

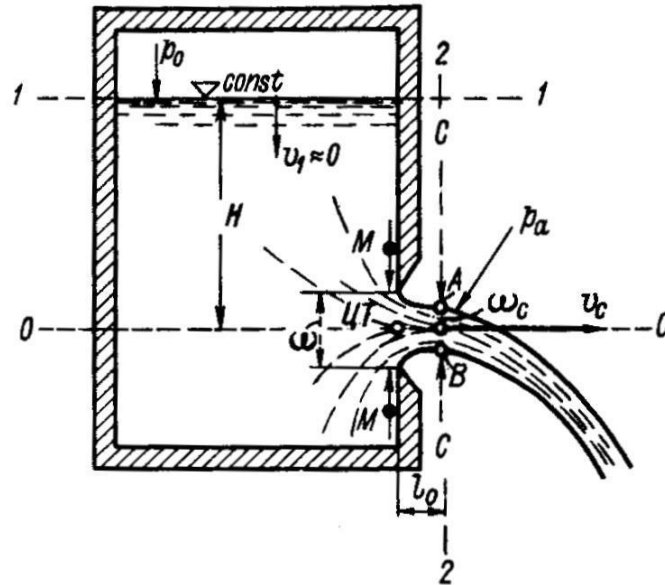
VI BOB
TIRQISH VA NAYChALAR ORQALI
SUYuQLIKNING OQISHI

I. INGICHKA DYeVORDAGI TIRQISHLARDAN DOIMIY
NAPOR OSTIDA SUYuQLIKNING OQISHI

6.1. OQIMNING KICHIK TIRQISHDAN ATMOSFERAGA
OQIB CHIQISHI

Tadqiqotchilar tomonidan o'tkazilgan tajribalarga asoslanib, oqimning kichik tirqishdan atmosferaga oqib chiqishini 6.1-rasmdagi ko'rinishda ko'rsatish mumkin.

Bunda p_0 – suyuqlik erkin sirtiga ta'sir etuvchi tashqi bosim, bu kattalik p_a – atmosfera bosimidan farq qiladi; ω – tirqish yuzasi; ω_c – oqimchanning S - S kesimdagi yuzasi; N – tirqishning og'irlik markazigacha bo'lgan chuqurlik. Agar l_0 masofada oqimning pastlashishini hisobga olsak, u holda ω_c yuzaning og'irlik markazigacha bo'lgan chuqurlik deb qabul qilishimiz mumkin. Oqimcha S - S kesimgacha keskin siqilib boradi. Bunday holat suyuqlik zarrachalarining inertsiyasi hisobiga bo'ladi deb qabul qilish mumkin. Bunga misol tariqasida M zarrachaning harakatini ko'rishimiz mumkin. (6.1-rasm).



6.1-rasm. Oqimning kichik tirqishdan atmosferaga chiqishi

Agar harakatlanayotgan oqimga havoning aralashishi – aeratsiyani va havo qarshiligini hisobga olmasak, pastlashayotgan zarrachaning tezligi oshganligi sababli, oqimning siqilishi davom etishi kerak. Agar tirqishdan chiqayotgan suyuqlik oqimchasining tezligi yuqori bo‘lsa, oqimning tashqi qobig‘ida urinma kuchlanishlarning ta‘siri kuchayadi. Havo qarshiligi oqimcha tezligini kamaytirib, uning havo bilan aralashish jarayonini jadallashtiradi va S-S kesimdan keyin oqimcha kengaya boshlaydi.

Oqimcha o‘z harakatida S-S kesimgacha tez o‘zgaruvchan harakatda bo‘lib, keyin tekis o‘zgaruvchan harakatlana boshlaydi. S-S kesim esa siqilgan kesim deb ataladi, Xuddi mana shu S-S kesimdan boshlab, oqimcha uchun Bernulli tenglamasini qo‘llash mumkin, chunki bu kesimgacha oqimning harakati tez o‘zgaruvchandir. AV yo‘nalishdagi oqimning tezligi u epyurali to‘g‘ri to‘rtburchakdir. Agar tirqish aylana shaklida bo‘lsa, bu siqilgan kesimgacha masofa quyidagicha aniqlanadi:

$$l_0 \approx 0,5D \quad (6.1)$$

bunda, D – tirqish diametri.

Siqilish koeffitsientini quyidagicha aniqlaymiz:

$$\boxed{\frac{\omega_c}{\omega} = \varepsilon} \quad (6.2)$$

bunda, ε – siqilish koeffitsienti.

Endi o‘rganiladigan muammo sifatida siqilgan kesimdagi oqimning o‘rtacha tezligi v_c va idishdan chiqayotgan oqim sarfini (Q) aniqlaymiz. Buning uchun idishdagi suyuqlik sirtidan 1-1 va siqilgan kesimdan 2-2 kesimni o‘tkazib, siqilgan kesim og‘irlik markazidan 00 taqqoslash tekisligini o‘tkazamiz. Bu tekislikka nisbatan 1-1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_f \quad (6.3)$$

Tenglamaning har bir hadini taxlil qilamiz.

$$\left. \begin{array}{l} z_1 = H; \quad \frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_0}{\gamma}; \quad \frac{\alpha v_1^2}{2g} \approx 0 \\ z_2 = 0; \quad \frac{p_2}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma}; \quad \frac{\alpha v_2^2}{2g} \approx \frac{v_2^2}{2g} = \frac{v_c^2}{2g} \end{array} \right\} \quad (6.4)$$

Oqimning idishdagi tezligini hisobga olmasdan, S - S kesimdagi bosimni atmosfera bosimiga teng deb qabul qilamiz. 1-1 kesimdan 2-2 kesimgacha napor yo‘qolishini quyidagicha aniqlaymiz:

$$h_f = \zeta \frac{v_c^2}{2g} \quad (6.5)$$

bunda, ζ – qarshilik koeffitsienti.

