

$$\frac{d\mathfrak{E}}{ds} = 0, \quad \mathfrak{E} = const$$

Notekis harakat uchun,  $K \neq K_0$ , ya'ni kesimning solishtirma energiyasi oqim bo'ylab notekis harakatda kamayishi yoki oshishi mumkin.

Bu vaziyatning fizik mohiyatini quyidagicha talqin qilishimiz mumkin: oqimning tekis barqaror harakati amalga oshayotgan ma'lum sohadagi ikattalik bilan xarakterlanuvchi, og'irlik kuchi hisobiga bajarayotgan ishiqarshilikni engish uchun to'liq sarflanadi. Shu sababli, bu oqimningshu sohadagi ixtiyoriy kesimi uchun kesim solishtirma energiyasi  $\mathcal{E} = const$  o'zgarmasdan qoladi:

a) agar oqim tekis harakatdagi o'rtacha tezlikka nisbatan kichik tezlik bilan harakatlansa, bajarilayotgan ishning hammasi sarflanmaydi, qaralayotgan sohaning pastki kesimlarida oqim solishtirma energiyasining o'sishi kuzatiladi;

b) agar oqimning bu sohadagi tezligi tekis harakatdagi o'rtacha tezlikka nisbatan katta qiymatga ega bo'lsa, u holda og'irlik kuchi hisobiga bajarilayotgan ishga nisbatan ko'proq energiya harakatga qarshilik qiluvchi kuchni engishga sarflana boshlaydi. Bu qo'shimcha energiya kesimning solishtirma energiyasidan sarflanganligi bois, oqim yo'nalishidagi keyingi kesimlarda solishtirma energiyasi kamayib boradi

$$\left( \frac{d\mathcal{E}}{ds} < 0 \right)$$

Shu o'rinda, shuni ta'kidlash kerakki, agar notekis barqaror harakatda oqimning qaralayotgan kesimdagi solishtirma energiyasi oqim bo'ylab kamayib yoki oshibborsa, kesimning solishtirma energiyasi tekis harakatda o'zgarmay qoladi, chunki  $h = const$ ,  $v = const$ ,  $E = const$ .

Agar o'zan ko'ndalang kesimi to'rtburchak shaklida bo'lsa,

$$v = \frac{Q}{bh} = \frac{q}{h} \quad (10.41)$$

bunda

$$q = \frac{Q}{b} \quad (10.42)$$

vaziyatni hisobga olsak, kesimning to'liq solishtirma energiyasini quyidagicha hisoblash mumkin.

$$\mathcal{E} = h + \frac{\alpha q^2}{2gh^2} \quad (10.43)$$

Endi (10.39) va (10.40) ifodalarni taxlil qilishga kirishamiz. Tenglamalarni taxlili davomida shunday xulosaga kelish mumkinki, berilgan sarf kesim orqali nishablik, g'adir-budirlik va boshqafaktorlarga bog'liq holatda har xil chuqurlik bo'ylab oqib o'tishi mumkin. Demak, har xil chuqurlik qiymatlarida bu kesimda har xil solishtirma energiya bo'lishi mumkin, ya'ni

$$\mathcal{E} = f(h) \quad (10.44)$$

(10.39) va (10.40) ifodalardan ko'rinib turibdiki,

a) agar  $h \rightarrow 0$  bo'lsa,  $\mathcal{E} \rightarrow \infty$ ;

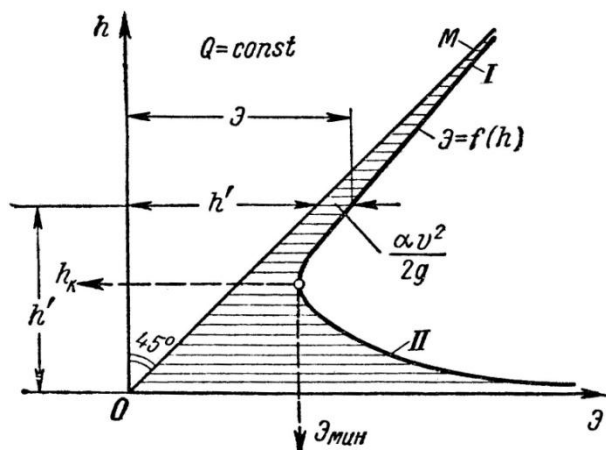
b) agar  $h \rightarrow \infty$  bo'lsa,  $\mathcal{E} \rightarrow \infty$ .

Ma'lumki, uzluksiz funksiya chegaraviy qiymatlarda cheksizlikka intilsa, demak bu funksiya o'zgaruvchining biror qiymatida minimal kattalikka ega bo'ladi. Chuqurroq taxlil shuni ko'rsatadiki,  $\mathcal{E} = f(h)$  funksiya chizig'i ikkita asimptotaga ega (10.12-rasm).

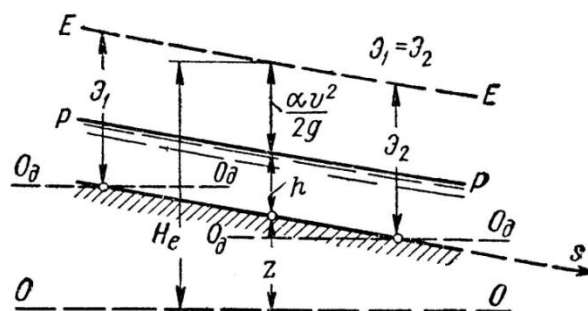
a)  $OM$  gorizontga  $45^\circ$  ga qiya o'tkazilgan chiziq,  $OE$  - gorizont chiziq, shtrix bilan ko'rsatilgan yuza esa *tezlik nabori epyurasi* deb ataladi. SHuni ta'kidlash kerakki, uzunlik bo'ylab, ishqalanish kuchining ta'siri hisobiga oqimning to'liq solishtirma energiyasi kamayib boradi, lekin kesimning solishtirma energiyasi o'zgarmaydi ( $\mathcal{E} = const$ ). Buning sababi, har safar taqqoslash tekisligi o'zan tubidan o'tkaziladi (10.13-rasm).

### **2<sup>o</sup>. Kritik chuqurlik.**

Bu kattalik haqida ma'lum tasavvurga ega bo'lishimiz uchun kesimning solishtirma energiyasining tenglamasini va  $\mathcal{E} = f(h)$  funksiyasi grafigini tahlil qilamiz.



10. 12-rasm. Kesimning  $E$  solishtirma energiyasi grafigi



10. 13-rasm. Uzunlik bo'yicha oqim energiyasi kattaligining o'zgarishi

Bizga ma'lumki, bir kesimdan ma'lum bir kattalikka ega bo'lgan sarf turli tezliklarda, turli chuqurlik qiymatlariga ega kesimlarda o'tishi mumkin. Albatta, chuqurlik va o'rtacha tezlikning o'zgarishi tenglamaning potensial ( $\mathcal{E}_{nom.} = h$ ) va

kinetik  $\left( \mathcal{E}_{kin} = \frac{\alpha v^2}{2g} = \frac{\alpha Q^2}{2g\omega^2} \right)$  energiya qismlarini o'zgarishiga olib keladi

a) agar tenglamani tahlil qilsak, chuqurlikning oshishi potensial energiyaning oshishiga, kinetik energiyaningesa kamayishiga olib keladi, ya'ni

$$h = \infty \Rightarrow \mathcal{E}_{nom} = \infty \text{ va } (\mathcal{E}_{kin} = 0)$$

b) oqim o'rtacha tezligining oshishi esa o'z navbatida kinetik energiyaning oshishiga, chuqurlikning kamayishi hisobiga potensial energiyaning kamayishiga olib keladi, ya'ni

$$h = 0 \Rightarrow \mathcal{E}_{nom} = 0 \text{ va } v = \infty \Rightarrow (\mathcal{E}_{kin} = \infty)$$

Lekin, har ikkala holatda ham kesimning solishtirma energiyasi oshib borishi kuzatiladi.  $\mathcal{E} = f(h)$  funksiya grafigida cheksizlikka intiluvchi ikki tarmoq paydo bo'lishi kuzatiladi, ya'ni:

$$h = \infty \Rightarrow \mathcal{E}_{nom} = \infty \text{ va } (\mathcal{E}_{kin} = 0) \Rightarrow \mathcal{E} = \infty$$

$$h = 0 \Rightarrow \mathcal{E}_{nom} = 0 \text{ va } v = \infty \Rightarrow (\mathcal{E}_{kin} = \infty) \Rightarrow \mathcal{E} = \infty$$

Bu tarmoqlar oqim kesimi solishtirma energiyasiningeng kichik-minimal qiymatida o‘zaro tutashadi.

Kesim solishtirma energiyasining mana shueng kichik  $E(\mathcal{E}_{\text{muH}})$  qiymatiga mos keluvchi chuqurlik *kritik chuqurlik* deb ataladi va  $h_k$  harfi bilan belgilanadi (10.12-rasm). Bu kattalik quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial h} = 0 \quad (10.45)$$

Endi bu tenglamada ko‘p uchraydigan o‘zan kesimi shakllari uchun  $h_k$  kritik chuqurlikni aniqlash bilan tanishamiz:

- *To‘rtburchak shakldagi o‘zanlar uchun kritik chuqurlikni aniqlash* maqsadida (10.45) va (10.43) ifodalardan foydalanamiz.

$$\frac{\partial \left( h + \frac{\alpha q^2}{2gh^2} \right)}{\partial h} = 0 \quad (10.46)$$

bundan

$$1 - \frac{\alpha q^2}{h^3 g} = 0 \quad (10.47)$$

bunda  $h = h_k$  deb qabul qilib, quyidagi ifodani olamiz

$$\frac{\alpha q^2}{h_k^3 g} = 1 \text{ va } h_k^3 = \frac{\alpha q^2}{g} \quad (10.48)$$

Demak,

$$\boxed{h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{b^2 g}}} \quad (10.49)$$

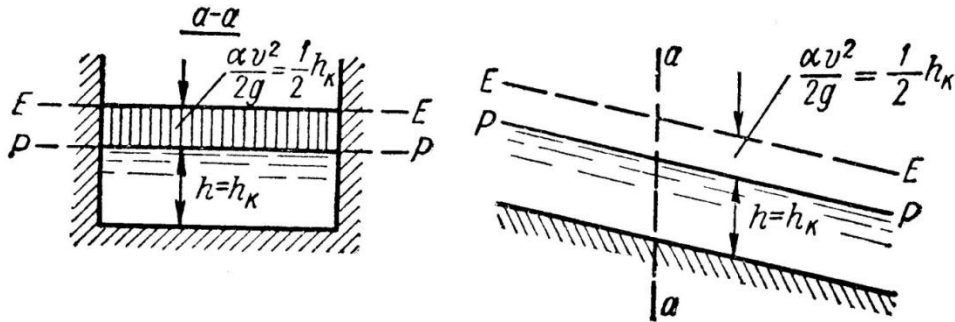
(10.48) ifodani

$$h_k = \frac{\alpha q^2}{h_k^2 g} = \frac{\alpha v^2}{g} \quad (10.50)$$

yoki

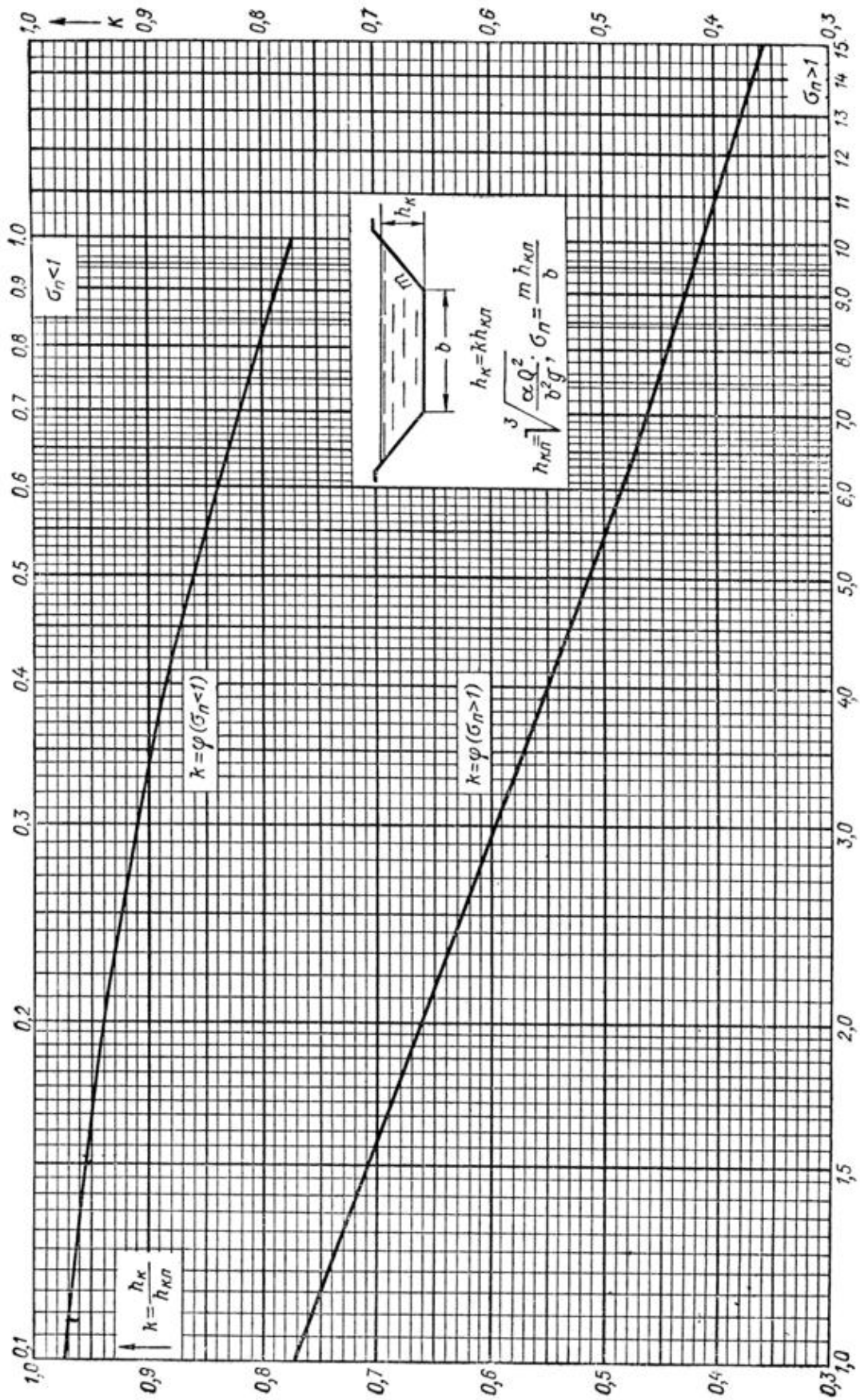
$$\frac{\alpha v^2}{2g} = \frac{1}{2} h_{\kappa} \quad (10.51)$$

ko‘rinishda yozish mumkin.



10. 14-rasm.  $h_{\kappa}$  kritik chuqurlikning tezlik naporiga bog‘liqligi

Demak, to‘g‘ri to‘rtburchakli o‘zanlarda  $h = h_{\kappa}$  holatda tezlik naporini chuqurlikning yarim qiymatiga teng bo‘ladi, degan xulosaga kelish mumkin (10. 14-rasm).



10. 15- rasm. Ko'ndalang kesim yuzasi trapetsiya shaklidagi simmetrik kanallar uchun kritik chuqurlikni aniqlash grafigi



- *O‘zanning ko‘ndalang kesimi uchburchak shaklda bo‘lsa, kritik chuqurlik quyidagicha aniqlanadi:* dastlab kritik chuqurlikka mos keluvchiharakatdagi kesim va uning sath bo‘yicha kengligini aniqlanish formulalarini yozamiz:

$$\omega_{kp} = mh_{kp}^2, B_{kp} = 2mh_{kp}$$

Shu munosabatlarni inobatga olib, quyidagilarni yozishimiz mumkin:

$$\frac{\omega_k^3}{B_k} = \frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{(mh_{kp}^2)^3}{2mh_{kp}} = \frac{1}{2} m^2 h_{kp}^5$$

Bundan o‘zan ko‘ndalang kesimi uchburchak shakli uchun kritik chuqurlikni aniqlanish formulasini yozamiz:

$$h_k = \sqrt[5]{\frac{2\alpha Q^2}{gm^2}} \quad (10.52)$$

bunda  $m$  – o‘zanning qiyalik koeffitsienti.

- *O‘zan ko‘ndalang kesimi parabolashaklida bo‘lganda kritik chuqurlik quyidagicha aniqlanadi:* parabolaning perimetrip bo‘lgandakritik chuqurlikka mos keluvchiharakatdagi kesim va uning sath bo‘yicha kengligini aniqlanish formulalarini yozamiz:

$$\omega_k = \frac{2}{3} B_k h_k \text{ va } B_k = \sqrt{8ph_k}$$

Shu munosabatlarni inobatga olib, quyidagilarni yozishimiz mumkin:

$$\frac{\omega_k^3}{B_k} = \frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{\left(\frac{2}{3} B_k h_k\right)^3}{\sqrt{8ph_k}} = \frac{64}{27} ph_k^4$$

Bundan, o‘zan ko‘ndalang kesimi parabola shaklidabo‘lganda kritik chuqurlikni aniqlash formulasini yozamiz:

$$h_k = \sqrt[4]{\frac{27\alpha}{64g}} \sqrt[4]{\frac{Q^2}{p}}$$

- *Ko‘ndalang kesimi trapetsiya shakldagi kanallar uchun kritik chuqurlikni aniqlashning bir qanchausullari mavjud.* Shulardan biri 10. 15-rasmda

keltirilgan. Bundan tashhari, L. A. Mashkovich usuli ham mavjud. Bu tadqiqotchi A. N. Raxmanov kuzatuvlari natijasiga asosan, EHM yordamida maxsus grafik yaratgan. Trapetsiya shakldagi kanallar uchun kritik chuqurlik quyidagi usullardan birida aniqlanishi mumkin.

*1-usul. Ko'ndalang kesimi ixtiyoriy shakl (jumladan trapetsiya shakl)ga ega bo'lgan o'zanlar uchun kesimning solishtirma energiyasi tenglamasidan foydalanib kritik chuqurlikni aniqlash.*

$$\mathfrak{E} = h + \frac{\alpha v^2}{2g}$$

yoki

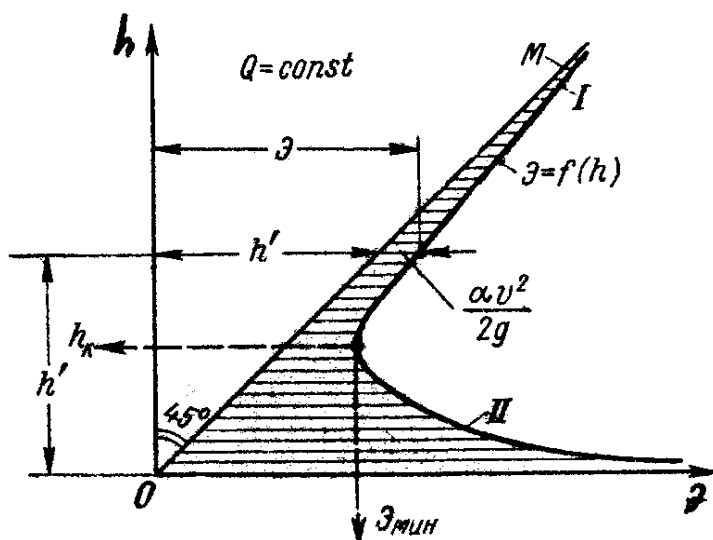
$$\mathfrak{E} = h + \frac{\alpha Q^2}{2g\omega^2}$$

Bunda chuqurlikka ixtiyoriy qiymatlar berib,  $\mathfrak{E} = f(h)$  grafigi quriladi (10. 16-rasm). Bu grafikdan kesim solishtirma energiyasining eng kichik  $E(\mathfrak{E}_{\min})$  qiymatiga mos keluvchi chuqurlik *kritik chuqurlik* deb ataladi.

Hisoblarni jadval ko'rinishida olib boramiz:

9.1-jadval

$h, m$	$\omega, m^2$	$v, m/s$	$\frac{\alpha v^2}{2g}, m$	$\mathfrak{E} = h + \frac{\alpha v^2}{2g}, m$



10. 16-rasm. Kritik chuqurlikni aniqlash uchun kesimning  $E=f(h)$  solishtirma energiyasi grafigi

2-usul. Oqimning kritik holati tenglamasi yordamida kritik chuqurlikni aniqlash:

Agar o‘zanning ko‘ndalang kesimi trapetsiya yoki ixtiyoriy ko‘rinishda bo‘lsa,  $\Theta = f(h)$  grafigi qurilib (10. 16-rasm), uning yordamida  $h_k$  topilishi mumkin, lekin amaliyotda bu ancha noqulayliklar tug‘diradi. Shu sababli, quyidagi matematik amalni bajaramiz: (10. 45) ifodani (10. 40) va (10. 21) ifodalarni hisobga olib yozamiz:

$$\frac{\partial \Theta}{\partial h} = \frac{\partial \left( h + \frac{\alpha Q^2}{2g\omega^2} \right)}{\partial h} = 1 + \frac{\alpha Q^2}{2g} \frac{\partial \left( \frac{1}{\omega^2} \right)}{\partial h} = 1 - 2 \frac{\alpha Q^2}{2g} \frac{1}{\omega^3} \frac{\partial \omega}{\partial h} = 1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3} = 0 \quad (10. 53)$$

bunda

$$\frac{\omega_k^3}{B_k} = \frac{\alpha Q^2}{g} \quad (10. 54)$$

Demak,

$$\frac{\omega^3}{B} = f(h) \quad (10. 55)$$

grafikni qurib, undan  $\frac{\alpha Q^2}{g}$  ga mos keluvchi chuqurlikni topsak, shu chuqurlik berilgan sarf va kanalning geometrik o'lchamlari uchun kritik chuqurlikka mos keladi (10. 17-rasm).

Kritik chuqurlikdan tubga parallel o'tkazilgan chizig'ni  $K-K$  deb belgilab, *kritik chuqurlik chizig'i* deb ataymiz (10. 18-rasm).

(10. 54) tenglama tanlab olish usuli yordamida echiladi, chuqurlikka ixtiyoriy qiymatlar berilib,  $\frac{\omega^3}{B}$  qiymati topiladi, bunda  $\omega = (b + mh)h$  – harakatdagi kesim yuzasi,  $B = b + 2mh$  – berilgan chuqurlikda oqim harakatdagi kesimining sath bo'yicha kengligi.

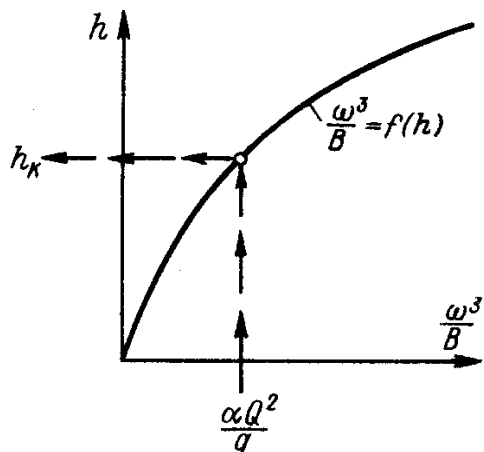
9. 2-jadval

$h, (m)$	$\omega, (m^2)$	$\omega^3, (m^6)$	$B, (m)$	$\frac{\omega^3}{B}, (m^5)$	$\frac{\alpha Q^2}{g}, (m^5)$

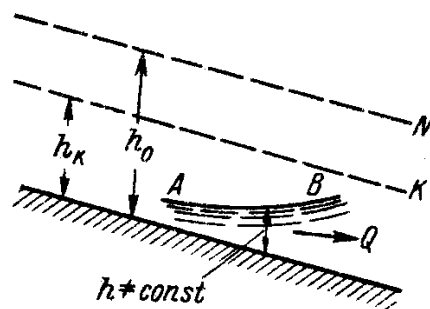
Hisoblashda funksiya chizig'i egrilik bo'lganligi sababli, chuqurlikka kamida uchta qiymat berilib, hisoblash jarayoni

$$\left(\frac{\omega^3}{B}\right)_1 < \frac{\alpha Q^2}{g} < \left(\frac{\omega^3}{B}\right)_3 \text{ yoki } \left(\frac{\omega^3}{B}\right)_1 > \frac{\alpha Q^2}{g} > \left(\frac{\omega^3}{B}\right)_3$$

shartlardan biri bajarilguncha davom etadi. Jadval asosida  $\frac{\omega^3}{B} = f(h)$  grafigi chiziladi. Oqimning kritik holati shartidan kelib chiqib, grafikning absissa o'qidan  $\frac{\alpha Q^2}{g}$  ni qo'yib  $h_k$  qiymatini topamiz.



10. 17-rasm. Kritik chuqurlikni aniqlash



10. 18-rasm. Normal (N-N) va kritik (K-K) chuqurlik chiziqlari

3-usul. Trapetsiya shaklli o‘zanlar uchun kritik chuqurlikni aniqlashda L. A. Mashkovich va I. I. Agroskin usullaridan foydalanish mumkin:

$$h_{kp} = Kh$$

Tenglamadan foydalanib, trapetsiadal kanallar uchun kritik chuqurlikni quyidagicha topamiz:

$$1. h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{b^2 g}} \quad - \text{ to'g'ri burchakli kesimdagi o'zan uchun kritik}$$

chuqurlik;

$$2. \text{Quyidagi kattalik hisoblanadi: } \sigma_n = \frac{mh_k}{b}, \text{ bunda } m \text{ va } b - \text{ mos ravishda}$$

magistral kanal yon devori qiyalik koeffitsienti va tubining kengligi;

3.  $\sigma_n$  parametriga asosan “K” koeffitsientni topamiz.