Demak, (6.4) va (6.5) ifodalarni inobatga olsak, (6.3) tenglamani quyidagicha yozishi mumkin.

$$H + \frac{p_0}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma} + \frac{v_c^2}{2g} + \zeta \frac{v_c^2}{2g} \quad (6.6)$$

bunda,

$$H + \left(\frac{p_0}{\gamma} - \frac{p_a}{\gamma} \right) = H_{\kappa/l} \quad (6.7)$$

bunda, N_{kl} – keltirilgan yoki jamlangan napor deyiladi. U holda:

$$H_{kl} = (1 + \zeta) \frac{v_c^2}{2g} \quad (6.8)$$

bundan,

$$v_c = \sqrt{\frac{1}{1 + \zeta}} \sqrt{2gH_{kl}} \quad (6.9)$$

yoki

$$v_c = \varphi \sqrt{2gH_{kl}} \quad (6.10)$$

bunda,

$$\varphi = \sqrt{\frac{1}{1 + \zeta}} \quad (6.11)$$

deb belgilanib, *tezlik koeffitsienti* deb ataladi.

Agar $p_0 = p_a$ bo'lsa, idishning usti ochiq bo'lganligi uchun:

$$H_{kl} = H$$

bundan (6.10) ifodani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\boxed{v_c = \varphi \sqrt{2gH}} \quad (6.12)$$

Ideal holatdagi suyuqliklar uchun

$$h_f = \zeta \frac{v_c^2}{2g} = 0 \quad (6.13)$$

va

$$\zeta = 0; \varphi = 1,0 \quad (6.14)$$

ekanligini hisobga olsak,

$$v_c = \sqrt{2gH} \quad (6.15)$$

Bu ifoda *Torrichelli ifodasi* deyiladi. Bu bog'liklikni 1643 yilda Torrichelli aniqlab, $\varphi \approx 1,0$ ekanligini ta'kidlagan. Siqilgan kesimdagi oqimning o'rta tezligini bilgan holda, bu kesimdagi oqim sarfini aniqlaymiz:

$$Q = \omega_c v_c = \omega_c \varphi \sqrt{2gH} = \omega \frac{\omega_c}{\omega} \varphi \sqrt{2gH} \quad (6.16)$$

bundan,

$$Q = \varepsilon\varphi\omega\sqrt{2gH} \quad (6.17)$$

yoki

$$\boxed{Q = \mu_0\omega\sqrt{2gH}} \quad (6.18)$$

$$\mu_0 = \varepsilon\varphi \quad (6.19)$$

μ_0 – tirqishning sarf koeffitsienti deb ataladi.

Demak, bu hodisani o‘rganishda quyidagi to‘rtta yangi koeffitsientlar bilan tanishdik: ε – siqilish; ζ – qarshilik; φ – tezlik; μ_0 – tirqishning sarf koeffitsientlari.

6.2. OQIMCHALARNING SIQILISH TURLARI.

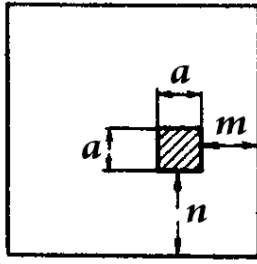
$\varepsilon, \zeta, \varphi$ va μ_0 KOEFFITSIENTLAR KATTALIKLARI

(kichik tirqishdan atmosferaga chiqqan holda)

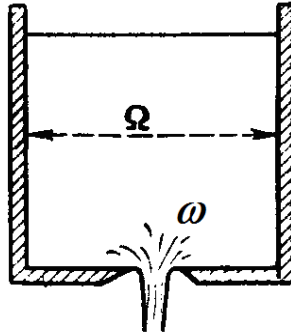
Oqimchanning siqilish darajasiga suyuqlik joylashgan muhitning yon devorlari va idish tubi ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli, tirqishni yon devorlar va idish tubida joylashgan vaziyatiga bog‘liq holatda oqimchanning siqilishi turlicha ko‘rinishda bo‘lishi mumkin:

1⁰. To‘liq siqilish. Tirqishdan otilib chiqayotgan oqimning siqilishiga suyuqlik joylashgan idishning yon devorlari va tubining ta’siri bo‘lmasa bunday siqilish *to‘liq amalga oshgan siqilish* deyiladi (6.2-rasm). Bunday siqilish quyidagi shart bajarilganda amalga oshadi:

$$m > 3a; n > 3a \quad (6.20)$$



6.2-rasm. Oqimning to'liq amalga oshgan va chala siqilishiga doir



6.3-rasm. Oqimchanning chala siqilishiga doir

bunda, a – tomonlarining uzunligi bir xil bo'lgan tirqish kattaligi, m – tirqishdan yon devorgacha bo'lgan masofa, n – tirqishdan idish tubigacha bo'lgan masofa. (6.20) shart bajarilganda tajribalar natijasiga asosan, yuqorida sanab o'tilgan koeffitsientlarning quyidagi qiymatlarini qabul qilish mumkin:

$$\varepsilon = 0,63 \div 0,64; \zeta = 0,06; \varphi = 0,97; \mu_0 = 0,62 \quad (6.21)$$

To'liq amalga oshmagan siqilish. Tirqishdan otilib chiqayotgan oqimchanning bunday siqilishi (6.20) shart bajarilmagan holatlarda ro'y berishi mumkin.

Ta'kidlash kerakki, tirqishlarning shakli va o'lchamlari bir xil bo'lsada, to'liq amalga oshgan siqilish harakatdagi kesim yuzasi ω_c to'liq amalga oshmagan siqilish kesim yuzasi ω'_c dan kichik bo'ladi.

$$\omega_c > \omega'_c \quad (6.22)$$

To'liq amalga oshmagan siqilishda, sarf koeffitsientini quyidagi ifoda asosida hisoblash mumkin (6.3-rasm):

$$\mu_0 \approx \mu'_0 \left(1 + \frac{\tau}{100} \right) \quad (6.23)$$

bunda, μ'_0 – to'liq amalga oshgan siqilishda, sarf koeffitsienti; τ esa $\frac{\omega}{\Omega}$ nisbatga bog'liq kattalik:

$$\tau = f\left(\frac{\omega}{\Omega}\right) \quad (6.24)$$

bo‘lib, Ω – idishning gorizontal kesim yuzasi.