Hisoblangan ko‘milish koeffitsientiga asosan, 10. 15-rasmda keltirilgan L. A. Mashkovich grafigidan “K” koeffitsienti qiymati aniqlanadi, yoki I. I. Agroskin formulasiga asosan

$$K = 1 - \frac{\sigma_n}{3} + 0,105\sigma_n^2$$

4.  $h_k = Kh$  - kritik chuqurlik.

3<sup>o</sup>. *Normal chuqurlik*. Berilgan sarfda agar oʻzanda tekis harakat mavjud boʻlsa, bu harakatga mos keluvchi oqimning chuqurligi  $h_0$  *normal chuqurlik* deb ataladi. Bu chuqurlikka mos keluvchi barcha elementlarni bundan keyingi amaliyotimizda boshqakattaliklardan farqlash maqsadida  $\omega_0$ ,  $R_0$ ,  $\chi_0$  va x. k. deb belgilashimiz mumkin.

$$Q = \omega_0 C_0 \sqrt{R_0 i} \quad (10.56)$$

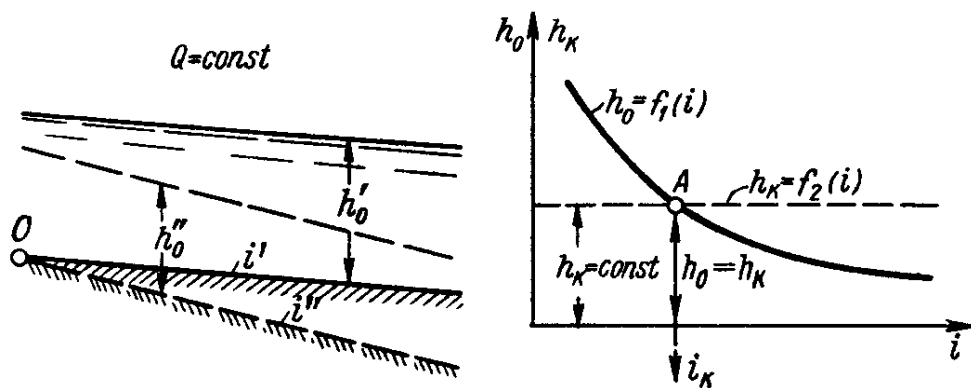
$h_0$  chuqurlikdan tubga parallel oʻtkazilgan chiziqni *N-N* deb belgilab, *normal chuqurlik chizigʻi* deb ataymiz (10.18-rasm).

4<sup>o</sup>. *Kritik nishablik*.

Bu kattalikning fizik mohiyatini tushunish uchun yuqorida olgan bilimlarimizga asoslanib, quyidagicha fikr yuritamiz.

Koʻrinib turibdiki, kritik chuqurlik oʻzanning geometrik oʻlchamlari va sarfga bogʻliq boʻlib, oʻzan tubining holati va nishabligiga bogʻliq emas.

Shu bilan birgaoʻzanda tekis harakat mavjud boʻlsa, u oʻzan tubining holati va nishabligiga bogʻliq boʻladi. Berilgan sarf uchun maʼlum bir oʻzanning shakli va holati uchun tubi nishabligining turli qiymatlari uchun normal chuqurlik turlicha boʻlishi mumkin. Shubhasiz, nishablikning maʼlum bir qiymatlarida, normal chuqurlik kattaligi kritik chuqurlikka teng boʻlishi mumkin. Shunga asoslanib, kritik nishablikni quyidagicha taʼriflashimiz mumkin:



10.19-rasm. Kritik nishablikni aniqlashga doir

*Kritik nishablik* deganda, shunday nishablik faraz qilinadiki, bunda normal chuqurlik kritik chuqurlikning son qiymatiga teng bo‘ladi. (10. 19-rasm).

$$h_0 = h_k \quad (10. 57)$$

bunda:

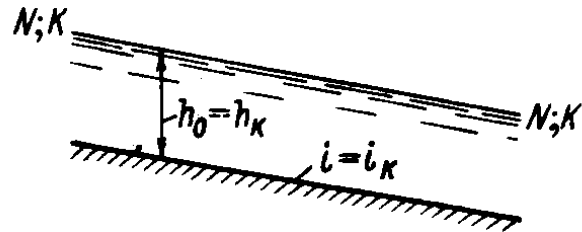
a) agar o‘zan tubining haqiqiy nishabligi kritik chuqurlikdan kichik, ya’ni  $i_k > i$  bo‘lsa, normal chuqurlik kritik chuqurlikdan katta bo‘lib ( $h_k < h_0$ ), oqim tinch (sokin) harakatlanadi;

b) agar o‘zan tubining haqiqiy nishabligi kritik chuqurlikdan katta bo‘lsa, ya’ni  $i_k < i$  bo‘lsa, normal chuqurlik kritik chuqurlikdan kichik bo‘lib ( $h_k > h_0$ ), oqim notinch (shovqinli) harakatlanadi;

c) agar o‘zan tubining haqiqiy nishabligi kritik chuqurlikka teng, ya’ni  $i_k = i$  bo‘lsa, normal chuqurlik kritik chuqurlikka teng bo‘lib, ( $h_k = h_0$ ) oqim kritik holatda harakatlanadi (10. 20-rasm).

Yuqoridagi fikrga asosan, yozish mumkin:

$$Q = \omega_0 C_0 \sqrt{R_0 i} = \omega_k C_k \sqrt{R_k i_k} \quad (10. 58)$$



10. 20-rasm. Kritik nishabli o‘zan

Oldinroq  $h_k$  aniqlanganda

$$\frac{\omega_k^3}{B_k} = \frac{\alpha Q^2}{g} \quad (10. 59)$$

(10. 59) ifodaga (10. 58) ifodani

qo‘ysak,

$$\frac{\omega_k^3}{B_k} = \frac{\alpha (\omega_k C_k \sqrt{R_k i_k})^2}{g} \quad (10. 60)$$

yoki

$$\frac{\omega_K}{B_K} = \frac{\alpha C_K^2 R_K i_K}{g} \quad (10.61)$$

Bundan, kritik nishablikni aniqlanish formulasini yozib olamiz:

$$i_K = \frac{g}{\alpha C_K^2} \frac{\omega_K}{B_K R_K} \quad (10.62)$$

yoki oxirgi ko'rinishda

$$i_K = \frac{g}{\alpha C_K^2} \frac{\chi_K}{B_K} \quad (10.63)$$

Nihoyatda keng o'zarlarda esa

$$\chi \approx B \quad (10.64)$$

ekanligini hisobga olsak, ularda kritik nishablik quyidagicha aniqlanadi.

$$i_K = \frac{g}{\alpha C_K^2} \quad (10.65)$$

## **10.6. OQIMNING TINCH (SOKIN), NOTINCH (SHOVQINLI) VA KRIKLIK HOLATDAGI HARAKATLARI**

Yuqorida ta'kidlaganimizdek, chuqurlik oshishi bilan  $K$  va  $\omega^3/B$  ifodalarning qiymatlari oshadigan o'zarlarda oqimning harakatini o'rganishda davom etamiz. Kesim solishtirma energiyasi  $\mathcal{E} = f(h)$  funksiyasining grafigini tahlil qilishda davom etamiz. Funksiyaning  $h > h_K$  munosabatga mos keluvchi potensial energiyani o'zgarishini ko'rsatuvchi yuqori tarmog'i  $E$  kattalikning oshishi bilan xarakterlansa, funksianig  $h < h_K$  munosabatga mos keluvchi kinetik energiyani o'zgarishini ko'rsatuvchi pastki tarmog'i oqim chuqurligi oshganda



$E$  kattalikning kamayishi bilan xarakterlanadi. Ta'kidlash kerakki, bunday oqimlarda  $\mathcal{E} = f(h)$  egriligi maksimal qiymatiga ega bo'lmay, o'zan bitta normal chuqurlikka ega bo'ladi. Bunda oqimning uchta holati kuzatiladi:

1. Tinch (sokin) holat, bu holatda haqiqiy chuqurlik kritik chuqurlikdan katta bo'ladi  $h > h_{\kappa}$ ;

2. Notinch (shovqinli) holat,  $h < h_{\kappa}$ ;

3. Kritik holat,  $h = h_{\kappa}$ .

Ma'lumki, agar oqim kritik holatda harakatlanayotgan bo'lsa,  $i = i_{\kappa}$  shartni qanoatlantiruvchi tekis harakat bo'lishi kerak (10. 20-rasm).

Bundan tashqari, oqim holatini aniqlash uchun kinetiklik parametridan ham foydalanish mumkin. Buning uchun quyidagi ikki ifoda tahlilidan foydalanamiz:

Kinetiklik parametrini aniqlash formulasi bizga ma'lum,

$$\frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3} = \frac{\alpha v^2}{gh_{yp}} = \Pi_{\kappa}$$

Oqimning solishtirma kesim energiyasini aniqlash formulasiga asosan

$$\frac{\omega_{\kappa}^3}{B_{\kappa}} = \frac{\alpha Q^2}{g}$$

Bu ikki formulaga asoslanib, ta'kidlash mumkinki chuqurlikning keskin kamayishi kinetiklik parametrini oshishiga, uning oshishi esa kinetiklik parametrini kamayishiga olib keladi.

- Agar kinetiklik parametrining son qiymati  $\Pi_{\kappa} = 1,0$  bo'lsa, oqim kritik holatda bo'ladi;
- Agar  $\Pi_{\kappa} < 1,0$  bo'lsa, oqim tinch holatda bo'ladi;
- Agar  $\Pi_{\kappa} > 1,0$  bo'lsa, oqim notinch holatda bo'ladi.

Bir xil sharoitli o‘zanda oqimning paydo bo‘lish sababiga bog‘liq holatda ham tinch (10. 21-rasm, A holat), ham notinch (10. 21-rasm, B holat) bo‘lishi mumkin. 10. 21-rasmda bunday ko‘rinishdagi oqimlar keltirilgan.

$\mathcal{E} = f(h)$  funksiyaning (10. 12-rasm) I qismi tinch harakatga mos kelib, quyidagi shartni qanoatlantiradi:

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial h} > 0 \quad (10. 66)$$

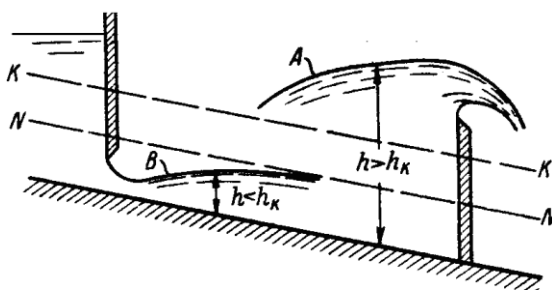
$\mathcal{E} = f(h)$  funksiyaning (10. 12-rasm) II qismi notinch harakatga mos kelib:

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial h} < 0 \quad (10. 67)$$

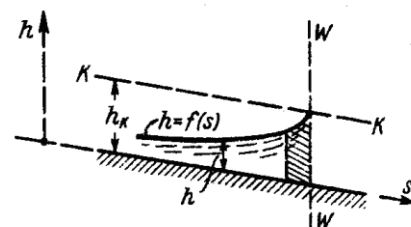
shartni bajaradi.

Agar o‘zanda oqimning tekis barqarortinch harakati mavjud bo‘lsa, oqimning pastki sohasidagi harakati, yuqori sohasidagi harakatga o‘z ta‘sirini o‘tkazishi kuzatiladi. Yuqori sohadagi o‘zgarishlar ta‘sirining quyi sohalarga ta‘siri kuzatilmaydi. Demak, aniq biror kesimdagi oqim chuqurligi oqim harakati holati bilan aniqlanadi va bu yuqori sohadagi oqimning holatiga bog‘liq emas.

Oqimning harakati notinch bo‘lganda esa yuqoridagi holatga teskari manzara kuzatiladi. Berilgan kesimdagi oqim chuqurligi yuqori sohadagi oqim harakatiga bog‘liq holatda aniqlanib, uning kattaligi quyi sohadagi oqimning holatiga bog‘liq bo‘lmaydi.



10. 21-rasm. Oqimning tinch (A) va notinch (B) holati



10. 22-rasm.  $h \approx h_k$  sohasidagi erkin yuza

Endi, tinch va notinch oqimlarning tutashish holati bilan tanishamiz.

$$h = h_k \quad (10.68)$$

$$\frac{\omega^3}{B} = \frac{\alpha Q^2}{g} \quad (10.69)$$

ya'ni,

$$\frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3} = 1,0 \quad (10.70)$$

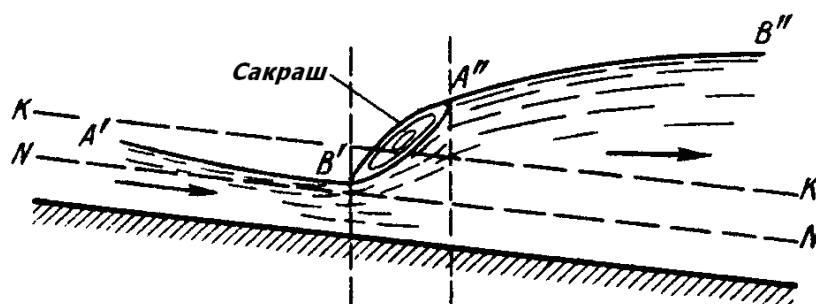
Demak, (10.30) tenglamaga asosan,  $h \rightarrow h_k$  holatda

$$\frac{dh}{ds} \rightarrow \infty \quad (10.71)$$

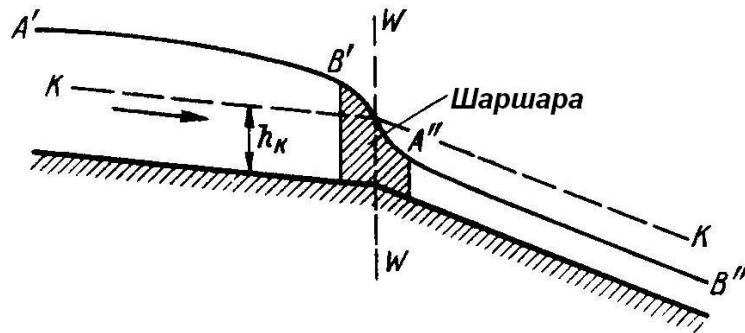
Demak, sath egriligi bu holatda tik urinma  $W-W$  ko'rinishda bo'ladi (10.23 rasm).

Bu natija formulaning tahlili bo'lganligi uchun shartli xarakterga egadir. Haqiqatda esa  $W-W$  vertikal sohasida oqim harakati keskin o'zgaruvchan bo'ladi.

Tajribalar natijasiga asoslanib, (10.24-rasm) quyidagi xulosalarga kelish mumkin:



10.23-rasm. Gidravlik sakrash



10. 24-rasm. Sharshara

Oqimning  $A'V$  notinch holatidan  $A''V''$  tinch holatiga o'tishi gidravlik sakrash (10. 24-rasm) deb ataluvchi xodisa orqali amalga oshadi. Bunda albatta, oqimning aylanma harakati mavjud bo'ladi.

Oqimning  $A'V$  tinch holatdan  $A''V''$  notinch holatiga o'tishi suv sathining keskin kamayishi (10. 24-rasm) orqali amalga oshadi.

## 10. 7. SILINDRIK O'ZANLARDA OQIMNING TEKIS O'ZGARUVCHAN NOTEKIS HARAKATI UCHUN ERKIN SIRT EGRILIGINI KUZATISH

Oqimning notekis harakati differensial tenglamasini integrallashga kirishishdan oldin, biz albatta erkin sirt qanday ko'rinishda bo'lishini bilishimiz kerak. Shu maqsadda, tenglamani kuzatishga kirishamiz.

$$\Lambda = \frac{\omega^3}{B} \quad (10. 72)$$

Quyidagi holatlarni ko'rib chiqamiz.

$1^0$ . To'g'ri nishabli o'zanlar ( $i > 0$ ). (10. 30) tenglamaning surat va maxrajini quyidagicha o'zgartiramiz:

a) o'ng tomonning surati

$$c = i - \frac{Q^2}{K^2} = i - \frac{K_0^2}{K^2} i \quad (10. 73)$$

bunda  $Q = K_0 \sqrt{i}$  bo'lsa,  $K_0$  – sarf modulidir. Demak, oxirgi ko‘rinishda

$$c = \left( 1 - \frac{K_0^2}{K^2} \right) i \quad (10.74)$$

(10.30) tenglamaning o‘ng tomoni maxraji (10.54) ifodani hisobga olganda, quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$M = 1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3} = 1 - \frac{\omega_\kappa^3}{B_\kappa} \frac{B}{\omega^3} \quad (10.75)$$

Agar

$$\Lambda_\kappa = \frac{\omega_\kappa^3}{B} \quad (10.76)$$

deb belgilasak,

$$M = 1 - \frac{\Lambda_\kappa}{\Lambda} \quad (10.77)$$

Demak,

$$\frac{dh}{ds} = \frac{\left( 1 - \frac{K_0^2}{K^2} \right) i}{1 - \frac{\Lambda_\kappa}{\Lambda}} = \frac{c}{M} \quad (10.78)$$

$$\frac{dh}{ds} = \frac{\left( 1 - \frac{K_0^2}{K^2} \right) i}{1 - \Pi_\kappa}$$

bunda,  $\frac{\Lambda_\kappa}{\Lambda} = \Pi_\kappa$  – kinetiklik parametri deb atalishini yuqoridagi mavzularda ta’kidlab, uning fizik mohiyatini keltirganmiz.

Bu tenglama(III)<sub>silindr;  $i > 0$</sub>  oqimningnotekis harakati differensial tenglamasining III ko‘rinishidir.

## 10. 8. OQIMNING NOTEKIS HARAKATIDA SATH EGRILIGI O‘RGANISHDAMAVJUD SINFLAR VA GURUHLAR

*Oqimning notekis harakatida sath egriligini kuzatishni boshlashdan oldin ularni quyidagi sinflarga bo‘lamiz:*

*A*  $\text{sinf}(i > 0)$  tubi to‘g‘ri nishabli o‘zanlar;

*B*  $\text{sinf}(i = 0)$  tubi gorizontal o‘zanlar;

*V*  $\text{sinf}(i < 0)$  tubi teskari nishabli o‘zanlar;

To‘g‘ri nishabli ( $i > 0$ ) o‘zarlarda oqimning notekis harakati (*A sinf*) ni kuzatganimizda uchta guruhga ajratamiz:

*I*guruh

$$h_0 > h_K \text{ va } i < i_K \quad (10. 79)$$

*II*guruh

$$h_0 < h_K \text{ va } i > i_K \quad (10. 80)$$

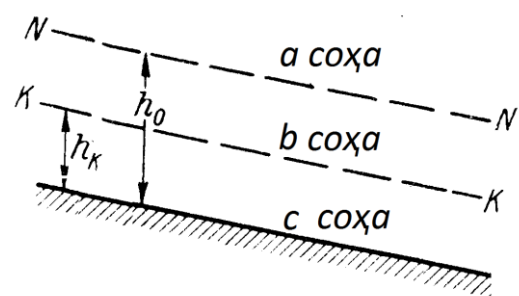
*III*guruh

$$h_0 = h_K \text{ va } i = i_K \quad (10. 81)$$

Bundan tashqari, sath egriligini o‘rganishga kirishishdan oldin sohalar tushunchasiga ham aniqlik kiritamiz:

I guruhda *N-N* normal chuqurlik chizig‘idan yuqorida joylashgan sohani  $a_I$  soha, normal *N-N* va kritik *K-K* chiziq orasidagi sohani  $b_I$  soha, kritik *K-K* chiziq va o‘zan tubi oralig‘idagi

sohani  $c_I$  soha deb belgilab olamiz (10. 26-rasm);



10. 25-rasm. Oqimning erkin sirt egriligida sohalarining joylashishi

II guruhda  $K-K$  kritik chuqurlik chizig'idan yuqorida joylashgan sohani  $a_{II}$  soha, kritik  $K-K$  va normal  $N-N$  chiziqlar orasidagi sohani  $b_{II}$  soha, normal  $N-N$  chiziq va o'zan tubi oralig'idagi sohani  $c_{II}$  soha deb belgilab olamiz.

III guruhda o'zaro ustma-ust tushadigan  $K-K$  kritik va  $N-N$  normal chuqurliklar chizig'idan yuqorida joylashgan sohani  $a_{III}$  soha, kritik  $K-K$  va normal  $N-N$  chiziqdano'zan tubi oralig'idagi sohani  $c_{III}$  soha deb belgilab olamiz.

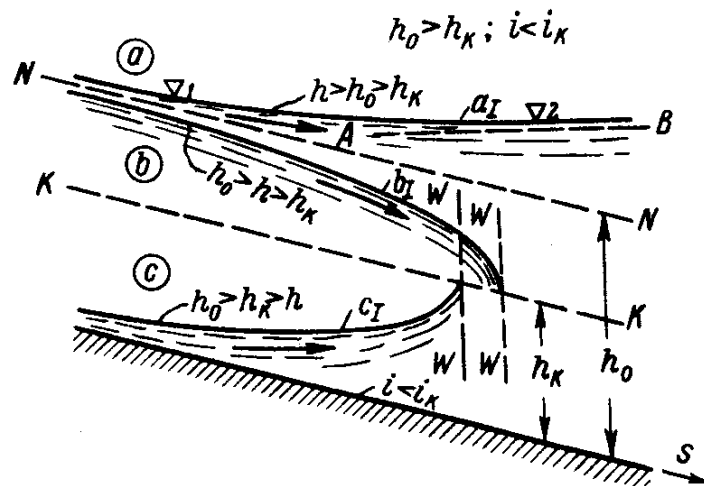
Har bir holatni alohida ko'rib chiqamiz:

*I guruh* (10. 79) shart bilan xarakterlanuvchi bu holatda uchta ko'rinishda oqimning erkin sirti bo'lishi mumkin (10. 26-rasm).

Bunda  $a_I$  va  $c_I$  sirt egriliklari ko'tariluvchi,  $b_I$  esa pasayuvchidir.  $a_I$  egriligi. Ko'tariluvchi  $a_I$  – egrilik deb ataladi (10. 27-rasm) va o'zanda

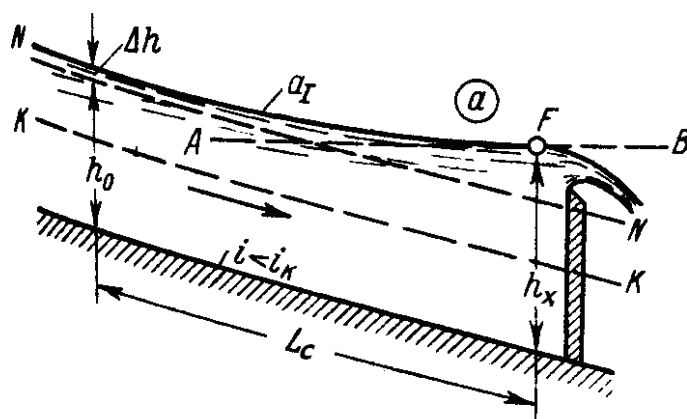
$$h_\phi > h_0 > h_K \quad (10. 82)$$

shart bajarilganda yuzaga keladi.



10. 26-rasm. Oqimning erkin sirt chiziqlari shakllari,  $i < i_K$

Endi oqim notekis harakatining differensial tenglamasi yordamida  $a_I$  egriligining 10. 26 va 10. 27-rasmlardagidek ekanligini isbotlaymiz.



10. 27-rasm.  $\alpha_I$  turdagi erkin sirt egriligi

1. Bu shakldagi egri chiziq bo‘lishi uchun

$$h_x > h_0 > h_K \quad (10. 83)$$

shart bajarilishi kerak. Bunda  $\alpha_I$  oqimko‘tariluvchi sathga ega bo‘ladi. Bunday holda egri chiziq

$$K^2 > K_0^2 \text{ va } \Lambda > \Lambda_K \quad (10. 84)$$

bilan xarakterlanadi. Ko‘rilayotgan vaziyatda

$$c > 0 \text{ va } m > 0 \quad (10. 85)$$

shu sababli,

$$\frac{dh}{ds} = \frac{+c}{+m} > 0 \quad (10. 86)$$

Demak, chuqurlik oqim bo‘ylab o‘sadi, shuning uchun erkin sirt chizig‘i ko‘tariluvchi bo‘ladi. Yana shunga e‘tibor berish kerakki, egri sirt egriligining sathi uzunlik bo‘yicha kamayib bormoqda:  $\nabla_2 < \nabla_1$ .

2. Agar  $h \rightarrow \infty$  bo‘lsa, o‘z navbatida  $K^2 \rightarrow \infty$  hamda  $\Lambda \rightarrow \infty$ ,  $K_0^2 = const$  va  $\Lambda_K = const$  bo‘ladi:

$$\left( \frac{dh}{ds} \right)_{h \rightarrow \infty} = \left( \frac{c}{m} \right)_{h \rightarrow \infty} \rightarrow i \quad (10. 87)$$



Pastki qismda  $AV$  egri chiziqgorizontal asimptotaga ega (10. 28-rasmda ko‘rsatilgan  $dh$  va  $ds$ belgilarga qarang) va

$$\left(\frac{dh}{ds}\right) = i \quad (10. 88)$$

shart bilan xarakterlanadi.

Shunday qilib  $a_I$  egri chiziq gorizontal tekislikka oqim harakati bo‘yicha yaqinlashib boradi.

3. Agar  $h \rightarrow h_0$  bo‘lsa,  $K^2 \rightarrow K_0^2$  bo‘ladi

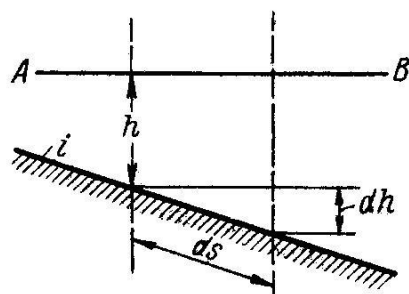
$$\left(\frac{dh}{ds}\right)_{h \rightarrow h_0} = \left(\frac{c}{M}\right)_{h \rightarrow h_0} \rightarrow 0 \quad (10. 89)$$

Demak,  $a_I$  egri chiziqning yuqori qismi  $N-N$  chiziq ko‘rinishidagi asimptotaga ega bo‘lib,  $\frac{dh}{ds} = 0$  shartni bajaradi.

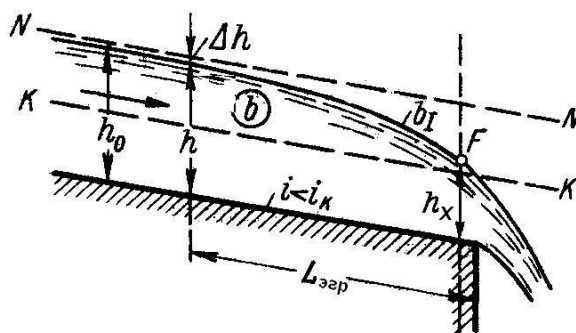
4.  $a_I$  egri chiziqni  $A-V$  va  $N-N$  asimptotalarga ega ekanligini hisobga olsak, aniq aytish mumkinki  $a_I$  egri chiziqqabariqligi pastga qaragan bo‘ladi.

5.  $a_I$  – erkin sirt egriligi ko‘tariluvchi bo‘lib,  $N-N$  tekisligiga yaqinlashish nazariy jixatdan cheksizdir (10. 27-rasm), lekin amaliy jixatdan bu ko‘tarilish uzunligi  $(0,01 \div 0,02)h_0 = L_n$  deb qabul qilinadi.

$b_I$  – egriligi. Bu egrilik esa pasayuvchi hisoblanadi. Buning namoyon bo‘lishi quyidagi rasmda ko‘rsatilgan (10. 29-rasm).



10. 28-rasm. 7. 87 formulaga doir



10. 29-rasm.  $b_I$  ko‘rinishdagi erkin sirt

egriligi

$$h_0 > h_x > h_k \quad (10.90)$$

Bunda  $b_I$  egriligi bilan chegaralangan hamma chuqurliklar

$$h_0 > h > h_k \quad (10.91)$$

shartni bajaradi. (10.78) tenglamani taxlil qilib, quyidagi xulosalarni aytish mumkin:

1.  $b_I$  egrilik (10.91) ifoda bilan xarakterlanganligi sababli,

$$K_0 > K \text{ va } \Lambda > \Lambda_k \quad (10.92)$$

bundan,

$$\frac{dh}{ds} = \frac{-c}{+M} < 0 \quad (10.93)$$

chuqurlik kamayishi sababli, haqiqatdan ham egri chiziq pastga tushib boradi.

2. Agar  $h \rightarrow h_0$  bo'lsa,  $K^2 \rightarrow K_0^2$ , demak,

$$\left(\frac{dh}{ds}\right)_{h \rightarrow h_0} = \left(\frac{c}{M}\right)_{h \rightarrow h_0} \rightarrow 0 \quad (10.94)$$

Demak,  $b_I$  egrilik o'zining chap qismida  $N-N$  ko'rinishdagi asimptotasiga ega bo'ladi.

3. Agar  $h = h_k$  bo'lsa,  $b_I$  tik urinmaga ega bo'ladi. (10.6 mavzuga qarang).

4.  $b_I$  egrilikni  $N-N$  asimptotaga va  $W-W$  tik urinmaga ega ekanligini hisobga olsak, uning qabariqligi yuqoridaligini tasdiqlashimiz mumkin.

5.  $b_I$  egrilik  $N-N$  to'g'ri chiziqqayayinlashganligi sababli, nazariy jixatdan uni cheksizlikka intiladi deb qabul qilishimiz mumkin, lekin amaliyotda u  $L_{cn}$  uzunlikka ega bo'ladi deb qabul qilinadi (10.29-rasm).

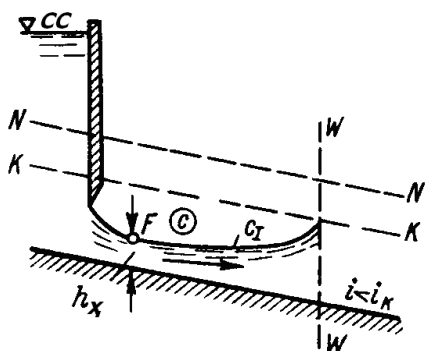
6.  $b_I$  egriligi bo'lgan holda, oqimning solishtirma kesim energiyasi oqim harakat yo'nalishi bo'yicha kamayib boradi, chunki bu egrilik oqim bo'ylab  $\mathcal{E}_{\min}$  qiymatga mos keluvchi  $K-K$  to'g'ri chiziqqa yaqinlashib boradi.

$c_I$  sath egriligi. Bu ko'rinishdagi sirt egriligi ko'tariluvchi bo'ladi (10.30-rasm).

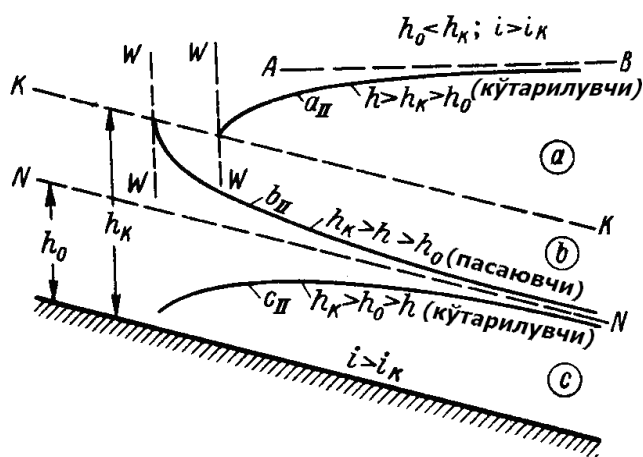
$$h_x < h_K < h_0 \quad (10.95)$$

$c_I$  egriligini ustki qismida joylashgan barcha chuqurliklar quyidagi shartni bajaradi:

$$h_0 > h_K > h \quad (10.96)$$



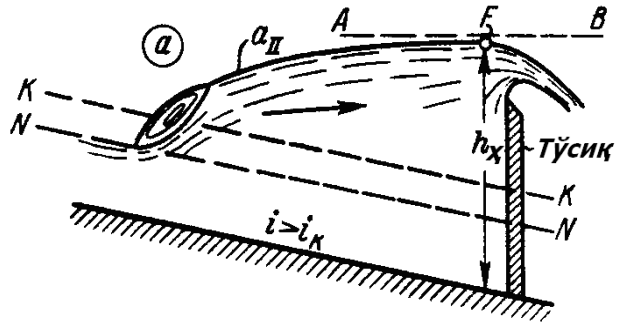
10.30-rasm.  $c_I$  turdagi erkin sirt egriligi



10.31-rasm.  $i > i_K$  bo'lganda, erkin sirt egriliklarining ko'rinishi

Yuqoridagilardan muloxaza yuritib,  $c_I$  egrilikning quyidagi hossalari mavjudligini ko'rishimiz mumkin:

1. U ko'tariluvchidir;
2. O'zining o'ng tomoni oxirida W-W tik urinmaga ega;
3. Asimptotasi yo'q;
4. Egrilikning yo'nalishi bo'ylab, oqimning solishtirma kesim energiyasi kamayib boradi;
5. Uzunligi chegaralangandir.



10. 32-rasm.  $a_{II}$  turdagi erkin sirt egriligi

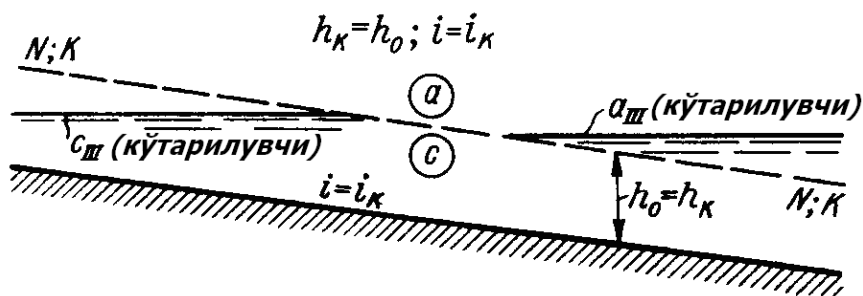
*Ilguruh.* Bu holat (10. 80) shart bajarilganda yuzaga kelishi mumkin. Oqimning notekis harakatini ifodalovchi differensial

tenglamani kuzatish natijasida xulosa qilish mumkinki, (10. 80) shart bajarilganda erkin sath egriliklari 10. 31 va 10. 32-rasmdagi ko'rinishda bo'lishi mumkin.

- a)  $h_x > h_k > h_0$   $a_{II}$  – sath ko'tariluvchi bo'ladi;
- b)  $h_0 > h_x < h_k$   $b_{II}$  – sath pasayuvchi bo'ladi;
- c)  $h_k > h_0 > h_x$   $c_{II}$  – sath ko'tariluvchi bo'ladi.

*III guruh* (10. 81) shart bajarilganda bo'lishi mumkin. Bunda N-N va K-K chiziqlar o'zaro ustma ust tushadi (10. 33-rasm).

$h_k = h_0$ ,  $i = i_k$  bunday holatda har ikkala  $a_{III}$ ,  $c_{III}$  sathlar ko'tariluvchi bo'ladi.



10. 33-rasm.  $i = i_k$  bo'lganda erkin sirt egriligining ko'rinishlari

$a_{III}$  egriligi

$$h > h_k = h_0 \quad (10.97)$$

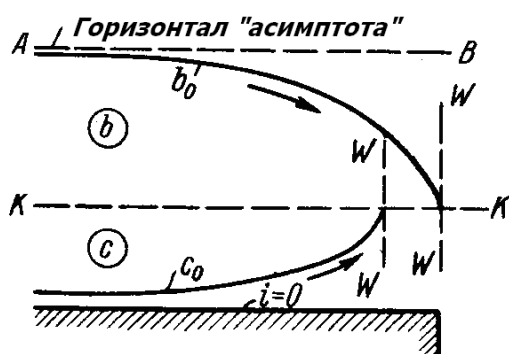
va  $c_{III}$  egriligi

$$h < h_k = h_0 \quad (10.98)$$

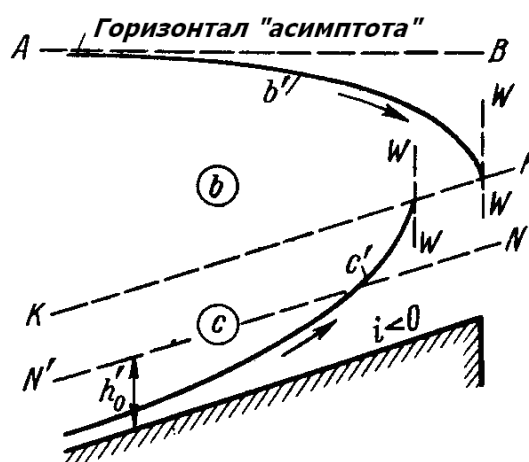
ifodalar bilan xarakterlanadi.

Yuqoridagidek muloxaza yuritib, bu egriliklar ko'tariluvchi ekanligini va to'g'ri to'rtburchakli o'zarlarda harakat amalga oshayotgan bo'lsa, bu – to'g'ri chiziqqa aylanishini tasdiqlash mumkin.

2<sup>o</sup>. *B sinf - gorizontal tubli o'zan (i=0)*. Oqimning notekis harakati differensial tenglamasining III ko'rinishini tahlil qilib,  $i=0$  bo'lganda 10. 34-rasmdagi holat bo'lishini ko'rish mumkin ( $b_0$  yoki  $c_0$ ).



10. 34-rasm.  $i = 0$  bo'lganda erkin sirt egriligi shakllari



10. 35-rasm.  $i < 0$  bo'lgan holat uchun erkin sirt egriligining ko'rinishlari

Bu holatlarda  $h_0 = \infty$ , bo'lganligi uchun asoha yo'q bo'ladi hamdabva  $c$  sohalar qoladi.  $b_0$  egrilik o'zining chap qismida gorizontal asimptotasiga ega bo'lib, uzluksiz uzunlikda davom etadi va o'zining oxirgi qismida W-W tekisligida urinmaga ega bo'lib, ko'tariluvchidir.

3<sup>o</sup>. *V sinf. Teskari nishabli o'zanlar* ( $i < 0$ ). Bu holatda egri sirt egriligi 10.35-rasmdagidek ko'rinishda bo'lishi mumkin.

4<sup>o</sup>. *Xulosalar*. Ko'rilgan va o'rganilgan holatlardan xulosa qilib, aytish mumkinki, jami turli holatlar uchun sath egriligining o'n ikki ko'rinishi mavjud ekan. SHuni e'tiborga olish kerakki, ular *N-N* chizig'iga asimptotik ko'rinishda yaqinlashib, *K-K* chizig'ida tik urinma ko'rinishda bo'ladi. Bunday ko'rinishdagi egriliklar hechqachon *K-K* va *N-N* chiziqlarni kesib o'tmaydi, *K-K* chiziqqa oqim bo'yicha yaqinlashgan chiziqlar uchun oqimning solishtirma kesim energiyasi oshib, uzoqlashgan chiziqlarda esa kamayib boradi.

Sath egriligini kuzatish natijalarini barchasini quyidagi jadvalga jamlashimiz mumkin.

10. 1-jadval

Oqim chuqurligi	O'zan tubi nishablighi		Sohalar	Kattaliklar			EESCH shakli	EESCH shaklining ko'rinishi
				$1 - \left(\frac{K_0}{K}\right)^2$	$1 - \Pi_x$	$\frac{dh}{ds}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h_0 > h_{sp}$		$i < i_{sp}$	$a_I$	$>0$	$>0$	$>0$	Egri ko'tarilma	
			$b_I$	$<0$	$>0$	$<0$	Egri pasayma	
			$c_I$	$<0$	$<0$	$>0$	Egri ko'tarilma	
$h_0 < h_{sp}$	$i > 0$	$i > i_{sp}$	$a_{II}$	$>0$	$>0$	$>0$	Egri ko'tarilma	
			$b_{II}$	$>0$	$<0$	$>0$	Egri pasayma	
			$c_{II}$	$<0$	$<0$	$>0$	Egri ko'tarilma	
$h_0 = h_{sp}$		$i = i_{sp}$	$a_{III}$	$>0$	$>0$	$>0$	Egri ko'tarilma	
			$c_{III}$	$<0$	$<0$	$>0$	Egri ko'tarilma	
$h = \infty$		$i = 0$	$b_0$	--	$>0$	$<0$	Egri pasayma	
			$c_0$	--	$<0$	$>0$	Egri kutarilma	
$h = \infty$		$i < 0$	$b'$	--	$>0$	$<0$	Egri pasayma	
			$c'$	--	$<0$	$>0$	Egri ko'tarilma	

**10.9. TO‘G‘RI NISHABLI O‘ZANLAR UCHUN ( $i > 0$ )**  
**SUVNING NOTEKIS HARA KATI DIFFERENSIAL TENGLAMASINI**  
**INTEGRALLASH UCHUN QULAY KO‘RINISHIGA KELTIRISH**

Buning uchun (10. 30) tenglamasining o‘ng tomoni maxrajini quyidagicha yozamiz.

$$m = 1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3} = 1 - \frac{\alpha(K_0^2 i)}{g} \frac{B}{\omega} \frac{C^2 R}{\omega^2 C^2 R} \quad (10. 99)$$

bunda

$$\omega^2 C^2 R = K^2 \text{ va } \frac{\omega}{R} = \chi \quad (10. 100)$$

belgilash kiritsak, (10. 99) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$m = 1 - \Pi_\kappa = 1 - \frac{\alpha K_0^2 i}{g} \frac{B C^2}{\chi K^2} = 1 - \frac{\alpha i C^2}{g} \frac{B}{\chi} \frac{K_0^2}{K^2} \quad (10. 101)$$

Agar

$$\frac{\alpha i C^2}{g} \frac{B}{\chi} = j$$

(10. 102)

belgilash kiritsak, (10. 101) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$m = 1 - j \frac{K_0^2}{K^2} \quad (10. 103)$$

Keng o‘zanlarda  $V \approx \chi$  bo‘lganligi uchun

$$j = \frac{\alpha i C^2}{g} \quad (10. 104)$$

(10. 30) tenglamaga (10. 74) va (10. 103) ifodalarni qo‘ysak,



$$\frac{dh}{ds} = \frac{1 - \frac{K_0^2}{K^2}}{1 - j \frac{K_0^2}{K^2}} i \quad (10.105)$$

ko‘rinishni oladi. Bunda

$$\boxed{\frac{K}{K_0} = \aleph} \quad (\text{kappa}) \quad (10.106)$$

belgilash kiritib, uni *sarfning nisbiy moduli* deb ataymiz.

$$\frac{dh}{ds} = \frac{\aleph^2 - 1}{\aleph^2 - j} i \quad (10.107)$$

Bu tenglama – oqimning to‘g‘ri nishabli ( $i > 0$ ) o‘zanlardagi harakati differensial tenglamasining (IV) <sub>$i > 0$</sub>  to‘rtinchi ko‘rinishi deyiladi.

$j$  kattalikka to‘xtalib o‘tamiz.

1) (10.102) ifodadan ko‘rinib turibdiki,  $j$  kattalik chuqurlikka bog‘liq:

$$j = f(h) \quad (10.108)$$

2) Keng to‘rtburchak ko‘rinishdagi o‘zanlar uchun  $j$  kattalik quyidagicha aniqlanadi:

$$j = \frac{h_\kappa^3 C^2}{h_0^3 C_0^2} \quad (10.109)$$

Agar bunday o‘zanlarda chuqurlikning o‘zgarishi hisobga olinmasa  $C = C_0$  deb qabul qilinadi; bundan

$$j = f\left(\frac{h_\kappa}{h_0}\right)^3 \quad (10.110)$$

3) Agar o‘zan tubi nishabligi nihoyatda kichik, ya’ni ( $h_0 > h_\kappa$ ) bo‘lganda  $j < 1,0$ , katta qiymatlarda esa ( $h_0 < h_\kappa$ ) bo‘lganda  $j > 1,0$  bo‘lishi mumkin.

**10. 10. TUBI TESKARI NISHABLI ( $i < 0$ ) O‘ZANLARDA  
HARAKATLANAYOTGAN OQIMNING NOTEKIS HARAKATI  
DIFFERENSIAL TENGLAMASINI INTEGRALLASH UCHUN  
QULAY KO‘RINISHGA KELTIRISH**

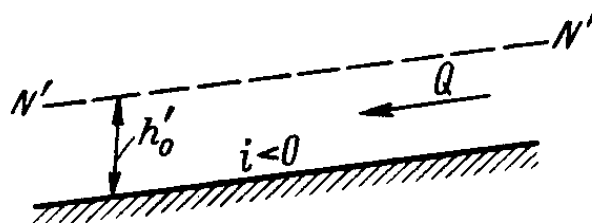
Silindrik shakldagi o‘zanlarda harakatlanayotgan oqimning differensial tenglamasini, ya’ni (10. 36) ifodaning shaklini sarf moduli tushunchasini kiritish bilan o‘zgartiramiz.

Bu tenglama quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\frac{dh}{ds} = -\frac{\mathfrak{N}'^2 + 1}{\mathfrak{N}'^2 - j'} i' \quad (10. 111)$$

$$\mathfrak{N}' = \frac{K}{K'_0} \quad (10. 112)$$

$$\mathfrak{N}' = \frac{\alpha i' C^2}{g} \frac{B}{\chi} \quad (10. 113)$$



10. 36-rasm.  $h_0$  normal chuqurlikni aniqlashga doir.

bunda  $i'$  – o‘zan tubining absolyut nishabligi deyiladi,  $i' = |i|$ ;  $K'_0$  – sarf modulining faraz qilinayotgan  $h'_0$  chuqurlikka mos keluvchi qiymati (10. 36-rasm).

**10. 11. OQIMNING NOTEKIS HARAKATI DIFFERENSIAL  
TENGLAMASINI INTEGRALLASHGA DOIR AMALIY  
KO‘RSATMALAR**

Oqimning notekis harakati differensial tenglamasining (IV) <sub>$i > 0$</sub>  ko‘rinishini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{ds}{dh} = \frac{1}{i} \frac{\mathfrak{N}^2 - j}{\mathfrak{N}^2 - 1} \quad (10. 114)$$

Tenglamani o'ng tomoni chuqurlikning funksiyasi ekanligini hisobga olsak,

$$\frac{1 \mathfrak{N}^2 - j}{i \mathfrak{N}^2 - 1} = f(h)$$

deb belgilab, (10. 114) ni quyidagi ko'rinishda yozishimiz mumkin:

$$ds = f(h)dh \quad (10. 115)$$

Bu tenglamani integrallab, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$s = \int_{h_1}^{h_2} f(h)dh \quad (10. 116)$$

*hvas* parametrlarning o'zaro bog'liqligini ko'rsatuvchi hisoblash tenglamasini olish uchun quyidagi aniq integralni hisoblash kerak.

$$f_0(h) = \int f(h)dh \quad (10. 117)$$

Bu masalani hisoblashning bir necha taqribiy usullari mavjud. O'z davrida bu muammo bilan Bress, Tolkmitt, Dyupyui-Ryulman, B. A. Baxmetev, R. R. Chugaev, A. N. Raxmanov va boshqalar shug'ullanishgan.

Keyingi bosqichda, biz bu masalani hal qilish uchun B. A. Baxmetev taklif etgan usul bilan tanishamiz. Chunki, bu usul to'g'ri kesimli o'zamlarni loyihalashtirish amaliyotida qo'llaniladi. Dastlab, bu usul asosini tashkil etuvchi *gidravlik ko'rsatkich* degan tushuncha bilan tanishamiz.

## 10. 12. SARF MODULINING ASOSIY KO'RSATKICHI.

### O'ZANNING GIDRAVLIK KO'RSATKICHI

Dastlab,  $i > 0$  bo'lgan holat bilan tanishamiz. Bizga ma'lumki, oqimning notekis harakati tenglamasi tarkibiga  $K^2/K_0^2 = \mathfrak{N}^2$  munosabat kiradi. Bu munosabat  $h$  chuqurlikka bog'liq bo'lgan nixoyatda murakkab funksiyadir, chunki

$$K = \omega C \sqrt{R} \quad (10. 118)$$

bunda  $\omega, C$  va  $R$  parametrlar  $h$  chuqurlik bilan o'ziga xos murakkab bog'liqlikdadir. Shu sababli (10. 114) da ifodalangan integralni hisoblash ancha murakkabdir.

B. A. Baxmetev masalani engillashtirish maqsadida  $K$  va  $h$  parametrlar orasidagi bog'liqlikni aniqlash uchun ishlatiladigan Shezi formulasi o'rniga oddiy darajadagi ifodani taklif qilgan:

$$\boxed{\left(\frac{K''}{K'}\right)^2 = \left(\frac{h''}{h'}\right)^x} \quad (10. 119)$$

bunda  $h''$  va  $h'$  – ixtiyoriy chuqurliklar bo'lib, ko'rilayotgan o'zanning ko'ndalang kesimiga ta'luqlidir;  $K''$  va  $K'$  – shu chuqurliklarga mos keluvchi sarf modulidir (10. 38, a-rasm).  $x$  ko'rsatkich esa berilgan kesim uchun o'zgarmas deb qabul qilinadi, chunki uning qiymati  $h''$  va  $h'$  larga bog'liq emas deb hisoblanadi. (10. 119) formulada qatnashgan bu ko'rsatkich *o'zanning gidravlik ko'rsatkichi* deb ataladi. Agar  $K'' = K$  deb qabul qilinsa, (10. 119) ifoda quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$K = A\sqrt{h^x} \quad (10. 120)$$

bunda

$$A = \frac{K'}{\sqrt{(h)^x}} = const \text{ (ko'rilayotgan kesim uchun)} \quad (10. 121)$$

(10. 119) formulani logarifmlab, quyidagini olish mumkin:

$$x = \frac{2\lg K'' - 2\lg K'}{\lg h'' - \lg h'} \quad (10. 122)$$

Tahlil natijasida isbotlash mumkinki, (10. 120) ifoda ayrim o'zanlar uchun (10. 118) ifodaga to'liq mos keladi, ayrimlariga esa umuman (10. 120) ifodani qo'llab bo'lmaydi, chunki hisoblash natijasi (10. 118) ifodanikiga qaraganda keskin farqqiladi.