Agar, a) $\omega:\Omega = 0,1$ bo‘lsa, $\tau \approx 1,5$

b) $\omega:\Omega = 0,2$ bo‘lsa, $\tau \approx 3,5$.

To‘liq bo‘lmagan

siqilish. To‘liq bo‘lmagan

siqilish m va n

kattaliklardan biri yoki har

ikkalasi nolga teng

bo‘lgan holatda ro‘y

berishi mumkin (6.4-

rasm). M_1 suyuqlik

zarrachasi I yon devor

bo‘ylab pastga

harakatlanib, o‘z

enertsiyasi hisobiga

tirqishdan chiqib,

yuqoriga harakatlana

boshlaydi. M_2 zarracha esa II devor bo‘ylab harakatlanib, tirqishdan chiqqandan

keyin ham o‘z harakatini davom ettiradi. Bunday siqilishda ω_c kattalik qiymati

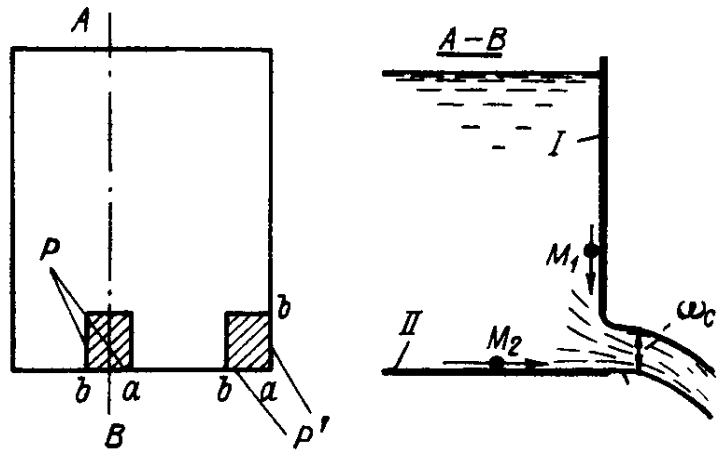
ancha katta bo‘ladi, shuning hisobiga μ_0 sarf koeffitsienti ancha katta bo‘lib,

quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu_0 \approx \mu'_0 \left(1 + 0,4 \frac{P'}{P}\right) \quad (6.25)$$

bunda: R - tirqish perimetri;

R' - tirqishning oqim siqilmagan sohasi perimetri.

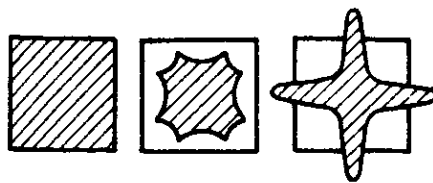


6.4-rasm. To‘liq siqilmagan oqimcha

Xulosalar:

1. Demak, tezlik koeffitsienti qiymati $\varphi \approx 1,0$ bo'lsa, siqilish va sarf koeffitsientlari qiymatlari $0,6 \div 1,0$ oralig'ida bo'ladi.
2. Boshqa hamma sharoitlar bir xil bo'lganda, To'liq bo'lmagan va to'liq amalga oshmagan siqilishdagi oqimcha sarfi (Q), to'liq amalga oshgan siqilishdagi oqimcha sarfidan katta bo'ladi.
3. Sarf koeffitsientining yuqorida keltirilgan kattaliklari oqimning turbulent harakati uchun ta'luqli bo'lib, bunda Reynolds soni yuqori

bo'ladi va Reynolds sonining kichik qiymatlari uchun esa sarf koeffitsienti unga funktsional bog'liqdir.



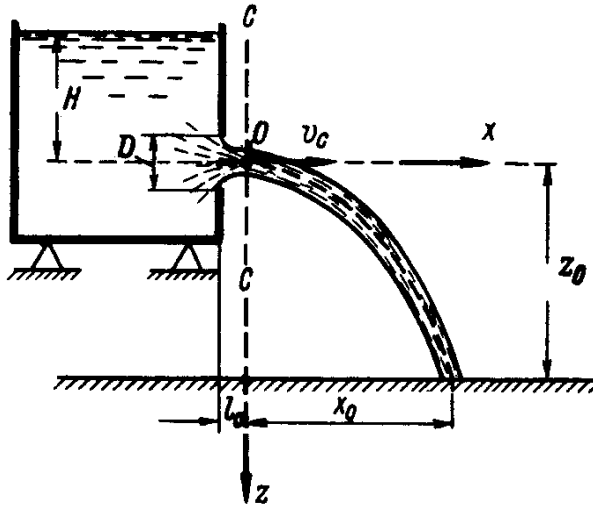
6.5-rasm. Oqimcha kesimi shaklining o'zgarishi

4. Oqimcha harakati davomida kesim bo'yicha o'z shaklini o'zgartiradi. Bunday o'zgarishlar 6.5-rasmda ifodalangan.

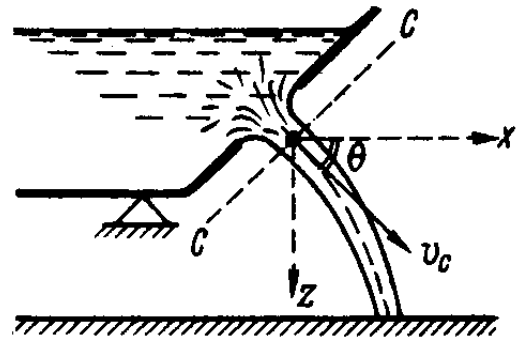
6.3. OQIMCHANING TRAEKTORIYASI

Tik holatda turgan devorda o'rnatilgan tirqishdan o'tilib chiqayotgan oqimcha harakati bilan tanishamiz (6.6-rasm).