Bunday o'zanlar bilan tanishib chiqamiz.

1. (10. 119) va (10. 120) ifodalar nazariy jixatdan bir-biriga mos keladigan o‘zanlar. Bunday o‘zarlarda gidravlik ko‘rsatkich o‘zgarmas bo‘lib ( $x = const$ ), chuqurlikka bog‘liq emas.

- nixoyatda tor to‘rtburchak kesimli o‘zanlar ( $x = 2,0$ );
- keng to‘rtburchak shakldagi kesimli o‘zanlar ( $x = 3,4$ );
- tor parabola shakldagi kesimli o‘zanlar ( $x = 3,7$ );
- keng parabola shakldagi kesimli o‘zanlar ( $x = 4,4$ );
- uchburchak kesimli o‘zanlar ( $x = 5,4$ ).

2. (10. 119) ifodani taqriban qo‘llash mumkin bo‘lgan kesimlar:

- to‘rtburchak va parabola shakldagi kesimli (keng va torlaridan tashqari) o‘zanlar;
- trapetsiya ko‘rinishdagi o‘zanlar;
- kesimining shakli bo‘yicha yuqoridagilarga o‘xshash o‘zanlar.

O‘zan tubi  $i > 0$  bo‘lgan holda yuqoridagi o‘zanlar uchun gidravlik ko‘rsatkich quyidagicha aniqlanadi:

$$x = \frac{2 \lg K_{yp} - 2 \lg K_0}{\lg h_{yp} - \lg h_0} \quad (10. 123)$$

bunda  $h_{yp}$  – ko‘rilayotgan sohadagi o‘rtacha chuqurlik;  $K_{yp}$  – shu chuqurlikka mos keluvchi o‘rtacha sarf moduli.

Yoki R. R. Chugaev formulasiga asosan, to‘g‘ri to‘rtburchak kesimli o‘zanlar uchun

$$x = 3,4 - \frac{2,8}{\frac{b}{h_{yp}} + 2} \quad (10. 124)$$

Trapetsiya shaklidagi o‘zanlar uchun

$$x = 3,4 \left( 1 + \frac{m}{\frac{b}{h_{yp}} + m} \right) - 1,4 \frac{m'}{\frac{b}{h_{yp}} + m'} \quad (10. 125)$$

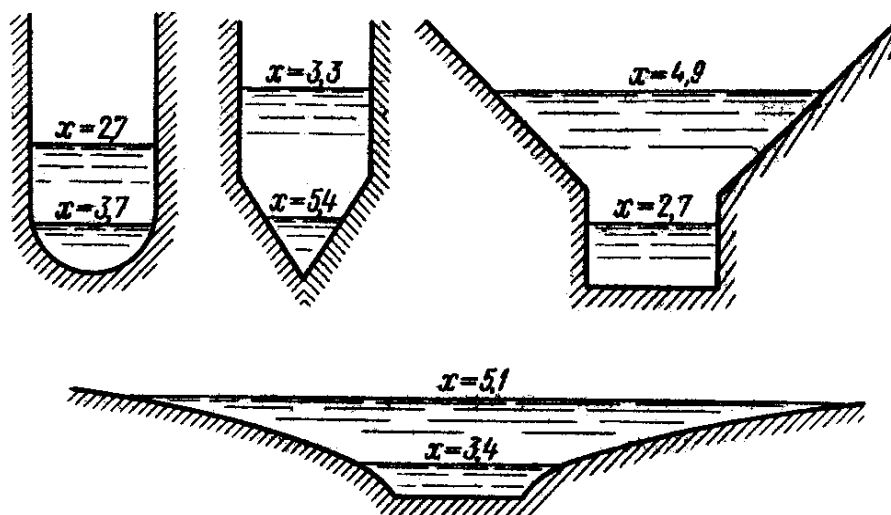
bunda  $b$  – o‘zan tubining kengligi;  $m$  – o‘zan yon devorining qiyalik koeffitsienti:  $m' = 2\sqrt{1+m^2}$

(10. 123) va (10. 125) formulalarda o‘rtacha chuqurlikni hisob-kitob natijasiga ta’siri kamligini hisobga olgan holda, uning qiymati taqriban qabul qilinishi mumkin.

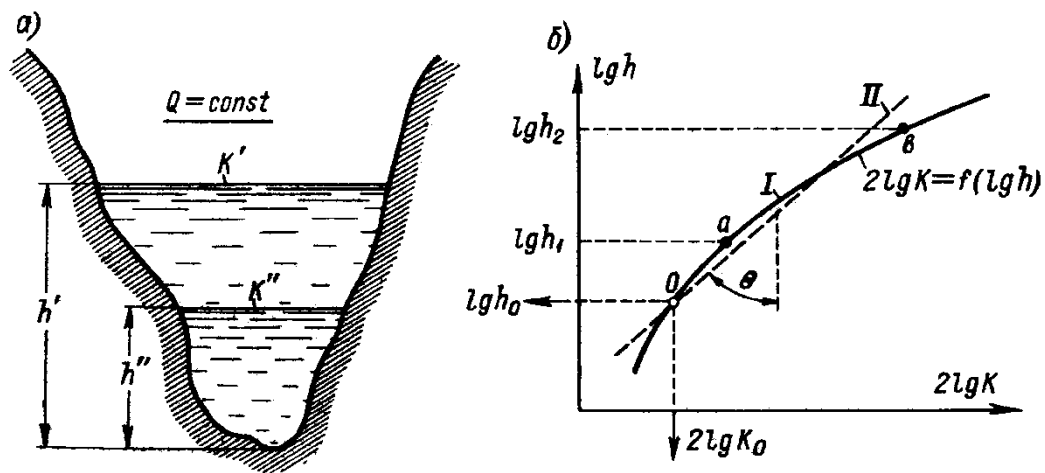
3. (10. 119) ifodani qo‘llash mumkin bo‘lmagan o‘zanlar:

- ko‘ndalang kesimli yopiq profilli o‘zanlar;
- bir necha bo‘limli o‘zanlar;
- 10. 37-rasmda ifodalangan o‘zanlar.

4. Umuman (10. 119) ifodaning qo‘llanilishi mumkin yoki mumkin emasligi noma’lum bo‘lgan holda uni aniqlash uchun logarifmik anomorfoza deb ataluvchi grafik chizishga to‘g‘ri keladi (10. 38-chizma).



10. 37-rasm. Hidravlik ko‘rsatkichi  $x \neq const$  o‘zgaruvchan bo‘lgan o‘zanlar



10. 38-rasm. Logariflik anomorfoza  $2 \lg K = f(\lg h)$ ;  $tg Q = x$

Tik o‘q bo‘yicha  $\lg h$ , gorizontal yo‘nalishga  $2 \lg K$  kattaliklarni qo‘yilgan grafikda ikki bog‘liqlikni ifodalovchi chiziqlar o‘tgan.

I chiziq (10. 118) ifodaga asosan o‘tkazilgan. Buning uchun  $h$  chuqurlikka ixtiyoriy qiymatlar berib,  $\lg h$  va  $2 \lg K$  kattaliklarning shu qiymatlari hisoblanadi va grafik chiziladi. Buni *Shezi chizig‘i* deb atash mumkin.

II chiziq to‘g‘ri chiziqdir. Buni qurish uchun (10. 119) yoki (10. 120) ifodalardan foydalanamiz.

B. A. Baxmetev taklifiga asosan, oqimning notekis harakati differensial tenglamasini integrallash uchun (10. 119) ifodani  $i > 0$  holat uchun quyidagi ko‘rinishda ifodalash mumkin:

$$\left( \frac{K}{K_0} \right)^2 = \left( \frac{h}{h_0} \right)^x \quad (10. 126)$$

bunda  $h$  – ixtiyoriy haqiqiy chuqurlik;  $h_0$  – Shezi formulasiga asosan aniqlanadigan normal chuqurlik;  $K_0$  – normal chuqurlikka mos keluvchi sarf moduli.

(10. 126) tenglamani logarifmlasak, quyidagi ko‘rinishdagi ifodani olish mumkin:

$$2\lg K = (2\lg K_0 - x\lg h_0) + x\lg h \quad (10. 127)$$

Bu tenglamadan foydalanib, II chiziqni chizish mumkin. Bu chiziq–tenglamadan ko‘rinib turibdiki, to‘g‘ri chiziqdir. II to‘g‘ri chiziq *Baxmetev chizig‘i* deb ataladi. Baxmetev chizig‘i  $\lg h_0$  va  $2\lg K_0$  koordinatalariga mos keluvchi I chiziqning 0 nuqtasidan o‘tadi. Yuqoridagi fikrlarga asoslanib, quyidagi xulosani aytish mumkin:

a) logarifmik anomorfoza grafigida nuqta orqali Baxmetev chizig‘ini ma’lum burchak ostida o‘tkazamiz. Ular o‘zaro yaqin joylashsa, u holda (10. 119) ifodadan gidravlik ko‘rsatkichni hisoblashda foydalanish mumkin.

b) agar Shezi chizig‘i nixoyatda egri bo‘lsa, u holda gidravlik ko‘rsatkichni hisoblashda (10. 119) ifodadan foydalanish mumkin emas.

Agar gidravlik ko‘rsatkichni aniqlash mumkin bo‘lgan holatda uni shu logarifmik anomorfoza grafigidan quyidagicha aniqlash mumkin:

a)  $\lg h_0$  va  $2\lg K_0$  koordinatalar bilan aniqlanuvchi 0 nuqtani Shezi chizig‘idan topamiz;

b) erkin sirt egriligini qurish talab qilinadigan sohaning boshi va oxiridagi chuqurliklarga mos keluvchi  $\lg h_1$  va  $\lg h_2$  lar uchun  $a$  va  $b$  nuqtalarni Shezi chizig‘idan topamiz.

c) Baxmetev chizig‘ini  $ab$  bo‘limda II egrilikka yaqin qilib, 0 nuqta orqali o‘tkazamiz.

d)  $x$  gidravlik ko‘rsatkichni Baxmetev chizig‘ining burchak koeffitsienti sifatida o‘tkazamiz.

$$x = \operatorname{tg}\theta \quad (10. 128)$$

bunda  $\theta$  burchak 10. 38-rasmda ko‘rsatilgan.



Albatta,  $tg\theta$  burchak katetlar nisbati sifatida aniqlanadi. Biz faqat, o‘zan tubi nishabligi ( $i > 0$ ) musbat bo‘lgan holat bilan tanishdik. Agar bu qiymat  $i = 0$  bo‘lsa, gidravlik ko‘rsatkich xuddi yuqoridagidek aniqlanib,  $h_0$  chuqurlik  $h_x$  kattalik bilan almashtiriladi (10. 10-mavzuga qarang).

### **10. 13. TUBI TO‘G‘RI NISHABLI ( $i > 0$ ) O‘ZANLARDA OQIMNING NOTEKIS HARAKATI DIFFERENSIAL TENGLAMASINI BAXMETEV USULIDA INTEGRALLASH**

1911-1914 yillarda professor B. A. Baxmetev tomonidan taklif etilgan bu usul faqat gidravlik ko‘rsatkichni (10. 119) ifoda yordamida aniqlash mumkin bo‘lgan o‘zanlar uchun qo‘llaniladi. Bunday o‘zanlar uchun yuqorida ta’kidlaganimizdek,  $2lg K = f(lg h)$  tenglamasi bilan xarakterlanuvchi Shezi chizig‘i to‘g‘ri chiziqyoki shunga yaqin egri chiziqko‘rinishida bo‘ladi.

Yuqorida olingan oqimning notekis harakati differensial tenglamasini IV ko‘rinishini esga olamiz:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{\aleph^2 - 1}{\aleph^2 - j} i \quad (10. 129)$$

Bu tenglamani professor B. A Baxmetev usulida integrallash uchun (10. 126) ifoda ko‘rinishida yoki quyidagicha yozib olamiz.

$$\boxed{\aleph^2 = \eta^x} \quad (10. 130)$$

bunda

$$\boxed{\aleph = \frac{K}{K_0}} \quad \text{va} \quad \boxed{\eta = \frac{h}{h_0}} \quad (10. 131)$$

bunda  $\eta$  – nisbiy chuqurlik deyiladi. (10. 130) ifodani (10. 129) ifodaga qo‘ysak, u quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$h_0 \frac{d\eta}{ds} = \frac{\eta^x - 1}{\eta^x - j} i \quad (10. 132)$$

bunda

$$h_0 d\eta = dh \quad (10. 133)$$

(10. 132) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{i}{h_0} ds = \frac{\eta^x - j}{\eta^x - 1} d\eta = \left( 1 - 1 + \frac{\eta^x - j}{\eta^x - 1} \right) d\eta \quad (10. 134)$$

bundan

$$\frac{i}{h_0} ds = d\eta - \frac{1-j}{1-\eta^x} d\eta \quad (10. 135)$$

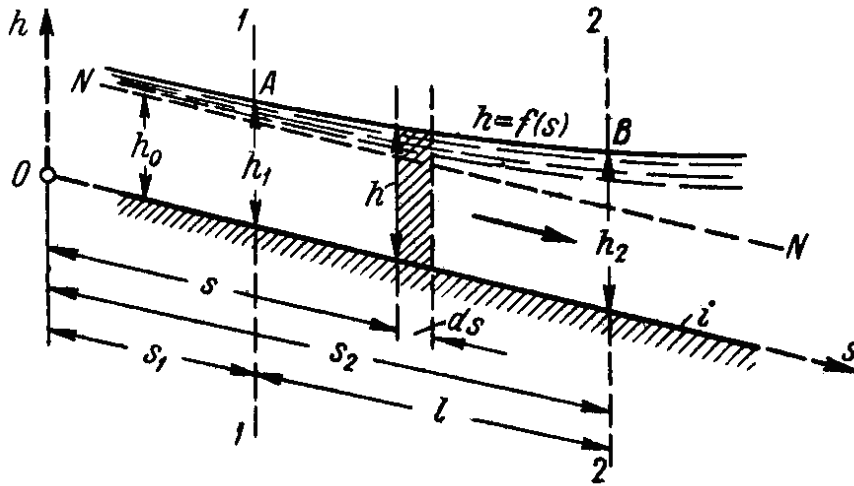
Oqimning notekis harakati mavjud bo‘lgan sohada koordinata boshini tanlab olib, unda  $ds$  masofada yotgan 1-1 va 2-2 kesimlar oralig‘idagi notekis harakatni ko‘ramiz (10. 39-rasm). 1-1 va 2-2 kesimlardagi oqimning gidravlik elementlarini mos ravishda 1 va 2 indeksleri bilan belgilab olamiz.

Shundan keyin, (10. 135) tenglamani 1-1 kesimdan 2-2 kesimgacha integrallaymiz. Natijada quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{i}{h_0} (s_2 - s_1) = \eta_2 - \eta_1 - \int_{\eta_1}^{\eta_2} \frac{1-j}{1-\eta^x} d\eta \quad (10. 136)$$

bunda

$$\eta_1 = \frac{h_1}{h_0} \text{ va } \eta_2 = \frac{h_2}{h_0} \quad (10. 137)$$



10. 39-rasm. (10. 135) ifodani integrallashga doir

Hisoblashlar natijasi shuni ko‘rsatadiki,  $j$  parametr o‘z qiymatini chuqurlik o‘zgarishi bilan deyarli o‘zgartirmaydi. Shu sababli, uni integral ostidan chiqarib olamiz va o‘rtacha qiymatini qabul qilib,  $\bar{j}$  deb belgilashimiz mumkin. Bundan tashqari

$$s_2 - s_1 = l \quad (10. 138)$$

ekanligini hisobga olsak, (10. 136) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\frac{il}{h_0} = \eta_2 - \eta_1 - (1 - \bar{j}) \int_{\eta_1}^{\eta_2} \frac{d\eta}{1 - \eta^x} \quad (10. 139)$$

Demak

$$\int \frac{d\eta}{1 - \eta^x} = \varphi(\eta) + C_0 \quad (10. 140)$$

deb ifodalash mumkin, bu yerda  $S_0$  – doimiy kattalik.

(10. 139) ifodani hisobga olib, (10. 140) tenglamani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\boxed{\frac{il}{h_0} = \eta_2 - \eta_1 - (1 - \bar{j})[\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)]} \quad (10. 141)$$

Bu tenglama  $i > 0$  holat uchun *AVerkin sirt egriligi tenglamasi* yoki oqimning notekis harakati *Baxmetev tenglamasi* deb ataladi.

Bu tenglamaga oid quyidagi qo‘shimcha ma’lumotlarni berish maqsadga muvofiqdir:

1. Tenglamada  $\bar{j}$  parametr quyidagicha aniqlanishi mumkin.

$$a) \quad \bar{j} = \frac{1}{2}(j_1 + j_2) \quad (10.142)$$

bunda  $j_1$  va  $j_2$  parametrlar –  $h_1$  va  $h_2$  chuqurliklar uchun asosan (10.102) ifodadan aniqlanadi.

$$b) \quad \bar{j} = \frac{\alpha i \bar{C}^2 \bar{B}}{g \bar{\chi}} \quad (10.143)$$

bunda  $\bar{C}$ ,  $\bar{B}$  va  $\bar{\chi}$  parametrlar o‘rtacha chuqurlik uchun aniqlanadi:

$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2}{2} \quad (10.144)$$

2.  $\varphi(\eta)$  funksiya qiymatlari  $\eta$  va  $x$  parametrlarning har xil qiymatlari uchun qatorni yopish usulida hisoblangan bo‘lib, 10.2-jadvalda keltirilgan.

Gidravlik ko‘rsakichning kattaligini aniqlab,  $\eta_1$  va  $\eta_2$  parametrlarni hisoblab,  $\varphi(\eta_1)$  va  $\varphi(\eta_2)$  funksiyalarni 10.2-jadvaldan topib olishimiz mumkin.

Agar  $x$ ,  $\eta_1$  va  $\eta_2$  parametrlarga mos keluvchi qiymatlar jadvallarda bo‘lmasa, interpolyasiya usulidan foydalanib topishga to‘g‘ri keladi.

3. (10.141) tenglamadan foydalanib, quyidagi masalalarni hisoblash mumkin:

a) berilgan dastlabki chuqurlik  $h_1$  (yoki  $h_2$ ) asosida noma’lum chuqurlik  $h_2$  (yoki  $h_1$ ) ni aniqlash mumkin;

b) berilgan  $h_1$  va  $h_2$  chuqurliklarga mos keluvchi soha uzunligini topish mumkin;

c)  $h_1$  va  $h_2$  chuqurliklar ma'lum bo'lgan kesimlar uchun  $AV$  erkin sirt egriligini qurish mumkin.

#### 10. 14. TUBI GORIZONTAL BO'LGAN ( $i = 0$ ) O'ZANLARDAGI OQIMNING NOTEKIS HARA KATI DIFFERENSIAL TENGLAMASINI BAXMETEV USULIDA INTEGRALLASH

Bu holda sarf moduli ko'rsatkichini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\left(\frac{K}{K_\kappa}\right)^2 = \left(\frac{h}{h_\kappa}\right)^x \quad (10. 141)$$

yoki

$$\boxed{\mathfrak{N}_\kappa^2 = \xi^x} \quad (10. 142)$$

bunda  $\mathfrak{N}_\kappa$  – nisbiy sarf moduli;  $\xi$  – nisbiy chuqurlik.

$$\xi = \frac{h}{h_\kappa}; \mathfrak{N}_\kappa = \frac{K}{K_\kappa} \quad (10. 143)$$

$i = 0$  bo'lgan holatda,  $h = h_\kappa$  va  $K = K_\kappa$  egriligini hisobga olib, tenglamani quyidagicha ifodalash mumkin.

$$\frac{i_\kappa l}{h_\kappa} = \bar{j}_\kappa (\xi_2 - \xi_1) - \frac{1}{x+1} [\xi_2^{x+1} - \xi_1^{x+1}] \quad (10. 145)$$

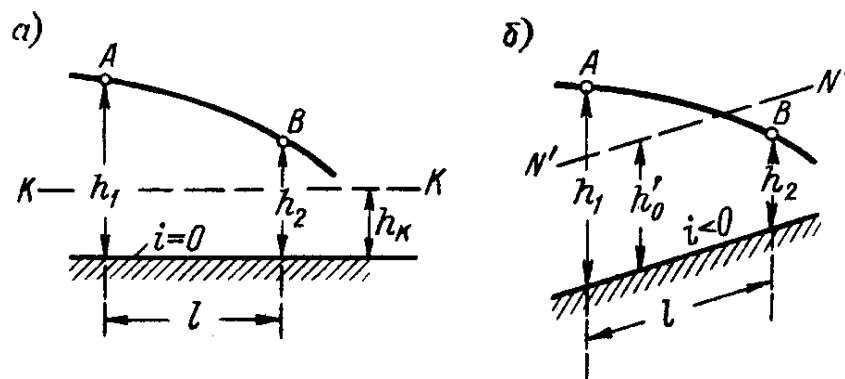
yoki

$$\frac{i_\kappa l}{h_\kappa} = (\bar{j}_\kappa - 1) (\xi_2 - \xi_1) - [\varphi(\xi_2) - \varphi(\xi_1)] \quad (10. 146)$$

bunda  $\bar{j}_\kappa$  –  $j_\kappa$  parametrning o'rtacha qiymati (10. 142) va (10. 143) formulalar yordamida hisoblanishi mumkin (10. 40, a-rasm).

$$\xi_1 = \frac{h_1}{h_\kappa} \text{ va } \xi_2 = \frac{h_2}{h_\kappa} \quad (10. 150)$$

bo‘lib, 10. 2-jadval yordamida  $\varphi(\xi_1)$  va  $\varphi(\xi_2)$  funksiyalar aniqlanadi.



10. 39-rasm.  $i = 0$  va  $i < 0$  bo‘lgan holatlarda erkin sirt egriliklarining ko‘rinishlari: a) (10. 148) va (10. 149) tenglamalar uchun; b) (10. 154) tenglama uchun

### 10. 15. BAXMETEV USULI BO‘YICHA TUBI TESKARI NISHABLI ( $i < 0$ ) O‘ZANLARDA OQIMNING NOTEKIS HARAKATI DIFFERENSIAL TENGLAMASINI INTEGRALLASH

Bu holatda sarf moduli ko‘rsatkichini quyidagi ko‘rinishda yozishimiz mumkin:

$$\left(\frac{K}{K_0}\right)^2 = \left(\frac{h}{h_0}\right)^x \quad (10. 151)$$

yoki

$$\left(\aleph'^2\right) = \zeta^x \quad (10. 152)$$

$\zeta$  – nisbiy chuqurlik;  $\aleph'$  – nisbiy sarf moduli.

$$\zeta = \frac{h}{h_0}; \quad \aleph' = \frac{K}{K_0} \quad (10. 153)$$

Bu holatda, haqiqiy chuqurlik va sarf moduli qiymatlari faraz qilingan  $h_0'$  va  $K_0'$  kattaliklar bilan almashtiriladi (10. 10-mavzuga qarang).

(10. 152) ifodani oqimning notekis harakati differensial tenglamasi (IV) ko‘rinishiga qo‘ysak,  $i < 0$  holat uchun quyidagi tenglamani olamiz:

$$\frac{i'l}{h'_0} = -(\zeta_2 - \zeta_1) + (1 + \bar{j}') [\varphi(\zeta_2) - \varphi(\zeta_1)] \quad (10. 154)$$

bunda  $\bar{j}' - j'$  kattalikning qaralayotgan sohadagi o‘rtacha qiymati.

$$\zeta_1 = \frac{h_1}{h'_0}; \quad \zeta_2 = \frac{h_2}{h'_0} \quad (10. 155)$$

$\varphi(\zeta_1)$  va  $\varphi(\zeta_2)$  funksiyalar nisbiy chuqurliklarning ma’lum qiymatlari uchun maxsus jadvallarda berilgan (10. 3-jadval).