Oqimcha traektoriyasi deb, tirqishdan o'tilib chiqib, og'irligi hisobiga erkin pastlashayotgan oqimcha chizig'iga aytiladi. Bu chiziqchanning harakat tenglamasini yozish uchun quyidagicha fikr yuritamiz:



6.6-rasm. Oqimchanning traektoriyasi (tirqish tik devorda bo'lgan holatda)



6.7-rasm. Oqimcha traektoriyasi (tirqish qiya devorda joylashgan holat uchun)

Devordan l_0 masofada joylashgan $S-S$ siqilish ro'y berayotgan kesimni belgilab olamiz. Siqilgan kesim markazida O nuqta belgilab, undan x va z koordinatalarni belgilaymiz. Havo qarshiligini hisobga olmasdan, bu kesimda v_c tezlikka ega bo'lgan zarrachani tanlab olamiz va bu zarracha uchun nazariy mexanika kursidan bizga ma'lum bo'lgan harakat tenglamasini yozamiz:

$$x = v_c t; \quad z = \frac{gt^2}{2} \quad (6.26)$$

bunda, t - vaqt.

Traektoriya tenglamasini quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$z = \frac{gx^2}{2v_c^2} \quad (6.27)$$

bunda

$$v_c = \varphi \sqrt{2gH} \quad (6.28)$$

Bu (6.27) tenglama oqimcha traektoriyasi chizig'ini parabola ko'rinishda bo'lishini ko'rsatadi (6.6-rasm). Unga z_0 qiymatni qo'ysak, oqimchanning uzoqlashish masofasi (x_0) ni topishimiz mumkin. Tirqish idish devoriga qiya

qilib o‘rnatilgan bo‘lsa (6.7-rasm), oqim o‘qi tenglamasi yuqorida berilgan ko‘rinishda bo‘ladi, faqat bunda zarrachaning boshlang‘ich tezligi (v_0) gorizontalga nisbatan θ burchak ostida qiya bo‘ladi.

6.4. KICHIK TIRQISHLARDAN OQIMCHANING SUV SATHI OSTIGA CHIQISHI (tirqishning ko‘milganlik holati)

Bunday qo‘shilgan tirqish 6.8-rasmida ko‘rsatilgan. Bunda Z – idishlardagi sathlar farqi. Endi 1-1 va 3-3 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini energiya yo‘qolishi orqali yozamiz:

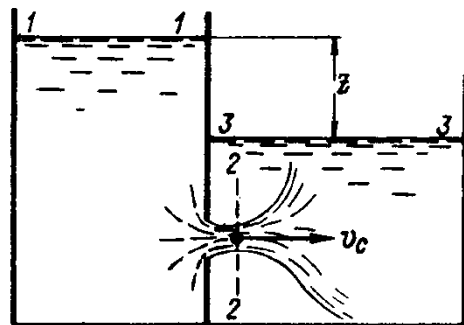
$$h_f = Z = \zeta \frac{v_c^2}{2g} = (\zeta_{1-2} + \zeta_{2-3}) \frac{v_c^2}{2g} = (\zeta_{1-2} + 1) \frac{v_c^2}{2g} \quad (6.29)$$

bunda, ζ – kesimlar orasidagi energiya yo‘qolish koeffitsienti.

Natijada, quyidagi tenglamani olishimiz mumkin:

$$Q = \mu_0 \omega \sqrt{2gZ} \quad (6.30)$$

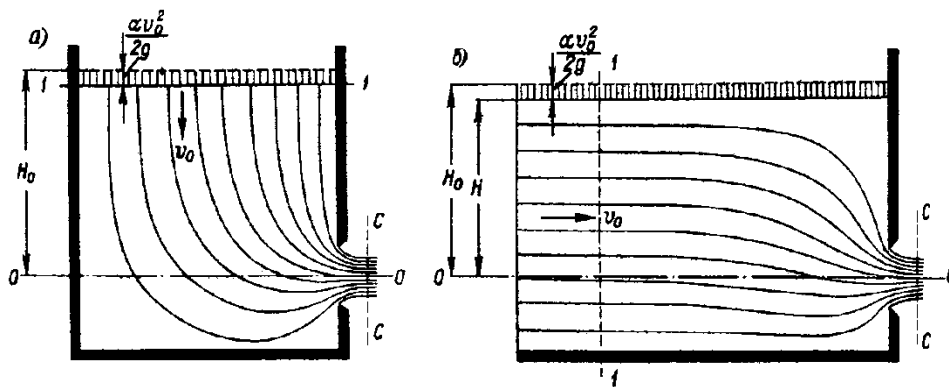
Bu tenglama oqimchaning tirqishdan suv sathi ostiga chiqishini hisoblash tenglamasi deyiladi.



6.8-rasm. Suv ostida joylashgan kichik tirqishdan oqimchaning chiqishi

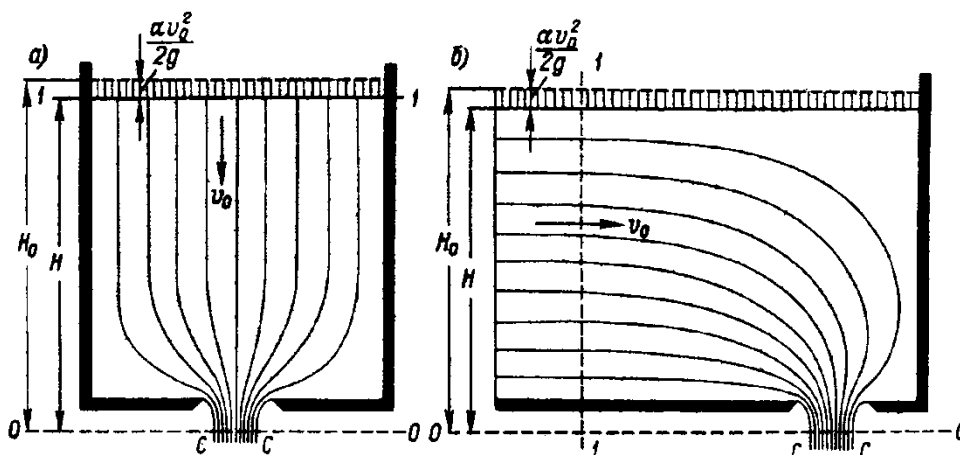
**6.5. SUYUQLIKNING IDISHDAGI HARAKATI.
KICHIK VA KATTA TIRQISHLAR HAQIDA TUSHUNCHALAR.
KATTA TIRQISHLARNING GIDRAVLIK HISOBIGA DOIR
AMALIY KO'RSATMALAR**

Tirqish orqali suyuqlik oqimining otilib chiqishi natijasida, idishda joylashgan butun suyuqlik massasi harakatga keladi. Suyuqlikning idishga kirib kelishi va tezlik kattaligiga qarab, idishda suyuqlik har xil harakatlanishi mumkin.



6.9-rasm. Suyuqlikning idishdagi tezligi

- a) suyuqlik ilgari lanma potentsial harakat qilishi mumkin;
- b) aylanma harakat, ya'ni harakatlanayotgan suyuqlikda aylanma harakatlanayotgan sohalar bo'lishi mumkin.



6.10-rasm. Suyuqlikning idishdagi tezligi

6.9 va 6.10-rasmlarda oqimning ilgari lanma potentsial harakatiga oid harakatidagi harakat chiziqchalari ifodalangan 6.9, *b* va 6.10, *b*-rasmlarda 1-1 kesim tik holatda bo‘lib, yaqinlashishi tezligini v_0 deb belgilab olsak, to‘liq naporni quyidagicha aniqlashimiz mumkin:

$$H_{1_1} = H + \frac{2v_0^2}{2g} = H_0 \text{ (belgi)} \quad (6.31)$$

1-1 va *S-S* kesimlar orasida energiyaning yo‘qolishi φ – tezlik koeffitsienti bilan baholanadi.

Oldingi bilimlarimizga asoslanib aytishimiz mumkinki, 6.9, *a*- va 6.10, *b*-rasmlardagi idishda harakatlanayotgan suyuqliklar uchun tezlik koeffitsienti 6.9, *b*- va 6.10, *a*-rasmlarga nisbatan kichik bo‘lishi kerak, lekin tezlik unda uncha katta emasligi va napor yo‘qolishi asosan tirqish yaqinida ro‘y berganligi uchun koeffitsientning kattaligi deyarli teng deb qabul qilish mumkin.

Agar tirqish kichik bo‘lsa, φ koeffitsient kattaligi oqimning harakatiga bog‘liq emas. Bunday idishlarda harakatlanayotgan oqim sarfini quyidagi ifoda yordamida hisoblash mumkin:

$$Q = \mu_0 \omega \sqrt{2gH_0} \quad (6.32)$$

Agar 1-1 kesimdagi oqimning harakatdagi kesim yuzasi Ω deb belgilasak,

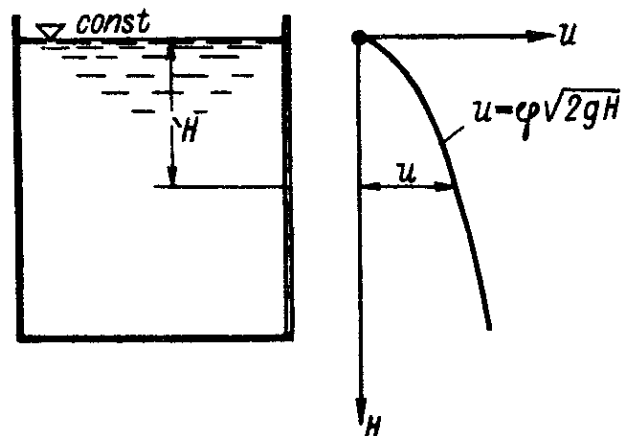
$$\Omega: \omega > 4,0 \quad (6.33)$$

bo‘lganda

$$H_0 = H \quad (6.34)$$

deb qabul qilinishi mumkin.

N – napor; v_s – siqilgan kesimdagi oqimning o‘rtacha tezligi oshishi bilan oshadi, shu sababli $u = f(H)$ grafigi 6.11-rasmdagi ko‘rinishda bo‘lishi tabiiydir. 6.1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, A va V nuqtalarning chuqurligi har xildir. Shu sababli, u_A va u_B tezliklar miqdori har xildir.



6.11-rasm. Suyuqlik oqish tezligining cho‘kish tezligiga bog‘liqlik grafigi

$$u_A = \varphi \sqrt{2gH_A} \neq u_B = \varphi \sqrt{2gH_B} \quad (6.35)$$

bunda, N_A va N_V – A va V nuqtalarning 1-1 kesimga nisbatan chuqurligi.

Agar

$$N' \geq 10D \quad (6.36)$$

bunda, N' – tirqishning yuqori qirradi chuqurligi;

D – tirqish diametri bo‘lsa, u_A va u_B kattaliklari orasidagi farq - 5% dan kichik bo‘ladi.

Endi *kichik va katta tirqishlar* deb ataluvchi tushunchalar bilan tanishamiz. Quyidagi ikki shartni bir vaqtda kanoatlantiruvchi tirqishlar *kichik tirqishlar* deyiladi.

1-shart. v_0 – yaqinlashish tezligi nihoyatda kichik, ya’ni (6.33) tengsizlik o‘rinli;

2-shart. u_A va u_B tezliklar deyarli bir-biriga teng. $u_A \approx u_B$, ya’ni (6.36) tengsizlik o‘rinli bo‘ladi.