Tubi to'g'ri nishablisuv o'tkazgichning ( $i > 0$ ) turli ( $x$ ) gidravlik  
ko'rsatkichlardagi  $\varphi(\eta)$  funksiyaning qiymatlar jadvali

10. 2-jadval

$\eta$	$x$									
	2,00	2,50	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,05	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
0,10	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
0,15	0,151	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
0,20	0,202	0,201	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
0,25	0,255	0,252	0,251	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
0,30	0,309	0,304	0,302	0,301	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
0,35	0,365	0,357	0,354	0,352	0,351	0,351	0,351	0,350	0,350	0,350
0,40	0,423	0,411	0,407	0,404	0,403	0,403	0,402	0,401	0,400	0,400
0,45	0,484	0,468	0,461	0,458	0,456	0,455	0,454	0,452	0,451	0,450
0,50	0,549	0,527	0,517	0,513	0,510	0,508	0,507	0,504	0,502	0,501
0,55	0,619	0,590	0,575	0,573	0,566	0,564	0,561	0,556	0,554	0,552
0,60	0,693	0,657	0,637	0,630	0,624	0,621	0,617	0,610	0,607	0,605
0,61	0,709	0,671	0,650	0,642	0,636	0,632	0,628	0,621	0,618	0,615
0,62	0,725	0,685	0,663	0,654	0,648	0,644	0,640	0,632	0,629	0,626
0,63	0,741	0,699	0,676	0,667	0,660	0,656	0,652	0,644	0,640	0,637
0,64	0,758	0,714	0,689	0,680	0,673	0,668	0,664	0,656	0,651	0,648
0,65	0,775	0,729	0,703	0,693	0,686	0,681	0,676	0,668	0,662	0,659
0,66	0,792	0,744	0,717	0,706	0,699	0,694	0,688	0,680	0,674	0,670
0,67	0,810	0,760	0,731	0,720	0,712	0,707	0,700	0,692	0,686	0,681
0,68	0,829	0,776	0,746	0,734	0,725	0,720	0,713	0,704	0,698	0,692
0,69	0,848	0,792	0,761	0,748	0,739	0,733	0,726	0,716	0,710	0,704
0,70	0,867	0,809	0,776	0,763	0,753	0,746	0,739	0,728	0,722	0,716
0,71	0,887	0,826	0,791	0,778	0,767	0,760	0,752	0,741	0,734	0,728
0,72	0,907	0,843	0,807	0,793	0,781	0,774	0,766	0,754	0,747	0,740
0,73	0,928	0,861	0,823	0,808	0,796	0,788	0,780	0,767	0,760	0,752
0,74	0,950	0,880	0,840	0,823	0,811	0,802	0,794	0,780	0,773	0,764
0,75	0,972	0,899	0,857	0,839	0,827	0,816	0,808	0,794	0,786	0,776
0,76	0,996	0,919	0,874	0,855	0,843	0,832	0,823	0,808	0,799	0,788
0,77	1,020	0,939	0,892	0,872	0,860	0,848	0,838	0,822	0,812	0,801
0,78	1,045	0,960	0,911	0,890	0,877	0,865	0,854	0,837	0,826	0,814
0,79	1,071	0,982	0,930	0,908	0,895	0,882	0,870	0,852	0,840	0,828
0,80	1,098	1,006	0,950	0,927	0,913	0,900	0,887	0,867	0,854	0,842
0,81	1,127	1,031	0,971	0,947	0,932	0,918	0,904	0,882	0,869	0,857
0,82	1,156	1,056	0,993	0,968	0,951	0,937	0,922	0,898	0,884	0,872
0,83	1,188	1,082	1,016	0,990	0,971	0,956	0,940	0,915	0,900	0,888
0,84	1,221	1,110	1,040	1,013	0,992	0,976	0,960	0,933	0,917	0,904
0,85	1,256	1,139	1,065	1,037	1,015	0,997	0,980	0,952	0,935	0,921
0,86	1,293	1,170	1,092	1,062	1,039	1,019	1,002	0,972	0,953	0,938
0,87	1,333	1,203	1,120	1,088	1,065	1,043	1,025	0,993	0,972	0,956
0,88	1,375	1,238	1,151	1,116	1,092	1,069	1,049	1,015	0,992	0,975
0,89	1,421	1,276	1,183	1,146	1,121	1,097	1,075	1,039	1,014	0,995
0,90	1,472	1,316	1,218	1,179	1,152	1,127	1,103	1,065	1,038	1,017



$8^\eta$	$x$									
	2,00	2,50	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50
0,905	1,499	1,338	1,237	1,197	1,169	1,143	1,117	1,079	1,050	1,028
0,910	1,527	1,361	1,257	1,216	1,186	1,159	1,132	1,093	1,063	1,040
0,915	1,557	1,385	1,278	1,236	1,204	1,176	1,148	1,108	1,077	1,053
0,920	1,589	1,411	1,300	1,257	1,223	1,194	1,165	1,124	1,091	1,066
0,925	1,622	1,439	1,323	1,279	1,243	1,214	1,184	1,141	1,106	1,080
0,930	1,658	1,469	1,348	1,302	1,265	1,235	1,204	1,159	1,122	1,095
0,935	1,696	1,501	1,374	1,326	1,288	1,257	1,225	1,178	1,139	1,111
0,940	1,738	1,535	1,403	1,352	1,312	1,280	1,247	1,198	1,157	1,128
0,945	1,782	1,571	1,434	1,380	1,338	1,305	1,271	1,219	1,176	1,146
0,950	1,831	1,610	1,467	1,411	1,367	1,332	1,297	1,241	1,197	1,165
0,955	1,885	1,653	1,504	1,445	1,399	1,362	1,325	1,265	1,220	1,186
0,960	1,945	1,701	1,545	1,483	1,435	1,395	1,356	1,292	1,246	1,209
0,965	2,013	1,756	1,591	1,526	1,475	1,432	1,391	1,324	1,275	1,235
0,970	2,092	1,820	1,644	1,575	1,521	1,475	1,431	1,362	1,308	1,265
0,975	2,184	1,895	1,707	1,632	1,575	1,525	1,479	1,407	1,347	1,300
0,980	2,297	1,985	1,783	1,703	1,640	1,587	1,537	1,460	1,394	1,344
0,985	2,442	2,100	1,881	1,795	1,727	1,666	1,611	1,525	1,455	1,400
0,990	2,646	2,264	2,018	1,921	1,844	1,777	1,714	1,614	1,538	1,474
0,995	3,000	2,544	2,250	2,137	2,043	1,965	1,889	1,770	1,680	1,605
1,000	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
1,005	2,997	2,139	1,647	1,477	1,329	1,218	1,107	0,954	0,826	0,730
1,010	2,652	2,863	1,419	1,265	1,138	1,031	0,936	0,790	0,680	0,598
1,015	2,450	1,704	1,291	1,140	1,022	0,922	0,836	0,702	0,603	0,525
1,020	2,307	1,591	1,193	1,053	0,940	0,847	0,766	0,641	0,546	0,474
1,025	2,197	1,504	1,119	0,986	0,879	0,789	0,712	0,594	0,503	0,435
1,030	2,107	1,432	1,061	0,931	0,827	0,742	0,668	0,555	0,468	0,402
1,035	2,031	1,372	1,010	0,885	0,784	0,702	0,632	0,522	0,439	0,375
1,040	1,966	1,320	0,967	0,845	0,747	0,668	0,600	0,494	0,415	0,353
1,045	1,908	1,274	0,929	0,810	0,716	0,638	0,572	0,469	0,394	0,334
1,05	1,857	1,234	0,896	0,779	0,687	0,612	0,548	0,447	0,375	0,317
1,06	1,768	1,164	0,838	0,726	0,640	0,566	0,506	0,411	0,343	0,290
1,07	1,693	1,105	0,790	0,682	0,600	0,529	0,471	0,381	0,316	0,266
1,08	1,629	1,053	0,749	0,645	0,565	0,497	0,441	0,355	0,292	0,245
1,09	1,573	1,009	0,713	0,612	0,534	0,469	0,415	0,332	0,271	0,226
1,10	1,522	0,969	0,680	0,583	0,506	0,444	0,392	0,312	0,253	0,210
1,11	1,477	0,933	0,652	0,557	0,482	0,422	0,372	0,293	0,237	0,196
1,12	1,436	0,901	0,626	0,533	0,461	0,402	0,354	0,277	0,223	0,183

$8^{\eta}$	$x$									
	2,00	2,50	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50
1,13	1,398	0,872	0,602	0,512	0,442	0,384	0,337	0,263	0,211	0,172
1,14	1,363	0,846	0,581	0,493	0,424	0,368	0,322	0,250	0,200	0,162
1,15	1,331	0,821	0,561	0,475	0,407	0,353	0,308	0,238	0,190	0,153
1,16	1,301	0,797	0,542	0,458	0,391	0,339	0,295	0,227	0,181	0,145
1,17	1,273	0,775	0,525	0,442	0,377	0,326	0,283	0,217	0,173	0,137
1,18	1,247	0,755	0,510	0,427	0,364	0,314	0,272	0,208	0,165	0,130
1,19	1,222	0,736	0,495	0,413	0,352	0,302	0,262	0,200	0,158	0,124
1,20	1,199	0,718	0,480	0,400	0,341	0,292	0,252	0,192	0,151	0,118
1,21	1,177	0,701	0,467	0,388	0,330	0,282	0,243	0,184	0,144	0,113
1,22	1,156	0,685	0,454	0,377	0,320	0,272	0,235	0,177	0,138	0,108
1,23	1,136	0,670	0,442	0,366	0,310	0,263	0,227	0,170	0,132	0,103
1,24	1,117	0,656	0,431	0,356	0,301	0,255	0,219	0,164	0,126	0,098
1,25	1,098	0,643	0,420	0,346	0,292	0,247	0,212	0,158	0,121	0,094
1,26	1,081	0,630	0,410	0,337	0,284	0,240	0,205	0,152	0,116	0,090
1,27	1,065	0,618	0,400	0,328	0,276	0,233	0,199	0,147	0,111	0,086
1,28	1,049	0,606	0,391	0,320	0,268	0,226	0,193	0,142	0,107	0,082
1,29	1,033	0,594	0,382	0,312	0,261	0,220	0,187	0,137	0,103	0,079
1,30	1,018	0,582	0,373	0,307	0,254	0,214	0,181	0,133	0,099	0,076
1,31	1,004	0,571	0,365	0,297	0,247	0,208	0,176	0,129	0,095	0,073
1,32	0,990	0,561	0,357	0,290	0,241	0,202	0,171	0,125	0,092	0,070
1,33	0,977	0,551	0,349	0,283	0,235	0,197	0,166	0,121	0,089	0,067
1,34	0,964	0,542	0,341	0,277	0,229	0,192	0,161	0,117	0,086	0,064
1,35	0,952	0,533	0,334	0,271	0,224	0,187	0,157	0,113	0,083	0,061
1,36	0,940	0,524	0,328	0,265	0,219	0,182	0,153	0,109	0,080	0,058
1,37	0,928	0,516	0,322	0,259	0,214	0,177	0,149	0,106	0,077	0,056
1,38	0,917	0,508	0,316	0,253	0,209	0,173	0,145	0,103	0,074	0,054
1,39	0,906	0,500	0,310	0,248	0,204	0,169	0,141	0,100	0,072	0,052
1,40	0,896	0,492	0,304	0,243	0,199	0,165	0,137	0,097	0,070	0,050
1,41	0,886	0,484	0,298	0,238	0,195	0,161	0,134	0,094	0,068	0,048
1,42	0,876	0,477	0,293	0,233	0,191	0,157	0,131	0,091	0,066	0,046
1,43	0,866	0,470	0,288	0,229	0,187	0,153	0,128	0,088	0,064	0,045
1,44	0,856	0,463	0,283	0,225	0,183	0,150	0,125	0,085	0,062	0,044
1,45	0,847	0,456	0,278	0,221	0,179	0,147	0,122	0,083	0,060	0,043
1,46	0,838	0,450	0,273	0,217	0,175	0,144	0,119	0,081	0,058	0,042
1,47	0,829	0,444	0,268	0,213	0,171	0,141	0,116	0,079	0,056	0,041
1,48	0,821	0,438	0,263	0,209	0,168	0,138	0,113	0,077	0,054	0,040
1,49	0,813	0,432	0,259	0,205	0,165	0,135	0,110	0,075	0,053	0,039
1,50	0,805	0,426	0,255	0,201	0,162	0,132	0,108	0,073	0,052	0,038
1,55	0,767	0,399	0,235	0,184	0,147	0,119	0,097	0,065	0,045	0,032
1,60	0,733	0,376	0,218	0,170	0,134	0,108	0,087	0,058	0,039	0,027
1,65	0,703	0,355	0,203	0,157	0,123	0,098	0,079	0,052	0,034	0,023
1,70	0,675	0,336	0,189	0,145	0,113	0,090	0,072	0,046	0,030	0,020
1,75	0,650	0,318	0,177	0,134	0,104	0,083	0,065	0,041	0,026	0,017
1,80	0,626	0,303	0,166	0,124	0,096	0,077	0,060	0,037	0,023	0,015
1,85	0,605	0,289	0,156	0,115	0,089	0,071	0,055	0,033	0,020	0,013
1,90	0,585	0,276	0,147	0,108	0,083	0,066	0,050	0,030	0,018	0,011
1,95	0,567	0,264	0,139	0,102	0,078	0,061	0,046	0,027	0,016	0,009
2,0	0,550	0,253	0,132	0,097	0,073	0,057	0,043	0,025	0,015	0,008
2,1	0,518	0,233	0,119	0,086	0,064	0,049	0,037	0,021	0,012	0,007
2,2	0,490	0,216	0,108	0,077	0,057	0,043	0,032	0,018	0,010	0,006

$8\eta$	$x$									
	2,00	2,50	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50
2,3	0,466	0,201	0,098	0,069	0,051	0,038	0,028	0,015	0,008	0,005
2,4	0,444	0,188	0,090	0,063	0,046	0,034	0,024	0,013	0,007	0,004
2,5	0,424	0,176	0,082	0,057	0,041	0,031	0,021	0,011	0,006	0,003
2,6	0,405	0,165	0,076	0,052	0,037	0,028	0,019	0,0095	0,0050	0,0025
2,7	0,389	0,155	0,070	0,048	0,033	0,025	0,017	0,0084	0,0045	0,0020
2,8	0,374	0,149	0,065	0,044	0,030	0,022	0,015	0,0075	0,0040	0,0015
2,9	0,360	0,138	0,060	0,040	0,027	0,020	0,013	0,0067	0,0035	0,0010
3,0	0,346	0,131	0,056	0,037	0,025	0,0185	0,0125	0,0060	0,0030	0,00075
3,5	0,294	0,104	0,041	0,026	0,017	0,0125	0,0075	0,0035	0,0020	0,00050
4,0	0,255	0,084	0,031	0,019	0,012	0,0085	0,0050	0,0020	0,0010	0,00025
4,5	0,226	0,070	0,025	0,014	0,009	0,0065	0,0035	0,0015	0,0005	0
5,0	0,203	0,059	0,020	0,010	0,007	0,0050	0,0025	0,0010	0	0
6,0	0,168	0,047	0,014	0,007	0,004	0,0030	0,0015	0,0005	0	0
8,0	0,126	0,029	0,009	0,004	0,002	0,0015	0,0010	0,0002	0	0
10,0	0,100	0,021	0,005	0,002	0,001	0,0005	0,0005	0	0	0

Gorizontali tubli suv o'tkazgichning ( $i = 0$ ) turli ( $x$ ) gidravlik ko'rsatkichlardagi

$\varphi(\xi)$  funksiyaning qiymatlar jadvali

10. 3-jadval

$\xi$	$x$									
	2,00	2,50	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,05	0,9501	0,9500	0,9500	0,9500	0,9500	0,9500	0,9500	0,9500	0,9500	0,9500
0,10	0,9003	0,9001	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
0,15	0,8511	0,8504	0,8501	0,8501	0,8500	0,8500	0,8500	0,8500	0,8500	0,8500
0,20	0,8027	0,8010	0,8004	0,8003	0,8002	0,8001	0,8001	0,8000	0,8000	0,8000
0,25	0,7552	0,7552	0,7509	0,7507	0,7504	0,7503	0,7502	0,7501	0,7500	0,7500
0,30	0,7090	0,7042	0,7020	0,7014	0,7010	0,7007	0,7005	0,7002	0,7001	0,7001
0,35	0,6643	0,6573	0,6537	0,6527	0,6520	0,6514	0,6511	0,6506	0,6503	0,6502
0,40	0,6213	0,6116	0,6064	0,6048	0,6036	0,6027	0,6021	0,60,12	0,6007	0,6004
0,45	0,5804	0,5675	0,5602	0,5579	0,5561	0,5547	0,5537	0,5523	0,5514	0,5509
0,50	0,5417	0,5252	0,5156	0,5119	0,5098	0,5078	0,5063	0,5040	0,5026	0,5017
0,55	0,5054	0,4852	0,4729	0,4685	0,4651	0,4623	0,4601	0,4568	0,4546	0,4532
0,60	0,4720	0,4478	0,4324	0,4268	0,4223	0,4186	0,4156	0,4109	0,4078	0,4056
0,61	0,4656	0,4406	0,4246	0,4188	0,4140	0,4101	0,4069	0,4020	0,3986	0,3962
0,62	0,4594	0,4336	0,4169	0,4108	0,4059	0,4017	0,3983	0,3931	0,3894	0,3869
0,63	0,4533	0,4267	0,4094	0,4030	0,3978	0,3935	0,3898	0,3843	0,3804	0,3776
0,64	0,4474	0,4199	0,4019	0,3953	0,3898	0,3853	0,3815	0,3756	0,3714	0,3685
0,65	0,4415	0,4132	0,3946	0,3877	0,3820	0,3772	0,3732	0,3670	0,3626	0,3594
0,66	0,4358	0,4067	0,3874	0,3802	0,3743	0,3692	0,3650	0,3585	0,3538	0,3503
0,67	0,4303	0,4003	0,3804	0,3729	0,3667	0,3614	0,3570	0,3501	0,3451	0,3414
0,68	0,4248	0,3940	0,3735	0,3657	0,3592	0,3537	0,3491	0,3418	0,3365	0,3325
0,69	0,4195	0,3879	0,3667	0,3586	0,3518	0,3461	0,3413	0,3336	0,3280	0,3238
0,70	0,4143	0,3820	0,3600	0,3517	0,3446	0,3387	0,3336	0,3256	0,3196	0,3151
0,71	0,4093	0,3762	0,3535	0,3449	0,3376	0,3314	0,3261	0,3176	0,3113	0,3066
0,72	0,4044	0,3705	0,3472	0,3382	0,3307	0,3242	0,3187	0,3098	0,3032	0,2982
0,73	0,3997	0,3650	0,3410	0,3318	0,3239	0,3172	0,3115	0,3022	0,2952	0,2899

$\xi$	$x$									
	2,00	2,50	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50
0,74	0,3951	0,3596	0,3350	0,3254	0,3173	0,3104	0,3044	0,2947	0,2874	0,2817
0,75	0,3906	0,3544	0,3291	0,3193	0,3109	0,3037	0,2975	0,2874	0,2797	0,2737
0,76	0,3863	0,3493	0,3234	0,3133	0,3046	0,2972	0,2907	0,2802	0,2721	0,2658
0,77	0,3822	0,3444	0,3179	0,3075	0,2985	0,2908	0,2841	0,2732	0,2647	0,2581
0,78	0,3782	0,3397	0,3125	0,3018	0,2926	0,2847	0,2777	0,2664	0,2575	0,2506
0,79	0,3743	0,3352	0,3074	0,2964	0,2869	0,2787	0,2715	0,2597	0,2505	0,2432
0,80	0,3707	0,3308	0,3024	0,2911	0,2814	0,2729	0,2655	0,2533	0,2437	0,2361
0,81	0,3672	0,3267	0,2975	0,2861	0,2761	0,2674	0,2597	0,2471	0,2371	0,2291
0,82	0,3638	0,3226	0,2930	0,2812	0,2710	0,2620	0,2541	0,2410	0,2307	0,2223
0,83	0,3606	0,3188	0,2886	0,2766	0,2661	0,2569	0,2488	0,2352	0,2245	0,2158
0,84	0,3576	0,3152	0,2845	0,2722	0,2614	0,2520	0,2436	0,2297	0,2185	0,2095
0,85	0,3547	0,3118	0,2805	0,2679	0,2570	0,2473	0,2387	0,2244	0,2129	0,2035
0,86	0,3520	0,3085	0,2768	0,2639	0,2528	0,2428	0,2341	0,2193	0,2074	0,1977
0,87	0,3495	0,3055	0,2732	0,2602	0,2488	0,2387	0,2297	0,2145	0,2023	0,1922
0,88	0,3472	0,3026	0,2699	0,2567	0,2450	0,2347	0,2256	0,2100	0,1974	0,1870
0,89	0,3450	0,3000	0,2669	0,2534	0,2415	0,2310	0,2217	0,2058	0,1928	0,1821
0,90	0,3430	0,2976	0,2640	0,2504	0,2383	0,2276	0,2181	0,2018	0,1886	0,1776
0,905	0,3421	0,2965	0,2626	0,2489	0,2368	0,2260	0,2164	0,2000	0,1866	0,1754
0,910	0,3412	0,2954	0,2614	0,2476	0,2354	0,2245	0,2148	0,1982	0,1846	0,1733
0,915	0,3404	0,2944	0,2602	0,2463	0,2340	0,2231	0,2133	0,1965	0,1828	0,1714
0,920	0,3396	0,2934	0,2591	0,2451	0,2327	0,2217	0,2118	0,1949	0,1811	0,1695
0,925	0,3388	0,2925	0,2580	0,2439	0,2315	0,2204	0,2104	0,1934	0,1794	0,1677
0,930	0,3381	0,2916	0,2570	0,2429	0,2303	0,2191	0,2091	0,1920	0,1778	0,1660
0,935	0,3375	0,2908	0,2561	0,2418	0,2292	0,2180	0,2079	0,1906	0,1764	0,1644
0,940	0,3369	0,2901	0,2552	0,2409	0,2282	0,2169	0,2068	0,1894	0,1750	0,1629
0,945	0,3363	0,2894	0,2544	0,2400	0,2273	0,2159	0,2057	0,1882	0,1737	0,1615
0,950	0,3358	0,2888	0,2536	0,2392	0,2264	0,2150	0,2048	0,1871	0,1725	0,1602
0,955	0,3353	0,2882	0,2529	0,2385	0,2256	0,2142	0,2039	0,1861	0,1714	0,1591
0,960	0,3349	0,2877	0,2523	0,2378	0,2249	0,2134	0,2031	0,1853	0,1705	0,1580
0,965	0,3345	0,2872	0,2518	0,2372	0,2243	0,2128	0,2024	0,1845	0,1696	0,1570
0,970	0,3342	0,2868	0,2513	0,2367	0,2238	0,2122	0,2017	0,1838	0,1688	0,1562
0,975	0,3339	0,2865	0,2509	0,2363	0,2233	0,2117	0,2012	0,1832	0,1682	0,1555
0,980	0,3337	0,2862	0,2506	0,2359	0,2229	0,2113	0,2008	0,1827	0,1677	0,1549
0,985	0,3336	0,2860	0,2503	0,2357	0,2226	0,2110	0,2005	0,1823	0,1672	0,1545
0,990	0,3334	0,2858	0,2502	0,2355	0,2224	0,2107	0,2002	0,1821	0,1669	0,1541
0,995	0,3334	0,2857	0,2500	0,2353	0,2223	0,2103	0,2000	0,1819	0,1667	0,1539
1,000	0,3333	0,2857	0,2500	0,2353	0,2222	0,2105	0,2000	0,1818	0,1667	0,1539
1,005	0,3334	0,2857	0,2500	0,2353	0,2223	0,2106	0,2001	0,1819	0,1667	0,1539
1,010	0,3334	0,2858	0,2501	0,2355	0,2224	0,2107	0,2002	0,1821	0,1669	0,1541
1,015	0,3336	0,2860	0,2504	0,2357	0,2226	0,2110	0,2005	0,1823	0,1673	0,1545
1,020	0,3337	0,2862	0,2506	0,2360	0,2229	0,2113	0,2008	0,1827	0,1677	0,1550
1,025	0,3340	0,2865	0,2509	0,2363	0,2233	0,2117	0,2013	0,1833	0,1683	0,1556
1,030	0,3343	0,2869	0,2514	0,2368	0,2238	0,2123	0,2019	0,1839	0,1690	0,1564
1,035	0,3346	0,2873	0,2519	0,2373	0,2244	0,2129	0,2025	0,1847	0,1699	0,1574
1,040	0,3349	0,2877	0,2525	0,2380	0,2251	0,2136	0,2033	0,1856	0,1709	0,1585
1,045	0,3354	0,2883	0,2531	0,2387	0,2259	0,2145	0,2042	0,1866	0,1721	0,1598
1,05	0,3359	0,2889	0,2539	0,2395	0,2268	0,2154	0,2053	0,1878	0,1734	0,1613
1,06	0,3370	0,2904	0,2556	0,2414	0,2289	0,2177	0,2077	0,1905	0,1764	0,1647