Bu ikkala shartni inobatga olib, kichik tirqish quyidagi vaziyatlarda mavjud bo‘ladi:

- a) tirqish tik devorda joylashib, kesimga gorizontal holatda yaqinlashishida (6.9, *a*-rasm), (6.33) va (6.36) shartlar bir vaqtda joylashganda;
- b) tirqish tik devorda joylashgan bo‘lib, 1-1 yaqinlashish kesimi tik holatda bo‘lganda, (6.9, *b*-rasm) (6.36) shart bajarilganda. Bunda (6.33) shart doimo bajariladi;
- c) tirqish gorizontal tubda joylashganda (6.10-rasm). Bunda (6.33) shart bajarilib, (6.36) shart mavjud bo‘lmaydi.

Demak, xulosa qilib aytish mumkinki, kichik tirqishlarda $v_0 = 0$ va $H_0 = H$ shart bajarilar ekan.

Katta tirqish deganda esa yuqoridagi ikki shartga bir vaqtda javob bermaydigan tirqishlar tushuniladi.

Umuman aytganda, bunday tirqishlar uchun ham yuqorida ko‘rilgan ifodalar o‘rinli, lekin sarf koeffitsienti kattaligi har xil bo‘ladi. Buning qiymatini aniqlash uchun ko‘pgina hollarda maxsus tadqiqotlar o‘tkaziladi. Shularning ayrimlari natijalarini keltirishimiz mumkin:

1. Har tomondan oqim siqiladigan tirqishlarda, $\mu_0 = 0,65$;
2. To‘liq siqilmagan oqimlar mavjud tirqishlar uchun, $\mu_0 = 0,70$;
3. Loyqa yotqiziqlarini chiqarishga mo‘ljallanadigan tirqishlar uchun:
 - a) yondan siqilish bo‘lsa, $\mu_0 = 0,65 \div 0,70$;
 - b) yon tomondan siqilish kam bo‘lsa, $\mu_0 = 0,70 \div 0,75$;
 - v) siqilish bo‘lmaganda, $\mu_0 = 0,80 \div 0,85$;

II. SUYUQLIKNING DOIMIY NAPOR TA'SIRIDA NAYCHA ORQALI HARAKATI

6.6. NAYCHALARNING SHAKLLARI. UMUMIY KO'RSATMALAR

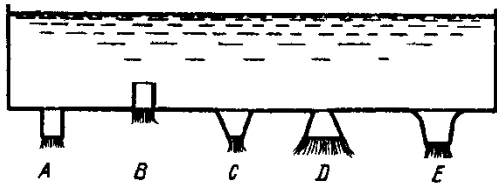
Biz, yuqorida uzun va qisqa quvurlar tushunchalari bilan tanishgan edik. Bunda, biz ta'kidlagan edikki, uzun quvurlarda naporning faqat uzunlik bo'yicha yo'qolishi hisobga olinadi, qisqa quvurlarda esa har ikkala naporning yo'qolishi hisobga olinadi.

Naychanning quyidagi ko'rinishlari mavjud (6.12-rasm):

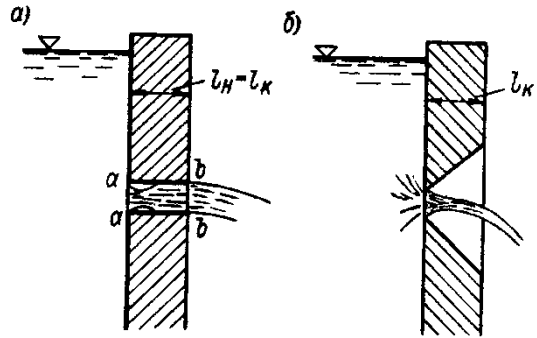
- Tashqi tsilindrsimon naycha – Venturi naychasi (6.12, A-rasm);
- ichki tsilindrsimon naycha – Bord naychasi (6.12, V-rasm);
- Konussimon naychalar: torayuvchi (6.12, S-rasm) va kengayuvchi (6.12, D-rasm);
- Tomonlari tekis egiluvchan naycha (6.12, Ye-rasm).

Endi oqimni qalin devordagi tirqishdan chiqishi bilan tanishamiz (6.13, *a*-rasm). Gidravlika nuqtai nazardan *ab* Venturi naychani ko'rishimiz mumkin.

a-a kesimni «kirish» va *b-b* kesimni «chiqish» kesimlari deb ataymiz. Ular orasidagi masofani l_H deb belgilab, uni «naycha uzunligi» yoki «devorning gidravlik qalinligi» deb belgilab olishimiz mumkin.



6.12-rasm. Tirqish turlari



6.13-rasm. Ingichka (a) va qalin (b) devordagi tirqishlardan suyuqlikning chiqishiga doir

6.13, *b*-rasmdagi amaliy nuqtai nazardan «kirish» va «chiqish» kesimlari o‘zaro ustma ust tushib, $l_H \approx 0$ bo‘ladi. Tuzilishi qalin bo‘lsada, gidravlikada bu devorni yupqa devor deb qabul qilamiz. Bundan tashqari shuni ta’kidlashimiz kerakki, naychalar bilan tanishganimizda kvadrat qarshiliklar sohasiga mos keluvchi oqimning turbulent harakatini ko‘rish bilan chegaralanamiz.

6.7. TASHQI TSILINDRSIMON NAYCHA. (VENTURI NAYCHASI)

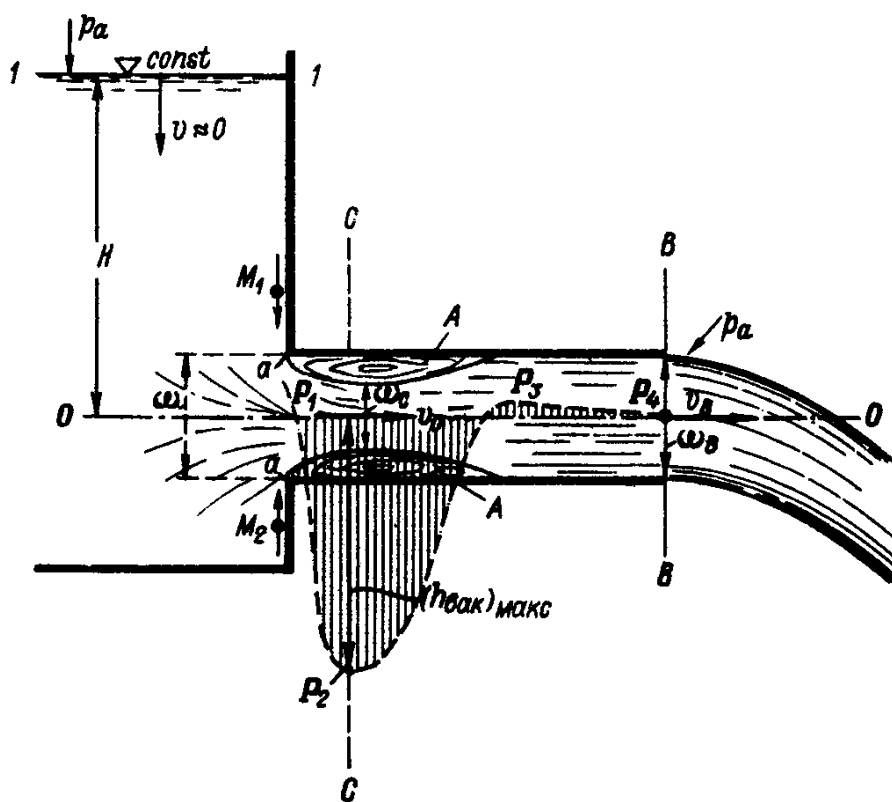
1⁰. Suyuqlikning atmosferaga chiqishidagi harakati (6.14-rasm). Suyuqlik oqimchasi o‘zining og‘irligi hisobiga paydo bo‘ladigan inertsiya kuchi hisobiga, dastlab ω_s kesim kattaligigacha siqiladi, keyin kengayib, butun naychani egalaydi. (6.14-rasmda M zarrachaning harakati fikrimizga dalil bo‘lishi mumkin). Bunda aylanma harakatga ega bo‘lgan A sohani kuzatish mumkin. V-V kesimda suyuqlikka p_a atmosfera bosimining ta’siri bo‘lganligi sababli,

$$\omega_B = \omega \quad (6.37)$$

shart bajariladi, bunda, ω – naycha ulangan tirqishning ko‘ndalang kesimi yuzasi.

Rasmdan ko‘rinib turibdiki, oqim atmosferaga chiqishida uning siqilishi deyarli sezilmaydi.

A aylanma soha va bu soha bilan o‘tayotgan oqimchani ajratib turuvchi sirt uchun naporning mahalliy yo‘qolishining umumiy tavsifi haqida aytilgan barcha fikrlar o‘rinlidir.

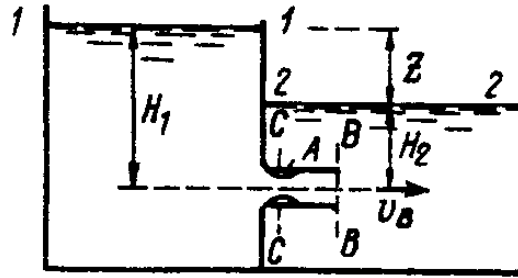


6.14-rasm. Venturi naychasi

Bu soha va soha maydonidan o‘tuvchi oqimcha ham vakuum – bo‘shliqqa ega. Bo‘shliqning eng katta qiymati S-S kesimda mavjud bo‘ladi, shuning

hisobiga tezlik va kinetik energiyasi eng katta qiymatiga ega bo‘ladi.

Bizga ma’lumki, kinetik energiyaning oshishi, potentsial energiyaning kamayishiga olib keladi. Agar V-V kesimda bosim atmosfera bosimiga teng bo‘lsa, S-S kesimda esa siqilish hisobiga tezlikning oshishi sababli, bosimni kamayganligini ko‘ramiz.



6.15-rasm. Venturi naychasidan oqimchanning suv sathiga oqib chiqishi

Yuqoridagi mulohazalarimizga asosan, bu sohada pezometrik chiziq – $P_1P_2P_3P_4$ ko‘rinishida bo‘ladi (6.15-rasm).

2⁰. Oqimning naychadan chiqish tezligi (v_B) va sarf (Q)ni hisoblash ifodalari. Bu ifodalarni olish uchun 6.14 va 6.15-rasmlardagi 1-1 va V-V kesimlar yoki 1-1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozib, 6.1 va 6.4 mavzulardagidek fikr yuritib, quyidagilarni olamiz:

Oqimchanning atmosferaga chiqishi (6.14-rasm).

$$\boxed{v_B = \varphi \sqrt{2gH}} \quad (6.38)$$

bunda, v_B – oqimchanning V-V kesimdagi chiqish tezligi; N – naychanning og‘irlik markazidan idishdagi suyuqlik sathigacha bo‘lgan balandligi; φ – tezlik koeffitsienti bo‘lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$\varphi = \sqrt{\frac{1}{1 + (\zeta_{nai})}} \quad (6.39)$$

bunda, (ζ_{nai}) – qarshilik koeffitsienti.

$$h_{n.ai} = (\zeta_{nai}) \frac{v_B^2}{2g} \quad (6.40)$$

bunda, $h_{n.ai}$ – naychadagi naporning yo‘qolishi.

Sarf quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = \mu_h \omega \sqrt{2gH} \quad (6.41)$$

bunda, μ_h – naychanning sarf koeffitsienti. Naychada siqilish yo‘q deb qabul qilganimiz sababli:

$$\mu_h = \varepsilon_B \varphi = \varphi \quad (6.42)$$

shuning uchun

$$\varepsilon_B = \frac{\omega_B}{\omega} = 1,0 \quad (6.43)$$

deb qabul qilishimiz mumkin.