$\xi$	$x$									
	2,00	2,50	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50
1,07	0,3384	0,2921	0,2577	0,2437	0,2313	0,2203	0,2105	0,1938	0,1801	0,1688
1,08	0,3399	0,2940	0,2601	0,2463	0,2342	0,2234	0,2138	0,1976	0,1845	0,1737
1,09	0,3417	0,2963	0,2629	0,2494	0,2375	0,2270	0,2177	0,2021	0,1895	0,1794
1,10	0,3437	0,2988	0,2660	0,2528	0,2412	0,2311	0,2221	0,2071	0,1953	0,1858
1,11	0,3459	0,3017	0,2695	0,2566	0,2454	0,2356	0,2270	0,2128	0,2017	0,1932
1,12	0,3483	0,3048	0,2734	0,2609	0,2501	0,2407	0,2325	0,2191	0,2090	0,2014
1,13	0,3510	0,3082	0,2776	0,2655	0,2552	0,2462	0,2385	0,2261	0,2170	0,2105
1,14	0,3539	0,3119	0,2822	0,2706	0,2607	0,2523	0,2451	0,2338	0,2258	0,2205
1,15	0,3570	0,3160	0,2873	0,2762	0,2668	0,2589	0,2523	0,2422	0,2355	0,2316
1,16	0,3603	0,3203	0,2927	0,2822	0,2734	0,2661	0,2601	0,2513	0,2461	0,2437
1,17	0,3639	0,3250	0,2985	0,2886	0,2804	0,2738	0,2685	0,2612	0,2575	0,269
1,18	0,3677	0,3299	0,3047	0,2954	0,2880	0,2821	0,2775	0,2718	0,2699	0,2711
1,19	0,3717	0,3352	0,3114	0,3028	0,2961	0,2910	0,2873	0,2833	0,2833	0,2866
1,20	0,3760	0,3408	0,3184	0,3106	0,3048	0,3005	0,2977	0,2956	0,2977	0,3032
1,21	0,3805	0,3468	0,3259	0,3190	0,3140	0,3107	0,3088	0,3088	0,3131	0,3212
1,22	0,3853	0,3531	0,3338	0,3278	0,3238	0,3214	0,3205	0,3228	0,3296	0,3403
1,23	0,3903	0,3597	0,3422	0,3372	0,3341	0,3328	0,3331	0,3377	0,3472	0,3609
1,24	0,3955	0,3666	0,3510	0,3470	0,3450	0,3449	0,3463	0,3535	0,3659	0,3828
1,25	0,4010	0,3739	0,3604	0,3574	0,3566	0,3576	0,3604	0,3704	0,3858	0,4062
1,26	0,4068	0,3815	0,3701	0,3683	0,3687	0,3711	0,3752	0,3881	0,4069	0,4310
1,27	0,4128	0,3895	0,3803	0,3798	0,3815	0,3852	0,3908	0,4069	0,4293	0,4574
1,28	0,4191	0,3979	0,3911	0,3918	0,3949	0,4001	0,4072	0,4268	0,4530	0,4855
1,29	0,4256	0,4066	0,4023	0,4044	0,4089	0,4157	0,4245	0,4477	0,4781	0,5152
1,30	0,4323	0,4157	0,4140	0,4175	0,4236	0,4320	0,4426	0,4697	0,5044	0,5466
1,31	0,4394	0,4251	0,4262	0,4313	0,4390	0,4492	0,4616	0,4928	0,5323	0,5799
1,32	0,4467	0,4350	0,4390	0,4457	0,4551	0,4671	0,4815	0,5171	0,5616	0,6149
1,33	0,4542	0,4452	0,4522	0,4606	0,4719	0,4858	0,5023	0,5426	0,5925	0,652
1,34	0,4620	0,4558	0,4660	0,4762	0,4894	0,5053	0,5240	0,5693	0,6248	0,691
1,35	0,4701	0,4667	0,4803	0,4924	0,5076	0,5257	0,5468	0,5972	0,629	0,732
1,36	0,4785	0,4781	0,4953	0,5093	0,5266	0,5470	0,5705	0,6265	0,695	0,775
1,37	0,4871	0,4899	0,5107	0,5267	0,5463	0,5691	0,5952	0,657	0,732	0,821
1,38	0,4960	0,5021	0,5267	0,5449	0,5668	0,5922	0,621	0,689	0,771	0,868
1,39	0,5052	0,5146	0,5432	0,5637	0,5880	0,616	0,648	0,722	0,812	0,918
1,40	0,5147	0,5276	0,5604	0,5832	0,610	0,641	0,676	0,757	0,855	0,971
1,41	0,5244	0,5410	0,5781	0,603	0,633	0,667	0,705	0,793	0,900	1,026
1,42	0,5344	0,5548	0,597	0,624	0,657	0,694	0,735	0,831	0,946	1,083
1,43	0,5447	0,5691	0,615	0,646	0,681	0,721	0,766	0,870	0,955	1,143
1,44	0,5553	0,584	0,635	0,668	0,707	0,750	0,798	0,911	1,046	1,206
1,45	0,5660	0,599	0,655	0,691	0,733	0,780	0,832	0,953	1,099	1,272
1,46	0,577	0,614	0,676	0,715	0,760	0,810	0,867	0,997	1,154	1,341
1,47	0,589	0,630	0,697	0,740	0,788	0,842	0,903	1,043	1,212	1,412
1,48	0,601	0,647	0,719	0,765	0,817	0,875	0,940	1,091	1,272	1,487
1,49	0,613	0,664	0,742	0,791	0,847	0,909	0,979	1,140	1,334	1,565
1,50	0,625	0,681	0,766	0,818	0,878	0,945	1,1019	1,191	1,398	1,646
1,55	0,691	0,775	0,893	0,965	1,047	1,138	1,239	1,475	1,761	2,106
1,60	0,765	0,881	1,038	1,134	1,243	1,363	1,497	1,812	2,196	2,665
1,65	0,847	0,999	1,203	1,327	1,466	1,622	1,796	2,206	2,713	3,338
1,70	0,938	1,130	1,388	1,544	1,720	1,918	2,140	2,666	3,323	4,142

ξ	x									
	2,00	2,50	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50
1,75	1,037	1,276	1,595	1,788	2,007	2,254	2,533	3,198	4,037	5,096
1,80	1,144	1,435	1,824	2,061	2,330	2,634	2,979	3,809	4,869	6,220
1,85	1,260	1,611	2,078	2,364	2,690	3,062	3,484	4,509	5,831	7,539
1,90	1,386	1,801	2,358	2,700	3,092	3,540	4,052	5,305	6,941	9,076
1,95	1,521	2,008	2,665	3,070	3,537	4,073	4,689	6,208	8,213	10,86
2,0	1,667	2,232	3,000	3,477	4,028	4,665	5,400	7,228	9,670	12,93
2,1	1,987	2,734	3,762	4,408	5,163	6,043	7,068	9,66	13,19	18,02
2,2	2,349	3,312	4,656	5,512	6,521	7,709	9,11	12,70	17,70	24,67
2,3	2,756	3,972	5,696	6,809	8,131	9,70	11,57	16,45	23,37	33,24
2,4	3,208	4,719	6,894	8,316	10,02	12,07	14,53	21,03	30,45	44,15
2,5	3,708	5,559	8,266	10,06	12,23	14,85	18,03	26,58	39,19	57,89
2,6	4,259	6,497	9,82	12,05	14,77	18,10	22,16	33,23	49,88	75,03
2,7	4,861	7,540	11,58	14,33	17,70	21,87	27,00	41,17	62,87	96,23
2,8	5,517	8,70	13,57	16,91	21,06	26,21	32,62	50,56	78,52	122,3
2,9	6,23	9,97	15,78	19,82	24,87	31,19	38,19	61,61	97,24	153,9
3,0	7,00	11,36	18,25	23,08	29,18	36,87	46,60	74,53	119,5	192,3
3,5	11,79	20,42	35,02	45,80	59,89	78,34	102,6	176,2	303,9	526,6
4,0	18,33	33,57	61,00	82,18	110,8	149,4	197,1	369,4	679,7	1257,0
4,5	26,88	51,73	99,0	137,0	189,8	263,2	365,5	708,2	1380,0	2706,0
5,0	37,67	75,86	1520	215,9	306,6	436,0	621,0	1267,0	2600,0	5371,0
6,0	67,0	146,2	319,0	472,2	700,4	1041,0	1550,0	3458,0	7771,0	17575
7,0	108,3	253,3	594,0	912,9	1406,0	2169,0	3355,0	8079,0	19604	47884
8,0	163,7	406,7	1017,0	1614,0	2567,0	4095,0	6547,0	16843	43683	114093
9,0	234,0	617,0	1632,0	2666,0	4366,0	7169,0	11802	32202	88561	245291
10,0	324,3	894,0	2491,0	4175,0	7018,0	11831	19991	57491	166691	486491

Tubi to'g'ri nishablisuv o'tkazgichning ( $i < 0$ ) turli ( $x$ ) gidravlik  
 ko'rsatkichlardagi  $\theta_x(\eta')$  funksiyaning qiymatlar jadvali

10. 4-jadval

$\eta'$	$x$				
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
0,100	0,099	0,100	0,100	0,100	0,100
0,150	0,148	0,150	0,150	0,150	0,150
0,200	0,196	0,198	0,199	0,200	0,200
0,250	0,244	0,246	0,248	0,250	0,250
0,300	0,291	0,295	0,297	0,299	0,300
0,350	0,336	0,342	0,346	0,348	0,490
0,400	0,380	0,389	0,393	0,396	0,397
0,450	0,422	0,434	0,440	0,444	0,446
0,500	0,463	0,477	0,485	0,490	0,493
0,550	0,502	0,518	0,528	0,534	0,539
0,600	0,540	0,558	0,571	0,579	0,585
0,610	0,547	0,566	0,579	0,588	0,594
0,620	0,554	0,574	0,587	0,596	0,603
0,630	0,562	0,581	0,595	0,605	0,612
0,640	0,569	0,589	0,602	0,613	0,620
0,650	0,576	0,596	0,610	0,621	0,629
0,660	0,583	0,604	0,618	0,630	0,638
0,670	0,590	0,611	0,626	0,633	0,646
0,680	0,597	0,619	0,634	0,646	0,654
0,690	0,603	0,626	0,641	0,653	0,662
0,700	0,610	0,633	0,649	0,661	0,670
0,710	0,617	0,640	0,657	0,668	0,678
0,720	0,624	0,648	0,664	0,676	0,686
0,730	0,630	0,655	0,672	0,683	0,694
0,740	0,637	0,662	0,679	0,691	0,702
0,750	0,643	0,668	0,686	0,698	0,709
0,760	0,649	0,675	0,693	0,705	0,717
0,770	0,656	0,681	0,700	0,712	0,724

$\eta'$	$x$				
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,780	0,662	0,668	0,707	0,720	0,731
0,790	0,668	0,694	0,713	0,727	0,738
0,800	0,674	0,700	0,720	0,734	0,746
0,810	0,680	0,706	0,727	0,741	0,753
0,820	0,686	0,712	0,733	0,748	0,760
0,830	0,692	0,718	0,740	0,755	0,766
0,840	0,698	0,724	0,746	0,761	0,773
0,850	0,704	0,730	0,752	0,767	0,780
0,860	0,710	0,736	0,758	0,774	0,782
0,870	0,715	0,742	0,764	0,780	0,792
0,880	0,721	0,748	0,770	0,780	0,799
0,890	0,727	0,754	0,776	0,792	0,805
0,900	0,732	0,760	0,781	0,798	0,811
0,910	0,738	0,765	0,787	0,804	0,817
0,920	0,743	0,771	0,793	0,810	0,823
0,930	0,749	0,777	0,799	0,815	0,829
0,940	0,754	0,782	0,804	0,820	0,835
0,950	0,759	0,787	0,809	0,826	0,840
0,960	0,764	0,793	0,815	0,831	0,847
0,970	0,770	0,798	0,820	0,837	0,851
0,980	0,775	0,803	0,825	0,842	0,857
0,990	0,780	0,809	0,830	0,847	0,861
1,000	0,785	0,813	0,834	0,851	0,867
1,010	0,785	0,817	0,840	0,856	0,872
1,020	0,795	0,823	0,845	0,862	0,876
1,030	0,800	0,827	0,850	0,866	0,881
1,040	0,805	0,831	0,855	0,871	0,887
1,050	0,810	0,836	0,859	0,875	0,891
1,060	0,815	0,841	0,864	0,879	0,895
1,070	0,819	0,846	0,869	0,884	0,900
1,080	0,824	0,851	0,873	0,888	0,904
1,090	0,828	0,856	0,877	0,892	0,908
1,100	0,833	0,860	0,881	0,897	0,912
1,110	0,837	0,864	0,886	0,901	0,916



$\eta'$	$x$				
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
1,120	0,842	0,868	0,891	0,905	0,920
1,130	0,846	0,872	0,895	0,909	0,924
1,140	0,851	0,876	0,899	0,913	0,927
1,150	0,855	0,880	0,903	0,917	0,927
1,160	0,859	0,884	0,907	0,921	0,935
1,170	0,864	0,888	0,911	0,925	0,938
1,180	0,868	0,892	0,915	0,928	0,942
1,190	0,872	0,896	0,918	0,931	0,946
1,200	0,876	0,900	0,921	0,935	0,949
1,210	0,880	0,904	0,925	0,939	0,952
1,220	0,884	0,908	0,929	0,943	0,955
1,230	0,888	0,912	0,932	0,946	0,958
1,240	0,892	0,916	0,935	0,949	0,961
1,250	0,896	0,919	0,938	0,952	0,964
1,260	0,900	0,923	0,942	0,925	0,967
1,270	0,904	0,927	0,945	0,958	0,970
1,280	0,908	0,930	0,948	0,961	0,973
1,290	0,911	0,934	0,952	0,964	0,975
1,300	0,915	0,937	0,955	0,966	0,978
1,310	0,919	0,940	0,958	0,969	0,981
1,320	0,922	0,943	0,961	0,972	0,984
1,330	0,926	0,947	0,964	0,974	0,986
1,340	0,930	0,951	0,967	0,977	0,989
1,350	0,933	0,954	0,970	0,980	0,991
1,360	0,937	0,957	0,973	0,983	0,993
1,370	0,940	0,960	0,976	0,986	0,995
1,380	0,944	0,963	0,979	0,989	0,997
1,390	0,947	0,966	0,981	0,991	0,998
1,400	0,951	0,969	0,984	0,993	1,000
1,410	0,954	0,972	0,986	0,995	1,002
1,420	0,957	0,975	0,989	0,998	1,004
1,430	0,960	0,978	0,992	1,001	1,006
1,440	0,964	0,980	0,995	1,003	1,080
1,450	0,967	0,983	0,997	1,005	1,010

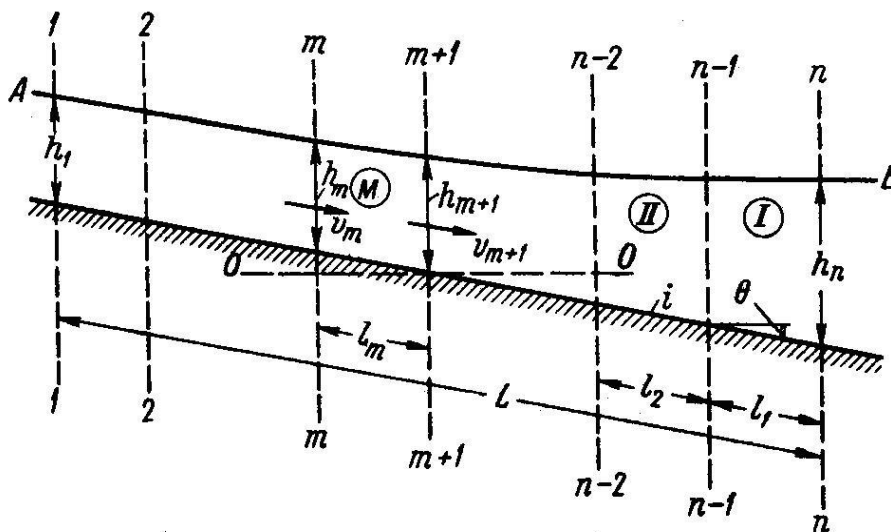
$\eta'$	$x$				
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
1,460	0,970	0,986	1,000	1,007	1,012
1,470	0,973	0,989	1,003	1,009	1,013
1,480	0,977	0,991	1,005	1,010	1,015
1,490	0,980	0,994	1,007	1,012	1,017
1,500	0,983	0,997	1,009	1,014	1,019
1,550	0,997	1,010	1,020	1,023	1,028
1,600	1,012	1,022	1,030	1,032	1,034
1,650	1,026	1,033	1,039	1,040	1,040
1,700	1,039	1,044	1,048	1,047	1,046
1,750	1,052	1,054	1,057	1,053	1,051
1,800	1,064	1,064	1,065	1,059	1,056
1,850	1,075	1,073	1,072	1,065	1,060
1,900	1,086	1,082	1,079	1,070	1,064
1,950	1,097	1,090	1,085	1,074	1,067
2,000	1,107	1,098	1,090	1,078	1,070
2,100	1,126	1,112	1,100	1,085	1,075
2,200	1,144	1,125	1,109	1,092	1,079
2,300	1,161	1,137	1,117	1,097	1,083
2,400	1,176	1,148	1,124	1,102	1,086
2,500	1,190	1,157	1,131	1,106	1,089
2,600	1,204	1,166	1,137	1,110	1,091
2,700	1,216	1,174	1,142	1,113	1,093
2,800	1,228	1,181	1,146	1,116	1,095
2,900	1,239	1,188	1,150	1,119	1,097
3,000	1,249	1,194	1,154	1,121	1,098
3,500	1,293	1,218	1,165	1,129	1,102
4,000	1,324	1,237	1,176	1,134	1,105
4,500	1,354	1,251	1,183	1,137	1,107
5,000	1,373	1,260	1,188	1,139	1,109
6,000	1,405	1,272	1,195	1,142	1,110
8,000	1,447	1,290	1,201	1,144	1,110
10,000	1,471	1,298	1,203	1,145	1,110

## B. OQIMNING NOTSILINDRIK O‘ZANLARDAGI NOTEKIS HARAKATI

### 10. 16. YAKUNIY FARQ (CHARNOMSKIY) USULIDA OQIMNING ERKIN SIRT EGRILIGINI CHIZISH (notsilindrik o‘zanlar uchun)

Rejada uzunlik bo‘yicha kattaligini o‘zgartiruvchi o‘zarlarda oqimning erkin sirt egriligini qurishda Charnomskiy usulidan foydalaniladi. Notsilindrik o‘zarlarda erkin sirt egriligini qurishda esa asosiy muammolardan biri bu – uning qanaqa shaklda bo‘lishini oldindan bilib bo‘lmasligidadir.

Bunday sohalar uchun erkin sirt egriligini qurishda Bernulli tenglamasidan foydalanamiz. Faraz qilaylik, o‘zan o‘lchamlari, sarf, o‘zan sohasi oxiridagi  $h$  chuqurlik berilgan (10. 41-rasm;  $n-n$  kesimda). Berilgan o‘zanning  $l$  uzunlikdagi sohasi bir necha bo‘limlarga bo‘linadi. Bo‘limlar uzunligi nisbatan bir xil qilib olinadi. Oqimga qarshi yo‘nalishda har bir bo‘lim alohida ko‘rib chiqiladi. Avvalo I sohani, keyin II va x. k. hisoblab chiqamiz. Xuddi shu tarzda bo‘limlar oxiridagi chuqurliklarni aniqlab, keyin ularni tutashtirish orqali oqimning erkin sirt egriligini chizamiz.



10. 41-rasm. Charnomskiy usuliga doir

Masalan,  $M$  bo‘limni ko‘rib chiqamiz. Bu bo‘lim  $m$  va  $(m+1)$  kesimlar bilan chegaralangan. Bu kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$il_m + h_m + \frac{\alpha v_m^2}{2g} = h_{m+1} + \frac{\alpha v_{m+1}^2}{2g} + \nabla h_l \quad (10. 156)$$

bunda  $il_m$  –  $m$  va  $(m+1)$  kesimlar orasidagi farq;  $v_m$  va  $v_{m+1}$  –  $m$  va  $(m+1)$  kesimlardagi oqimning o‘rtacha tezligi;  $\nabla h_l$  –  $m$  kesimdan  $(m+1)$  kesimgacha bo‘lgan uzunlikdagi oqim energiyasining yo‘qolishi.

Energiya yo‘qolishini quyidagicha ifodalash mumkin (10. 2-mavzuga qarang):

$$i_f = \frac{v^2}{C^2 R} \quad (10. 157)$$

Shunga asosan,

$$\nabla h_l = i_f l_m \quad (10. 158)$$

bunda  $\bar{i}_f - l_m$  uzunlikdagi ishqalanish nishabligining o‘rtacha qiymati.

(10. 158) ifodadan foydalanib, Bernulli tenglamasini quyidagi ko‘rinishda ifodalaymiz:

$$\boxed{l_m = \frac{\mathfrak{E}_{m+1} - \mathfrak{E}_m}{i - \bar{i}_f}} \quad (10. 159)$$

bundan,

$$\mathfrak{E}_m = h_m + \frac{\alpha v_m^2}{2g}; \mathfrak{E}_{m+1} = h_m + \frac{\alpha v_{m+1}^2}{2g} \quad (10. 160)$$

(10. 160) ifodadagi  $\bar{i}_f$  parametr kattaligini quyidagi formulalar yordamida aniqlash mumkin:

$$i'_f = \frac{1}{2} (i_{f_m} + i_{f_{m+1}}) \quad (10. 161)$$

bunda  $i_{f_m}$  va  $i_{f_{m+1}}$  – chuqurliklar mavjud bo‘lgan kesimlardagi ishqalanish nishabliklari kattaligi yoki

$$\bar{i}_f = \frac{\bar{v}^2}{\bar{C}^2 \bar{R}} \quad (10.162)$$

bunda  $\bar{v}$ ,  $\bar{C}$ ,  $\bar{R}$  – gidravlik elementlar

$$\bar{h} = \frac{1}{2}(h_m + h_{m+1}) \quad (10.163)$$

chuqurlik uchun hisoblangan.

Bu yerda (10.159) tenglama *asosiy hisoblash tenglamasi* deyiladi.

O‘zan tubi gorizontol  $i=0$  hamda teskari nishablik  $i=-i'$  (10.159) tenglamaga qo‘yiladi, bunda  $i'$  – absolyut nishablik.

Oqimning erkin sirt egriligini qurishda tanlab olish usulidan foydalaniladi.  $m$  kesim yaqinidan  $h_{m_1}$ ;  $h_{m_2}$ ;  $h_{m_3}$ ; ...;  $h_{m_i}$ ; ... chuqurliklar beriladi. Har qaysi chuqurlik qiymati uchun  $\mathcal{E}_m$  va  $i_f$  parametrlar hisoblanadi. Bu hisob (10.159) tenglama sharti bajarilgunga qadar davom ettiriladi. Bu holat to‘g‘ri nishabli o‘zanlar uchun o‘rinlidir.

Agar o‘zan tubi gorizontol holatda bo‘lsa, (10.159) ifodaga  $i=0$  qo‘yiladi. Agar o‘zan tubi nishabligi  $i < 0$  bo‘lsa,  $i=-i'$  kiritilib, bunda  $i'$  nishablikning mutlaq (abslyut) qiymati deb yuritiladi.

Agar notsilindrik o‘zandagi oqimning qaralayotgan soha boshidagi chuqurligi  $h_1$  (tugashidagi  $h_2$  emas) berilgan bo‘lsa, masala shu tartibda hisoblanadi, lekin oqim bo‘ylab pastga yo‘naladi. Bunda biz  $h_m$  chuqurlikni bilgan holda  $h_{m+1}$  va soha uzunligi  $l_m$  nianiqlash bilan shug‘ullanamiz.

*Notsilindrik o‘zandaharakatlanayotgan oqimning erkin sirt egriligini qurishda* (10.159) tenglamani tanlash usuli yordamida echishga to‘g‘ri keladi. Ya‘ni belgilangan  $m$  kesimga  $h_{m_1}$ ,  $h_{m_2}$ ,  $h_{m_3}$  chuqurliklarni berib, har bir

chuqurlik uchun  $\mathcal{E}_m$  va  $i_f$  kattaliklar hisoblab olinadi. Natijada (10. 159) tengalamaga mos keluvchi  $h_m$  chuqurlikni topib olamiz.

Umuman olganda, silindrik o‘zan notsilindrik o‘zanning hususiy holatibo‘lganligi sababli, har qanday silindrik shaklli o‘zandagi oqim erkin sirt egriliginiqurishda shu usuldan foydalanish mumkin. Buholatda tenglama tanlash usulisiz hisoblanadi. Hisoblashni quyidagi jadvalko‘rinishda olib borish mumkin.

10. 5-jadval

$h,m$	$E$ (grafik bo‘yicha), $m$	$\mathcal{E}_{m+1} - \mathcal{E}_m$ , $m$	$h,m$	$i - \bar{i}_f$ (grafik bo‘yicha)	$l,m$
$h_n$	...	...	...	...	...
$h_{n-1}$	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
$h_1$	...	...	...	...	...

Bunday jadvalda  $h$  chuqurlikni bir necha qiymatlari beriladi (masalan  $\Delta h = h_{m+1} - h_m = 0,1$  yoki  $0,2m$ , va h. k ) va shunga mos  $l$  masofa hisoblanadi. Jadvalda olib borilayotgan hisoblashni ta’minlash uchun oldindan 2 ta yordamchi grafikni chizib olamiz:

- $E=f(h)$  – bunga asosan turli chuqurliklar uchun  $E$  kattalikni aniqlaymiz;
- $(i - i_f) = f(\bar{h})$  aniqlangan  $\bar{h}$  chuqurlikka asosan  $(i - i_f)$  kattalikni topamiz.

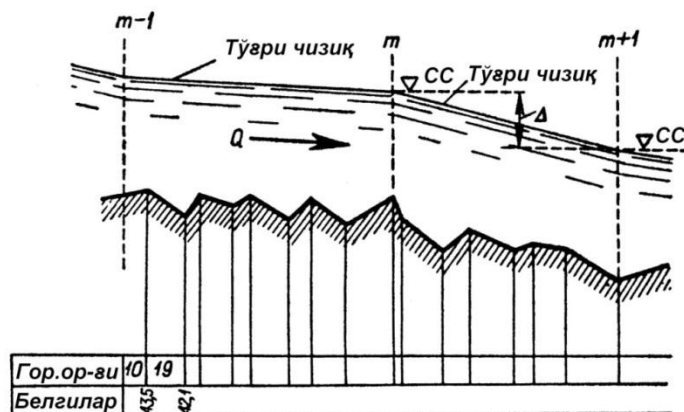
## V. OQIMNING TABIIY O‘ZANLARDAGI HARAKATI

### 10. 17. DASTLABKI TUSHUNCHALAR

Bunday o‘zarlarda ko‘p holatlarda oqimning notekis harakati mavjud bo‘ladi. Bunday harakatning mavjud bo‘lishiga doimo o‘zan tubi nishabligi va kengligining oqim bo‘ylab o‘zgarib turishini ko‘rsatish mumkin. Daryolarda to‘g‘onlarni va daryolarda tozalash ishlarini loyihalashtirishda oqim erkin sirt egriligini qurishga to‘g‘ri keladi. Yuqorida keltirib chiqarilgan oqimning notekis harakat differensial tenglamasini tabiiy o‘zanlar holati uchun integrallab bo‘lmaydi. Shuning uchun taqribiy xarakterga ega bo‘lgan maxsus hisoblash usullaridan foydalanishga to‘g‘ri keladi.

Nisbatan aniq echimga bunday holat uchun faqat quyidagilarni yorituvchi etarli ma’lumotlar bo‘lgandagina erishish mumkin:

- ko‘ndalang va uzunlik bo‘yicha o‘zan kesimi shakllari;
- o‘zanning g‘adir-budirlik koeffitsienti;
- kutilayotgan oqim sarflari kattaligi;
- alohida daryo stvorlarini tabiiy holati uchun  $Q=f(\nabla SS)$  funksional bog‘liqlik grafigi  $\nabla SS$  – suvsathi belgisi ( $m+1, m, (m-1)$  –stvorlar 8. 42-rasm)



10. 42-rasm. Taxminiy masshtabdagi tabiiy suv o‘tkazuvchi inshootning uzunlik bo‘yicha qirgimi

Erkin sath egriligini qurishda dastlab berilgan o‘zan alohida hisoblash sohasiga bo‘linadi. Har bir soha ichida erkin sath egriligini ma’lum nishablarga ega bo‘lgan to‘g‘ri chiziq deb qabul qilinadi.

Sohani bo‘lishda quyidagilarga nisbatan bir xillikka erishish kerak:

- a) o‘zanni ko‘ndalang kesimi;
- b) g‘adir-budirlik;
- c) erkin sirt nishabligini tabiiy holati (to‘g‘on qurilguncha yoki tozalash ishlari boshlangunga qadar).

Hisoblanish sohasining uzunligi har xil bo‘lishi mumkin, ayrim hollarda bu sohalar uzunligi har xil bo‘lishi mumkin, ayrim hollarda esa bu sohalar uzunligi bir necha kilometracha etishi mumkin. Sathning pasayishi bunday sohalarda ko‘pincha 0,5 - 1,0 m dan oshmasligi kerak.

8. 42-rasmda ifodalangan tabiiy o‘zarlardagi oqimni erkin sirt egriligini hisoblashda asosan  $(m-1), m, (m+1)$  vax. k. chegarakesimlardagi suv sathi balandliklarini aniqlashdan iborat. Odatda bu masalani hisoblashda quyidagilar berilgan bo‘lishi kerak:  $Q$  sarf, biror bir kesimdagi suv sathi balandligi (masalan  $m+1$  kesimga). Bu kesim boshqa kesimlardan oqim bo‘ylab pastda joylashgan bo‘lishi kerak.

Ko‘pincha amaliyotda tabiiy o‘zarlardagi oqimning harakati tinch (sokin) holatda bo‘ladi. Oqimning bunday harakatida erkin sath egriligioqim bo‘yicha yuqoriga qarab quriladi.  $(m+1)$  kesimdagi oqim sathi balandligi gorizont belgisidan foydalanib,  $m$  kesimdagi gorizont belgisini topamiz va bundan foydalanib,  $(m-1)$  kesimdagi gorizont belgisini topamiz va x. k.

Yuqoridagi muloxazalardan xulosa qilish mumkinki, *sohaning tugashkesimidagi oqim gorizontibelgisi va sarfi berilgan bo‘lsa, soha boshidagi oqim gorizontining belgisini topish masalasi bilan shug‘ullanish kerak bo‘ladi.*

Bu masalani echimining ikki xil usulda hisoblash mumkin:

*1-usul.* Hisoblanayotgan soha tabiiy o‘zanning faraziy silindrik o‘zani bilan almashtiriladi. Keyin shu bobning A bo‘limida keltirib chiqarilgan



oqimning notekis harakat tenglamasidan foydalanib,soha boshidagi oqimning qidiralayotgan sath balandligi – gorizont belgisi topiladi.

*2-usul.* Qaralayotgan sohaga to‘g‘ridan-to‘g‘ri notekis harakat differensial tenglamasining (I) ko‘rinishi (10. 12-formula) qo‘llaniladi. Tabiiy o‘zanlar holati uchun bu tenglamani echishning bir necha usullari mavjud. SHu tenglama yordamida qaralayotgan soha boshidagi oqimning sath balandligi – suv gorizonti belgisi hisoblanadi.

Albatta, 2-usul ancha aniq hisoblanadi, lekin unda juda katta hajmdagi hisoblash ishlarini bajarishga to‘g‘ri keladi. 1-usul asosan xomaki loyihalashtirishda qo‘llaniladi.

Bu ikkala usul bilan alohida alohida tanishamiz.

## **TABIIY O‘ZANLARDA OQIMNING ERKIN SIRT EGRILIGINI QURISHDAGI 1-USUL**

### **10. 18. TABIIY O‘ZANNI FARAZIY SILINDRIK O‘ZAN DEB QABUL QILISH YO‘LI BILAN OQIMNING ERKIN SIRT EGRILIGINI QURISH**

Birinchi usul yordamida ikkita turli masalani hisoblashga to‘g‘ri keladi.

*a)* qanday qilib berilgan tabiiy o‘zan hisoblash sohasining faraziy silindrik soha bilan almashtiramiz;

*b)* qay tarzda bu faraziy o‘zanni hisoblash mumkin, ya’ni o‘zan boshidagi suv sathi balandligini – suv gorizonti belgisini, tugash kesimdagi suv gorizontini kattaligini bilgan holda aniqlash mumkin.

Bu masalalarni alohida holda ko‘rib chiqamiz.

*1<sup>o</sup>. Haqiqiy o‘zanni faraziy o‘zan bilan almashtirish.*

Umuman olganda,bu berilgan tabiiy o‘zanni ixtiyoriy silindrik,trapetseidal, to‘g‘ri to‘rtburchak vah. k. bilan almashtirish mumkin.

Qo'llanilayotgan usul taqribiy bo'lganligi uchun hisobni soddalashtirish maqsadida ko'pincha amaliyotda berilgan tabiiy o'zan faraziy kengto'g'ri to'rtburchak yoki faraziy keng parabola shaklidagi o'zanlar bilan almashtiriladi.

Yuqoridagilarga asoslanib, qo'yilgan masalani hal qilishda quyidagi savollarga javob topishga to'g'ri keladi.

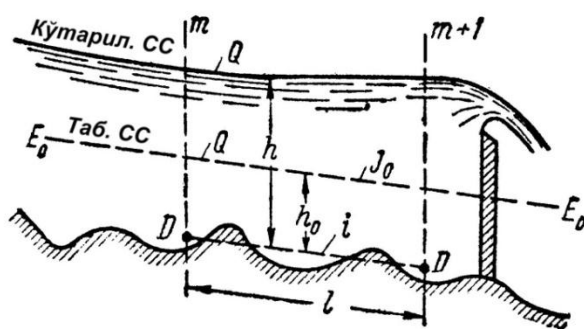
1. Qanaqa o'zanning faraziy ko'ndalang kesimini tanlash kerak: to'g'ri to'rtburchak yoki parabola shakl, albatta tabiiy o'zan qaysi biriga yaqinroq ko'rinishga ega ekanligiga e'tiborni qaratish kerak;

2. Faraziy o'zanning nishabligi qanday bo'lishi kerak? Odatda bu o'zan quyidagicha belgilanadi:

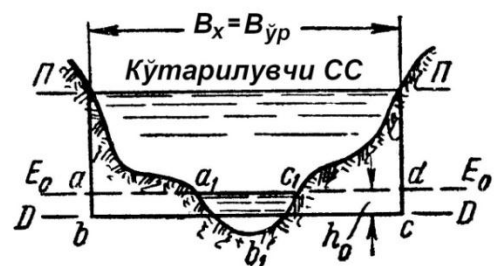
$$i = J_0 = \frac{\Delta_0}{l} \quad (10.164)$$

bunda,  $l$  – hisoblanayotgan soha uzunligi;  $\Delta_0$  – o'zanning tabiiy holatiga mos keluvchi  $Q$  sarf mavjud bo'lgan sharoitda  $l$  soha uzunligi sohasidagi erkin sirt chizig'ining pasayishi;  $J_0$  – erkin sirtning tabiiy holatdagi nishabligi.

Ko'rinib turibdiki,  $i$  – kattalikni (10.164) formulaga asosan qabul qilib, faraziy o'zan tubi chizig'i  $D-D$  ni (10.43-rasm) erkin sirt egriligini tabiiy holatdagi ko'rinishiga ( $E_0-E_0$ ) parallel qilib qabul qilamiz.



10.44-rasm. Faraziy silindrsimon o'zanni qurish



10.45-rasm. Faraziy qabul qilingan to'g'ri to'rtburchakli o'zan uchun  $h_0$  normal chuqurlikni aniqlash

3. *D-D* – faraziy o‘zan tubining joylashish balandligi masalasi.

Oxirgi masala quyidagi tarzda echiladi:  $Q$  berilgan sarfga mos keluvchi  $E_0-E_0$  chizig‘idan pastga qarab berilgan  $Q$  sarfga mos keluvchi faraziy o‘zanning  $h_0$  normal chuqurligiga mos keluvchi kesmani qo‘yib, *D-D* vaziyatini aniqlaymiz. Albatta, bu vaziyatda biz faraziy o‘zan normal chuqurligini bilishimiz kerak. Bunda Tolman taklif etgan usuldan foydalanishimiz mumkin.

*Faraziy qabul qilingan to‘g‘ri to‘rtburchakli o‘zan uchun  $h_0$  normal chuqurlikni aniqlash.*

10. 44-rasmda ma’lum bir o‘rtacha ko‘rinishdagi tabiiy o‘zan kesimini ifodalaymiz.

Berilgan sarf uchun suv sathining tabiiy holatdagi ko‘rinishi  $E_0-E_0$  deb olinib, *P-P* chiziq bilan to‘g‘on qurilgandan keyingi sathni ko‘rsatamiz, bu chiziq vaziyati hisoblash boshida noma’lum bo‘lganligi sababli, oqimning sath bo‘yicha kengligi  $V_{o'r}$ , lekin Tolman usuliga asosan, taxminan chamalab,  $V_{o'r}$  kattalikni ma’lum deb qabul qilib, quyidagicha ish tutamiz:

1) faraziy to‘g‘ri to‘rtburchak kengligini qabul qilamiz:

$$B_{\phi} = V_{o'r}. \quad (10. 165)$$

2) faraziy o‘zanning *abcd* (10. 45-rasm) harakatdagi kesimi tekis harakat va  $i$  nishablik mavjud bo‘lganda, oqimning  $Q$  hisobiy sarfni tabiiy o‘zanning  $a_1, b_1, c_1$  harakatidagi kesim o‘tkazadi degan shartni qabul qilib, *D-D* chiziq vaziyatini aniqlovchi  $h_0$  normal chuqurlikni aniqlaymiz. SHu shartga asosan, quyidagini yozishimiz mumkin:

$$Q = \omega_{\phi} C_{\phi} \sqrt{R_{\phi} i} \quad (10. 166)$$

bunda  $f$  indeks – faraziy o‘zan parametrlari ekanligini bildiradi. Bu (10. 166) ifodada

$$\omega_{\phi} = B_{\dot{y}p} h_0; R_{\phi} = h_0; i = J_0 \quad (10. 167)$$

(10. 167) ni (10. 166) ga qo‘ysak:

$$Q = h_0 B_{\text{yp}} C_\phi \sqrt{h_0 J_0} \quad (10. 168)$$

bundan

$$h_0 = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{B_{\text{yp}}^2 C_\phi J_0}} \quad (10. 169)$$

Shezi koeffitsientini  $h \approx R$  deb qabul qilib, ixtiyoriy chuqurlik uchun bizga ma’lum formulalar asosida hisoblab olamiz.

*Keng parabola shakl qabul qilinadigan holat uchun  $h_0$  normal chuqurlikni aniqlash.*

10. 45-rasmda xaqiqiy o‘zan ko‘ndalang kesimlari parabola shakli bilan almashtirilgan:

$$Q_{abc} = Q_{a'b'c'} \quad (10. 170)$$

$h_0$  normal chuqurlikni (10. 170) shartdan topamiz, bunda,  $Q_{abc}$  va  $Q_{a'b'c'}$  –  $abc$  va  $a'b'c'$  harakatdagi kesimlarning sarfi.

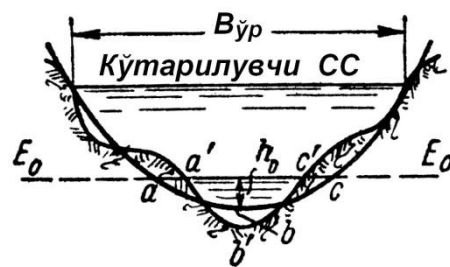
Bu formula yordamida normal chuqurlikni aniqlash formulasini keltirib chiqarish mumkin, u biroz murakkab bo‘lib, uni keltirib chiqarish maxsus adabiyotlarda keltiriladi. Masala tanlab olish usulidan foydalanib hisoblanadi.

2<sup>o</sup>. *Faraziy silindrsimon o‘zanni hisoblash*

1-usulning taxminiyligini inobatga olib, hisoblashda quyidagi qo‘shimcha cheklanishlarni kiritamiz:

1) tinch holatdagi oqim harakatida,  $j$  parametr kichik qiymatga ega bo‘lishini e’tiborga olib, uni

$$j=0 \quad (10. 171)$$



10. 45 rasm Keng parabola shakl qabul qilinadigan holat uchun  $h_0$  normal chuqurlikni aniqlash

deb qabul qilamiz.

2) chuqurlik o'zgarishi bilan Shezi koeffitsienti o'zgarmas deb qabul qilinadi

$$C = const \quad (10.172)$$

3) gidravlik ko'rsatkich yaxlitlanib, faraziy to'g'ri to'rtburchak shaklli o'zan uchun  $x=3$ , faraziy parabola shaklli o'zan uchun  $x=4$  deb qabul qilinadi.

Bu cheklanishlardan foydalanib, Baxmetev tenglamasini sodda tenglama ko'rinishiga keltirish mumkin:

a) faraziy to'g'ri to'rtburchak shaklli faraziy o'zan uchun 1880 yildagi Dyupuyi-Ryulman tenglamasi:

$$\frac{il}{h_0} = D\left(\frac{a_k}{h_0}\right) - D\left(\frac{a_n}{h_0}\right) \quad (10.173)$$

bunda  $a_k$  va  $a_n$  – erkin sirt egriligini normal chuqurlik chizig'idan ( $N-N$ ) balandligi (mos ravishda sohaning tugash vaboshlanishida);

b) parabolashakldagi o'zan uchun 1907 yilda taklif qilingan Tolkmitt tenglamasidan foydalaniladi:

$$\frac{il}{h_0} = T(\eta_k) - T(\eta_n) \quad (10.174)$$

Yuqoridagi (10.173) va (10.174) tenglamalar tarkibiga kiruvchi funksiyalar  $D\left(\frac{a}{h_0}\right)$  va  $T(\eta)$  suv gorizontining soha boshidan qiymatini aniqlashda maxsus adabiyotlardan olinadi.

## TABIY O‘ZANLARDA HARAKATLANAYOTGAN OQIMNING ERKIN SATH EGRILIGINI QURISHNINIG 2- USULI

### 10. 19. ASOSIY HISOBLASH FORMULALARI

10. 46-rasmda  $m$  va  $(m+1)$  kesmalar bilan chegaralangan tabiiy o‘zan hisoblash sohasining uzunlik bo‘yicha profili tasvirlangan. Kesimlar tartibi oqim bo‘ylab hisoblanadi. (10. 12)tenglamani, tabiiy o‘zanda mahalliy yo‘qolishlar paydo bo‘lishini inobatga olinib, quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$-dz = dh_v + dh_l + dh_j \quad (10. 175)$$

bunda,

$$dh_v = d\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right) \quad (10. 176)$$

Tabiiy suv o‘tkazuvchi inshootlarda tez o‘zgaruvchinotekis harakat mavjud bo‘lishi mumkin. Bunday holatlarda napor yo‘qolishini aniqlashda tekis harakat formulalaridan foydalanish katta xatolikdagi natija berishi mumkin. Shu sababli bunday holatlarda  $dh_j$  bu nafaqat mahalliy naporyo‘qolishi, balki uzunlik bo‘yicha ham napor yo‘qolishi inobatga olingan kattalikdir.

$$dh_l = \frac{v^2}{C^2 R} ds = \frac{Q^2}{K^2} ds \quad (10.177)$$

$dh_v$  – oqimning kengayotgan holatida manfiy qiymatga ega bo‘ladi.

Mahalliy napor yo‘qolishini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$dh_j = \zeta d\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right) = \zeta dh_v \quad (10.178)$$

qarshilik koeffitsientini quyidagicha aniqlash maxsus adabiyotlarda taklif qilinadi:

- agar oqim kengaya borib, o‘rtacha tezlik kamaysa

$$\zeta = (-0,2) \div (-1,0) \quad (10.179)$$

- agar oqim harakat yo‘nalishida torayib, o‘rtacha tezlik oshsa:

$$\zeta = 0$$

$$(10.180)$$

(10.175) ga (10.176), (10.177) va (10.178) ifodalarni qo‘ysak:

$$-dz = (1 + \zeta) d\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right) + \frac{Q^2}{K^2} ds \quad (10.181)$$

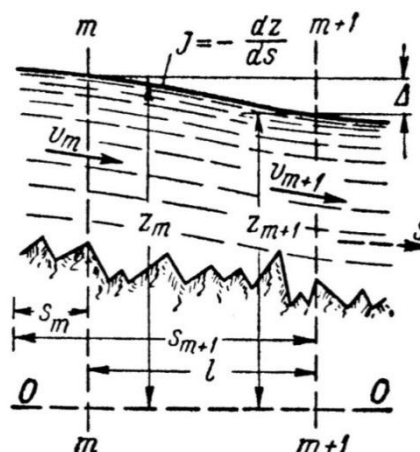
Bu tenglamani  $m$  kesimdan  $(m + 1)$  kesimgacha integrallaymiz (10.46-rasm)

$$z_m - z_{m+1} = (1 + \zeta) \left[ \frac{\alpha v_{m+1}^2}{2g} - \frac{\alpha v_m^2}{2g} \right] + Q^2 \int_{s_m}^{s_{m+1}} \frac{ds}{K^2} \quad (10.182)$$

bunda  $z_m$  va  $z_{m+1}$  –  $m$  va  $(m + 1)$  kesimlardagi suv gorizonti belgisi;

$v_m$  va  $v_{m+1}$  – kesimlardagi oqimning o‘rtacha tezligi

Taqriban quyidagicha yozish mumkin:



10.46-rasm. (10.184)÷(10.186) tenglamalarga asosan erkin sathni qurish

$$Q^2 \int_{s_m}^{s_{m+1}} \frac{ds}{K^2} = \left( \frac{1}{\bar{K}^2} \right) Q^2 (s_{m+1} - s_m) = Q^2 \left( \frac{1}{\bar{K}^2} \right) l \quad (10.183)$$

bunda  $\bar{K}^2 - K^2$  sarf modulining ko'rilayotgan sohadagi o'rtacha qiymati.

(10.183) ni (10.182) ga qo'yib quyidagilarni olamiz:

1) oqim uzunligi bo'yicha tezlik naporini o'zgarishini va naporning mahalliy yo'qolishlarini hisobga oluvchi tenglamaning to'liq shakli:

$$z_m - z_{m+1} = Q^2 \left[ (1 + \zeta) \frac{\alpha}{2g} \left( \frac{1}{\omega_{m+1}^2} - \frac{1}{\omega_m^2} \right) + \frac{1}{\bar{K}^2} \right] \quad (10.184)$$

2) tenglamaning o'rtacha shakli faqat tezlik naporining o'zgarishini hisobga oladi, lekin bunda mahalliy napor yo'qolishi inobatga olinmaydi:

$$z_m - z_{m+1} = Q^2 \left[ \frac{\alpha}{2g} \left( \frac{1}{\omega_{m+1}^2} - \frac{1}{\omega_m^2} \right) + \frac{1}{\bar{K}^2} \right] \quad (10.185)$$

3) tenglamaning soddalashtirilgan shaklida faqat uzunlik bo'yicha napor yo'qolishi hisobga olinadi:

$$z_m - z_{m+1} = Q^2 \frac{1}{\bar{K}^2} \quad (10.186)$$

Amaliyotda asosan oxirgi formuladan foydalaniladi.

Umuman bu (10.184)-(10.186) formulalar yordamida  $(m+1)$  kesimdagi sath gorizonti  $z_{m+1}$  ni bilgan holda  $z$  kesmadagi  $z_m$  sath gorizonti belgisini aniqlash mumkin.



## 10. 20. $\frac{1}{\bar{K}^2}$ KATTALIKNINIG SONLI KIYMAINI ANIQLASH.

### YORDAMCHI GRAFIKLAR

Yuqoridagi mavzuda o'rganilgan tenglamalar yordamida  $z_m$  kattalikni topish uchun  $\frac{1}{\bar{K}^2}$  ifodaning qiymatini bilishimiz kerak. Buning uchun bir necha usullar mavjud:

$$\frac{1}{\bar{K}^2} = \frac{\frac{1}{K_m^2} - \frac{1}{K_{m+1}^2}}{2} l \quad (10. 187)$$

$$\frac{1}{\bar{K}^2} = \frac{\frac{1}{K_m^2} \frac{1}{K'^2} + \frac{1}{K''^2} + \frac{1}{K'''^2} + \dots + \frac{1}{K_{m+1}^2}}{n+2} l \quad (10. 188)$$

bunda

$$\frac{1}{\bar{K}^2} = \frac{1}{\omega^2 C^2 R^2} \quad (10. 189)$$

$K_m$  va  $K_{m+1}$  –  $m$  va  $(m+1)$  kesimlardagi sarf moduli;

$K'$ ,  $K''$ ,  $K'''$  –  $m$  va  $(m+1)$  kesimlar orasida joylashgan yordamni kesimlar uchun sarf modullari.

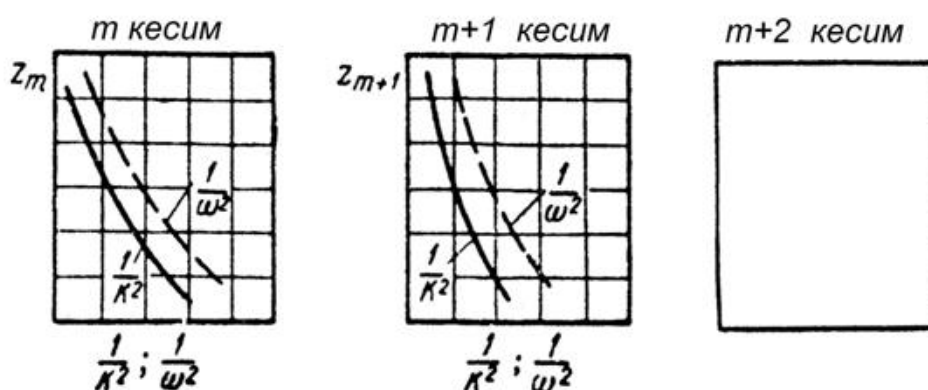
$K_m, K', K'', K''', \dots$  kattaliklarni erkin sirt egriligini vaziyati qiymatini oldindan berib topish mumkin. (10. 189) formuladagi kattalikni bilish uchun  $\omega$ ,  $\chi$ ,  $R$  larni aniqlashga to'g'ri keladi.

$\omega$  kattaligi planimetr yordamida yoki “noto'g'ri” harakatdagi kesimni elementar figuralarga bo'lish yo'li bilan topiladi.  $\chi$  taxminan  $V$  ga teng deb qabul qilinadi.

Nixoyat,  $R=h$  yoki  $R = \frac{2}{3}h$  deb qabul qilinadi,  $h$  – qaralayotgan sohadagi oqim chuqurligi.

$h$  kattalik planda suv sirti o‘rtacha chizig‘i yoki eng katta chuqurliklar chizig‘i bo‘yicha o‘lchanadi.

Doimiy hisoblashlar bajarilganda yordamchi grafiklar tuziladi. (10. 47-rasm) da uzunchiziqli egriliklar faqat (10. 182) va (10. 183) tenglamalar yordamida  $z_m$  aniqlanishi kerak bo‘ladi. Bu grafiklar yordamida  $\frac{1}{K^2}$  va  $\frac{1}{\omega^2}$  ni har kandy  $z$  birligi uchun aniqlash mumkin.



10. 47-rasm. Egri sirtni hisoblash uchun yordamchi grafiklar

Shu grafikdagi ko‘rsatilgan kattaliklar asosida  $\frac{1}{K^2}$  kattalikni (10. 187) formula asosida aniqlaymiz. Albatta,  $\frac{1}{K^2}$  kattalik gidrometrik ma’lumotlarga asoslanib topilganligi sababli, u aniqroq usul hisoblanadi.

## 10. 21. ERKIN SIRT EGRILIGINI QURISHNING UMUMIY USULI

10. 48-rasmda tasvirlangan hisoblashsohasiniko‘ribchiqamiz. Berilgan  $Q, z_{m+1}$  va  $z_m$  –kattalikni aniqlash talab qilinadi. Bu masalani (10. 184), (10. 185) yoki (10. 186) tenglamalardan foydalanib hisoblaymiz.

Quyida faqat (10. 186) tenglama yordamida hisoblashni keltiramiz. (10. 186) tenglamani yozamiz.

$$z_m - Q^2 \frac{1}{K^2} = z_{m+1} \quad (10. 190)$$

Bu bog‘liqlikning chap tomoni  $z_{m+1}$  ning funksiyasi ekanligi ko‘rinib turibdi.

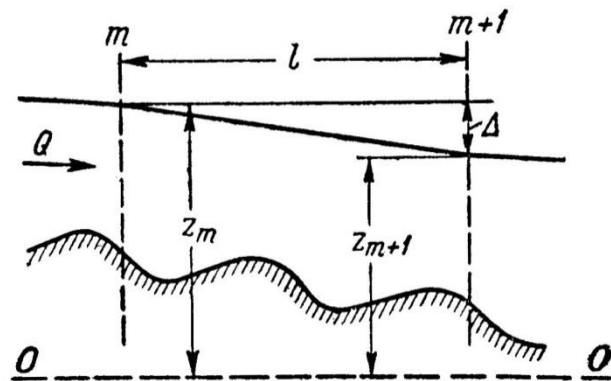
$$z_m - Q^2 \frac{1}{K^2} = f(z_m) \quad (10. 191)$$

- hisoblayotgan sohadagi oqimning erkin sirt egriligini doimo to‘g‘richiziq ko‘rinishida qabul qilinadi, shuning uchun  $K_m, K', K'', K''', \dots$  larni aniqlash uchun  $z_m$  kattalikni bilish etarli (berilgan hisoblanadi).
- (10. 188) formuladan foydalanib, unda oraliqdagi yordamchi kesmalar uchun ham yordamchi grafiklar tuziladi.

Bu tenglamani  $z_m$  ga nisbatan tanlab olish usuli bilan hisoblaymiz. Hisoblash quyidagi jadval ko‘rinishida olib boriladi.

10. 6-jadval

$z_m$	$\frac{1}{K^2}$	$\frac{1}{K^2} Q^2$	$f(z_m)$



10. 48-rasm. Umumiy usul asosida erkin sath egriligi qurish

--	--	--	--

## 10. 22. QARSHILIK MODULINING INVARIANTLIGI XAQIDAGI POSTULAT. ERKIN SIRT EGRILIGINI RAXMANOV USULIDA QURISH

Akademik N. N. Pavlovskiy taklifiga asosan:

$$\frac{l}{K^2} = F \text{ (belgi)} \quad (10. 192)$$

*O‘zanning hisoblanayotgan sohali qarshiligi moduli deb ataladi.*

10. 49-rasmda o‘zanning hisoblanayotgan sohali uzunlik bo‘yicha qirqimi tasvirlangan. *M-M* o‘rtacha kesimda yotgan *N'* nuqtadan o‘tuvchi bir nechta sirt egriliklarini tasvirlaymiz. (qarang 1-1, 2-2, 3-3 erkin sirtlar). N. N. Pavlovskiyning qarshilik moduli invariantligi (o‘zgarmasligi) xaqidagi postulati quyidagicha:

*M-M o‘rta kesimdagi ixtiyoriy N nuqtadan o‘tuvchi barcha erkin sirtlar uchun qarshilik moduli bir xil qiymatga ega bo‘ladi.*

(qarang *N'*, *N''*, *N'''* va h. k. nuqtalar).

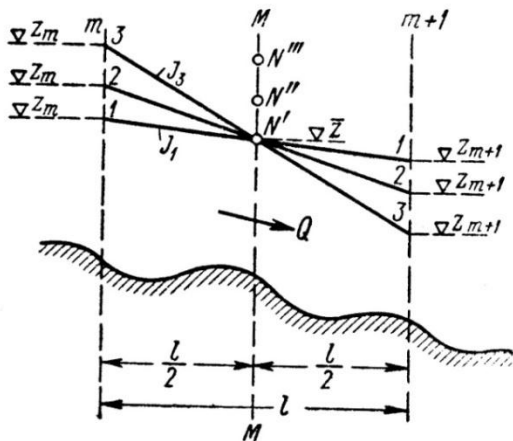
*N*nuqtaning sirt gorizonti belgisini *z* deb belgilaymiz:

$$\bar{z} = \frac{z_m + z_{m+1}}{2} \quad (10. 193)$$

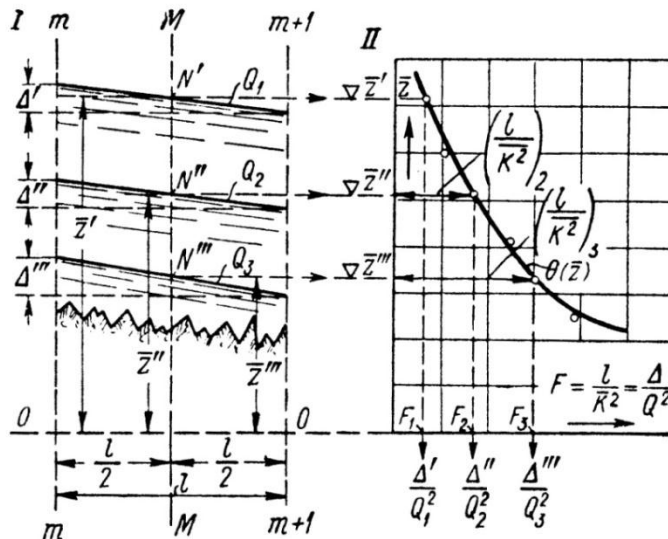
Bu postulat juda ko‘p tabiiy o‘zanlar uchun o‘rinli ekanligini maxsus hisoblashlar natijasi tasdiqlagan. 1-1, 2-2, 3-3 kesimlarni qarab chiqish orqali *F* kattalikni *z* va *J* kattaliklar funksiyasi ekanligini ko‘rish mumkin.

$$F = \frac{1}{K^2} = \theta(\bar{z}, J) \quad (10. 194)$$

bunda *J*– berilgan erkin sirt nishabligi.



10. 49-rasm. Qarshilik modulining invariantligi xaqidagi postulat uchun



10. 50-rasm.  $\theta(\bar{z})$  egrilikni qurish

Berilgan o‘zan uchun invariantlik postulatini qo‘llab,

$$\frac{\partial F}{\partial J} = 0 \tag{10. 195}$$

bunda  $F$  kattalik  $J$ ga bog‘liq emas deb qabul qilamiz. U holda  $F$  faqat  $z$  funksiyasi bo‘ladi.

$$F = \frac{l}{K^2} = \theta(\bar{z}) \tag{10. 196}$$

Shundayqilib, postulatning o‘rinligi holatda  $F$  kattalik  $z_m$  va  $z_{m+1}$  kattaliklar bilan aniqlanadi. (10. 196) bog‘liqlikni 10. 50-rasmda tasvirlangan egrilik orqali ifodalash mumkin. Bu grafikni quyidagichako‘rish mumkin: qaralayotgan sohada uzunlik bo‘yicha profilda bir necha ixtiyoriyto‘g‘ri chiziq ko‘rinishidagi sath egriliklarinitor‘playmiz. Ularninghar biriz ( $z'$ ,  $z''$ ,  $z'''$  va x. k) belgiga ega. Har bir belgilangan erkin sirt uchun  $F$  qarshilik modulini belgilaymiz. Natijada  $F$  va  $z$  kattaliklar o‘rtasidagi munosabatni aniqlaymiz.

Bundan tashqari,  $F = \theta(\bar{z})$  egrilikninafaqat 10. 20-mavzudagidek, balki  $K = \omega C \sqrt{R}$  formula orqali  $K$  ni gidrometrik ma’lumotlarga tayangan holda ham

aniqlash mumkin. Shuni ta'kidlash kerakki, biz butun hisob davomida o'zanning tabiiyshakli va g'adir-budirlik koeffitsienti kattaligiga e'tibor bermaymiz.

A. N. Raxmanov tomonidan taklif etilgan gidrometrik usulida  $F = \theta(\bar{z})$  egrilikni quyidagicha ko'rish mumkin:

Oqimning notekis harakatining sodalashtirilgan ko'rinishdagi tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\Delta = Q^2 \frac{l}{\bar{K}^2}$$

(10. 197)

bunda  $\Delta$  – hisoblanayotgan sohada erkin sirt egriligini pasayishi

$$\Delta = z_m - z_{m+1} \quad (10. 198)$$

(10. 197) ifodani yana yozish mumkin:

$$\frac{l}{\bar{K}^2} = \frac{\Delta}{Q^2} \quad (10. 199)$$

Bunga asosan o'zanning qarshilik modulini ma'lum to'g'ri chiziq ko'rinishdagi erkin sirtga mos keluvchi qiymati:

$$F = \frac{\Delta}{Q^2} \quad (10. 200)$$

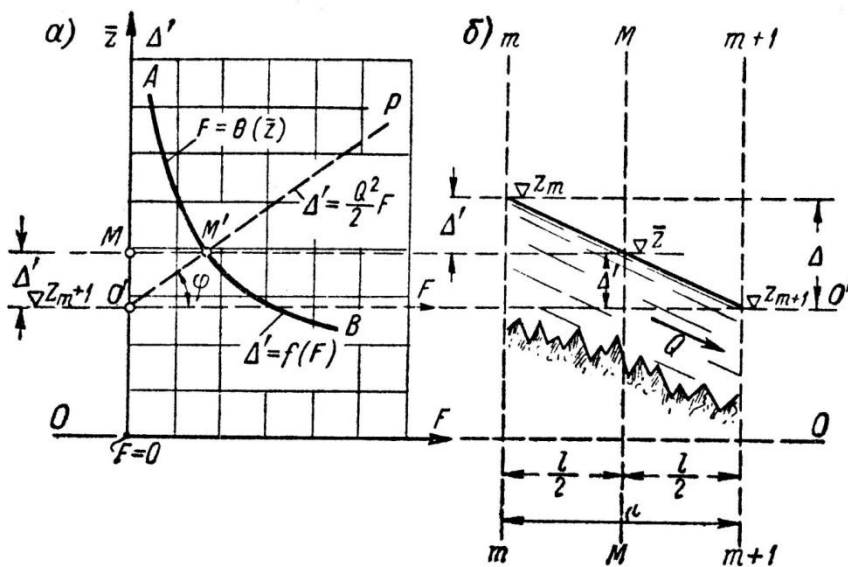
Dala sharoitida  $\nabla$  va  $Q$  kattaliklarni har xil kuzatilgan erkin sirtlar uchun o'lchab, bu sirtlar uchun  $\bar{z}$  kattalikni aniqlab,  $F$  kattalikni (10. 200) formulaga asosan hisoblash mumkin, shundan so'ng  $F = \theta(\bar{z})$  egrilik quriladi. Albatta, bu egrilikni  $z$  kattalik kuzatilgan sohasida qurish mumkin.

Yuqoridagidan xulosa kilish mumkinki A. N. Raxmanov usulida  $F = \theta(\bar{z})$  egrilikni qurishda faqat o'lchov gidrometrik ma'lumotlardan foydalaniladi. Bunda asos qilib notekis harakatni sodalashtirilgan tenglamasi (10. 186) qabul qilinadi.

## 10. 23. PAVLOVSKIY USULIDA ERKIN SIRT EGRILIGINI QURISH

Akademik N. N. Pavlovskiy (10. 186) tenglamani echishning ikki xil usulini taklif qilgan: grafik va grafoanalitik. Biz quyidagi qaralayotgan soha uchun qarshilik modulini invariantligi postulat o‘rinli bo‘lgan holat uchun (10. 186) notekis harakatni soddalashtirilgan tenglamasiga asoslangan grafik usuli bilan tanishamiz. Bu usulni e‘tiborli tomoni shundaki, berilgan  $Q$  sarf va  $z_{m+1}$  sath belgisiga asosan  $z_m$  belgini tanlab olish usulisiz topishimiz mumkin.

10. 51,b-rasmda hisoblanayotgan sohaning uzunlik bo‘yicha qirqimi tasvirlangan bo‘lib, 10. 51,a-rasmda esa gidrometrik usulida yoki Shezi formulasiga asosan qurilgan  $F = \theta(\bar{z})$  erkin sirt egriligi tasvirlangan (AV egrilikka qarang). Bu vaziyatda  $F = \theta(\bar{z})$  egrilik ma’lum ko‘rinishda o‘zanning uzunlik bo‘yicha qirqimi bilan bog‘langan deb qabul qilamiz.



10. 51-rasm. Erkin sirt egriligini Pavlovskiy usulida qurish

Ikkita tenglama bilan tanishamiz.

Birinchi tenglamani notekis harakatni soddalashtirilgan tenglamasi:

$$z_m - z_{m+1} = Q^2 \frac{l}{K^2} \quad (10. 201)$$

yoki

$$\Delta = Q^2 F \quad (10. 202)$$

Oxirgi ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{\Delta}{2} = \frac{Q^2}{2} F \quad (10. 203)$$

yoki

$$\Delta' = \frac{Q^2}{2} F \quad (10. 204)$$

bunda

$$\Delta' = \frac{\Delta}{2} \quad (10. 205)$$

Agar  $z$  o'qi hisob boshini (erkin sirt belgisi hisobi uchun)  $z_{m+1}$  bilan bir xil deb qabul qilsak, ( $0'$ nuqtada) unda quyidagini olamiz:

$$z_{m+1} = 0; z_m = \Delta \quad (10. 206)$$

$$\bar{z} = \frac{\Delta}{2} = \Delta' \quad (10. 207)$$

$0'$ nuqtani  $\Delta'$ koordinata boshi deb qarash mumkin.

10. 51-rasmdagi grafikdan ko'rinib turibdiki, qabul qilingan  $\Delta' = \bar{z}$  ga asosan  $0'P$  to'g'ri chiziqquyidagi burchak koeffitsientiorqali ifodalanadi:

$$tg \varphi = \frac{Q^2}{2} \quad (10. 208)$$

Agar  $F=0$  bo'lsa, (10. 201) ga asosan  $\Delta' = z'$ , shu sababli  $0'P$ chiziq  $z_{m+1}$  belgida joylashgan Onuqtadan boshlanadi.

Ikkinchi tenglama.  $F = \theta(\bar{z})$  bo'lganligi uchun  $z$  kattalik qandaydir  $F$  ning funksiyasidir:

$$\bar{z} = f(F) \quad (10. 209)$$



$$\Delta' = f(F) \quad (10.210)$$

Bu tenglama biz uchun kerakli bo'lgan ikkinchi tenglamadir.

(10.204) va (10.210) tenglamalar ikkinoma'lumli ( $\Delta'$  va  $F$ ) tenglamalar sistemasini tashkil kiladi.

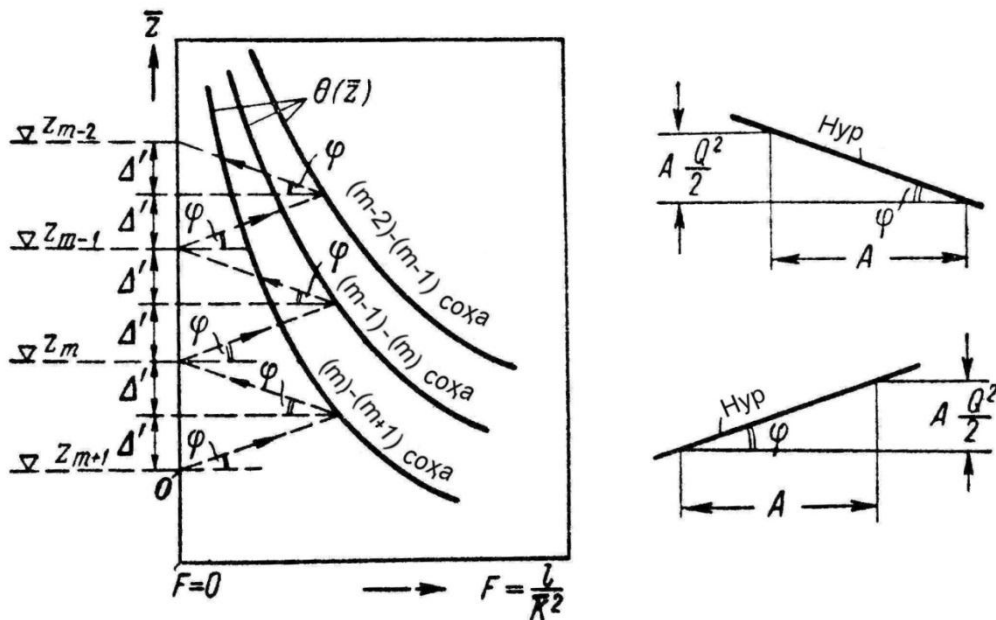
Bu sistemani grafik usulga echib,  $O'P$  va  $AB$  chiziqlarining kesishish nuqtasi  $M$  ni olamiz. Bu nuqtada biz izlayotgan  $\Delta'$  ( $O'M$  bo'lakka teng) kattaligidir.

$\Delta'$  ni qiymatini bilgan holda  $z_m$  kattaligini topamiz:

$$z_m = z_{m+1} + 2\Delta' \quad (10.211)$$

N. N. Pavlovskiy usuliga asosan erkin sirt hisobi quyidagi tartibda olib boriladi:

1) har xil hisoblash sohalari uchun  $F = \theta(\bar{z})$  grafiklarini tuzamiz. (10.52-rasm).



10. 52-rasm. Tabiiy o'zandagi oqimning erkin sirt egriligini Pavlovskiy usuliga asosan qurish

2)  $\varphi$  burchak ostida gorizontga nisbatan yo'nalgan nurlarni chizib olamiz;

3) bu nurlarga parallel ravishda  $z_{m+1}$  belgi bilan aniqlangan 0 nuqtadan boshlab, grafikda ko'rsatilgandek to'g'ri chiziqlar o'tkazamiz, natijada  $z_m$ ,  $z_{m-1}$ ,  $z_{m-2}$  va h. k. nuqtalarni olamiz. Boshqa sarf  $Q$  uchun erkin sirt egriligini chizishda faqat  $\varphi$  burchakni o'zgartirishning o'zi kifoya. Bu nurlar mos ravishda (10. 208) formulaga asosan shunday qurilishi kerakki, vertikal katetni gorizonta katetga nisbati  $\frac{Q^2}{2}$ , bunda  $Q$  berilgan sarf ( $A$  orqali shunday ixtiyoriy kesma belgilanganki, y  $\frac{1}{K^2}$  masshtabda olingan.

### X bobga doir test-nazorat savollari

**1. Suv oqimining ochiq o'zanlardagi notekis barqaror harakati amalga oshadigan asosiy shartlarni ko'rsating.**

a)  $h \neq const$ ,  $Q = const$ ,  $v \neq const$ ,  $p_0 = p_a$

b)  $Q \neq const$ ,  $v = const$ ,  $n = const$ ,  $h_m = 0$ ,  $\frac{\partial \omega}{\partial s} = 0$ ,  $p_0 = p_a$

c)  $Q = const$ ,  $v = const$ ,  $n = const$ ,  $h_m = 0$ ,  $\frac{\partial \omega}{\partial s} \neq 0$ ,  $p_0 = p_a$

d)  $Q = const$ ,  $v \neq const$ ,  $n = const$ ,  $h_m = 0$ ,  $\frac{\partial \omega}{\partial s} = 0$ ,  $p_0 = p_a$

**2. Suv oqimining notekis harakati differensial tenglamasi nechta ko'rinishga ega?**

a) 5;

b) 3;

c) 4;

d) 1.

**3. Oqimning notekis harakati differensialtenglamasi birinchi ko‘rinishini ko‘rsating.**

a)  $-dz = dh_v + dh_l$

b)  $J = \alpha \frac{d}{ds} \left( \frac{v^2}{2g} \right) + \frac{v^2}{C^2 R}$

c) 
$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \left( 1 - \frac{\alpha C^2 R}{g \omega} \frac{\partial \omega}{\partial s} \right)}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3}}$$

d) 
$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{K^2}}{1 - \Pi_\kappa}$$

**4. Suv oqimining notekis harakati o‘rganishda foydalaniladiganto‘rt asosiy tushunchalarni ko‘rsating.**

- a) Kesimning solishtirma energiyasi, kritik chuqurlik, normal chuqurlik, kritik nishablik;
- b) Oqimning solishtirma energiyasi, kritik chuqurlik, normal chuqurlik, kritik nishablik;
- c) Oqimning solishtirma energiyasi, chuqurlik, normal chuqurlik, nishablik;
- d) Kesimning solishtirma energiyasi, kritik chuqurlik, normal chuqurlik, kritik nishablik;

**5. Oqimning notekis harakati differensialtenglamasi ikkinchi ko‘rinishini ko‘rsating.**

a)  $-dz = dh_v + dh_l$

b)  $J = \alpha \frac{d}{ds} \left( \frac{v^2}{2g} \right) + \frac{v^2}{C^2 R}$

$$c) \frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \left( 1 - \frac{\alpha C^2 R}{g \omega} \frac{\partial \omega}{\partial s} \right)}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3}}$$

$$d) \frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{K^2}}{1 - \Pi_{\kappa}}$$

**6. Prizmatik kanallardanotekis barkeror harakatlanayotgan oqimning differensial tenglamasini ko'rsating.**

$$a) -dz = dh_v + dh_l$$

$$b) J = \alpha \frac{d}{ds} \left( \frac{v^2}{2g} \right) + \frac{v^2}{C^2 R}$$

$$c) \frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \left( 1 - \frac{\alpha C^2 R}{g \omega} \frac{\partial \omega}{\partial s} \right)}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3}}$$

$$d) \frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{K^2}}{1 - \Pi_{\kappa}}$$

**7. Ko'ndalang kesimi to'g'ri to'rtburchak shaklli o'zanlarda harakatlanayotgan oqimlar uchunkritik chuqurlikni aniqlash formulasini ko'rsating.**

$$a) h_{\kappa} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}};$$

$$b) h_{\kappa} = \sqrt[5]{\frac{2\alpha Q^2}{g m^2}};$$

$$c) h_{kp} = \sqrt[4]{\frac{27\alpha}{64g}} \sqrt[4]{\frac{Q^2}{p}};$$

$$d) \frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{\omega_{kp}^3}{B_{kp}}.$$

**8. Oqimning tinch, notinch va kritik holatlarini qanday tushunasiz?**

a) Tinch holat,  $h > h_k$ ; notinch holat,  $h < h_k$ ; kritik holat,  $h = h_k$ ;

b) Tinch holat,  $h < h_k$ ; notinch holat,  $h > h_k$ ; kritik holat,  $h = h_k$ ;

c) Tinch holat,  $h = h_k$ ; notinch holat,  $h > h_k$ ; kritik holat,  $h < h_k$ ;

d) Tinch holat,  $h = h_k$ ; notinch holat,  $h < h_k$ ; kritik holat,  $h > h_k$ .

**9. Erkin sirt egriligining ko‘rinishlarini aniqlashdagi sinflarga aniqlik kiritig.**

a) A  $\text{sinf}(i > 0)$ ; B  $\text{sinf}(i = 0)$ ; V  $\text{sinf}(i < 0)$ ;

b) A  $\text{sinf}(i > 0)$ ; B  $\text{sinf}(i < 0)$ ; V  $\text{sinf}(i = 0)$ ;

c) A  $\text{sinf}(i = 0)$ ; B  $\text{sinf}(i > 0)$ ; V  $\text{sinf}(i < 0)$ ;

d) A  $\text{sinf}(i < 0)$ ; B  $\text{sinf}(i = 0)$ ; V  $\text{sinf}(i > 0)$ .

**10. Erkin sirt egriligining ko‘rinishlarini aniqlashdagi guruh aniqlik kiritig.**

a) I guruh  $h_0 > h_k$  va  $i < i_k$ ; II guruh  $h_0 < h_k$  va  $i > i_k$ ;

III guruh  $h_0 = h_k$  va  $i = i_k$ ;

b) I guruh  $h_0 > h_k$  va  $i < i_k$ ; II guruh  $h_0 < h_k$  va  $i = i_k$ ;

III guruh  $h_0 = h_k$  va  $i > i_k$ ;

c) I guruh  $h_0 < h_k$  va  $i < i_k$ ; II guruh  $h_0 > h_k$  va  $i > i_k$ ;

III guruh  $h_0 = h_k$  va  $i = i_k$ ;

d) I guruh  $h_0 > h_k$  va  $i = i_k$ ; II guruh  $h_0 < h_k$  va  $i > i_k$ ;

III guruh  $h_0 = h_k$  va  $i < i_k$ .

**11. O‘zanning gidravlik ko‘rsatkichi nima?**

- a)* Sarf moduli bilan chuqurlik o‘rtasidagi bog‘liqlikni ko‘rsatuvchi kattalik;
- b)* Sarf moduli bilan o‘zan tubi nishabligi o‘rtasidagi bog‘liqlikni ko‘rsatuvchi kattalik;
- c)* Sarfbilan chuqurlik o‘rtasidagi bog‘liqlikni ko‘rsatuvchi kattalik;
- d)* Oqim o‘rtacha tezligi bilan chuqurlik o‘rtasidagi bog‘liqlikni ko‘rsatuvchi kattalik.