Oqimchanning suv sathi ostiga chiqishi (6.15-rasm). Bunday holda (6.38) va (6.41) ifodalar o‘rniga quyidagilarni yozishimiz mumkin:

$$v_B = \varphi \sqrt{2gZ} \quad (6.44)$$

$$Q = \mu_h \omega \sqrt{2gZ} \quad (6.45)$$

bunda, Z – sathlar orasidagi farq; φ – tezlik koeffitsienti bo‘lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$\varphi = \sqrt{\frac{1}{(\zeta_{\text{най}})_{\text{к.о}}}} = \sqrt{\frac{1}{\zeta_{\text{най}} + 1}} \quad (6.46)$$

bunda, μ_h - sarf koeffitsienti bo‘lib, $\mu_h = \varphi$ deb qabul qilishimiz mumkin.

3⁰. ε , ζ , φ , μ_h koeffitsientlar kattaliklari. V-V kesimda $\varepsilon_B=1,0$ deb qabul qilishimiz mumkin. S-S kesimda ε_C – siqilish koeffitsienti eng katta qiymatga ega bo‘lib, (6.2-mavzuga qarang) quyidagiga teng:

$$\varepsilon_C = (0,63 \div 0,64) \quad (6.47)$$

Naychadan oqimchanning atmosferaga chiqish koeffitsienti esa quvurga kirish koeffitsientiga teng deb qabul qilinadi, ya’ni:

$$\zeta_{\text{най}} = \zeta_{\text{куп}} = 0,5 \quad (6.48)$$

Sath ostiga chiqishda esa (6.15-rasm)

$$(\zeta_{\text{най}})_{\text{к.о}} = \zeta_{\text{куп}} + \zeta_{\text{чик}} = 0,5 + 1,0 = 1,5 \quad (6.49)$$

φ – sarf va tezlik koeffitsientlari har ikkala holat uchun tengdir.

$$\varphi = \mu_H = \sqrt{\frac{1}{1 + \zeta_{\text{na}\ddot{u}}}} = \sqrt{\frac{1}{(\zeta_{\text{na}\ddot{u}})_{\text{K.O}}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,5}} = 0,82 \quad (6.50)$$

4^o. Suyuqlikning ingichka devordagi tirqishdan va Venturi naychasidan chiqishini taqqoslash. Buning uchun ikkala holatda sarf va tezlikni taqqoslaymiz. Venturi naychasidan (atmosfera) chiqishi):

$$Q_{\text{na}\ddot{u}} = 0,82\omega\sqrt{2gH}; (\nu_B)_{\text{na}\ddot{u}} = 0,82\sqrt{2gH} \quad (6.51)$$

Ingichka devordagi tirqishdan (atmosfera) chiqishi:

$$Q_T = 0,62\omega\sqrt{2gH}; (\nu_C)_T = 0,97\sqrt{2gH} \quad (6.52)$$

Demak,

$$\frac{Q_{\text{na}\ddot{u}}}{Q_T} = \frac{0,82}{0,62} \approx 1,34 \quad (6.53)$$

$$\frac{(\nu_B)_{\text{na}\ddot{u}}}{(\nu_C)_T} = \frac{0,82}{0,97} \approx 0,85 \quad (6.54)$$

Naychanning ancha effektivligi ko‘rinib turibdi. Sarf 34% oshib, tezlik 15% kamaymoqda. Bunda sarfning oshishini kesimning chiqishda kengayishi va o‘z navbatida tezlikni kamayishi bilan tushuntirish mumkin.

5^o. S-S kesimdagi vakuum kattaligi. Ikkiholatni ko‘ramiz.

1. *Oqimning atmosfera chiqishi.* Bu kattalikni aniqlash uchun og‘irlik markazidan o‘tuvchi 00 tekislikka nisbatan S-S va V-V kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz. (6.14-rasm).

$$\frac{p_C}{\gamma} + \frac{\nu_C^2}{2g} = \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\nu_B^2}{2g} + h_{j_{C-B}} \quad (6.55)$$

bunda, p_C va ν_C kattaliklar S-S kesimga ta’luqlidir.

$$h_{j_{C-B}} = \zeta_{C-B} \frac{v_B^2}{2g} \quad (6.56)$$

$$v_C = \frac{v_B}{\varepsilon_C} \quad (6.57)$$

(6.56) va (6.57) ifodalarni (6.55) ifodaga qo'yamiz.

$$\frac{v_B^2}{\varepsilon_C^2 2g} - \frac{v_B^2}{2g} - \zeta_{C-B} \frac{v_B^2}{2g} = \frac{p_a}{\gamma} - \frac{p_C}{\gamma} = (h_{\text{вак}})_{\text{макс}} \quad (6.58)$$

yoki

$$(h_{\text{вак}})_{\text{макс}} = \left(\frac{1}{\varepsilon_C^2} - \varepsilon_{C-B} - 1 \right) \frac{v_B^2}{2g} \quad (6.59)$$

bunda, $(h_{\text{вак}})_{\text{макс}}$ – S-S kesimdagi vakuum kattalik.

Bunda (6.59) ifodani (6.38) ga qo'yib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$(h_{\text{вак}})_{\text{макс}} = kN \quad (6.60)$$

bunda,

$$k = \varphi^2 \left(\frac{1}{\varepsilon_C^2} - \zeta_{C-B} - 1 \right) \quad (6.61)$$

Agar (6.61) ifodaga φ , ε_C va ζ_{C-B} koeffitsientlarning son qiymatlarini qo'ysak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$k = 0,82^2 \left(\frac{1}{0,63} - 0,35 - 1 \right) = 0,77 \quad (6.62)$$

Demak,

$$\boxed{(h_{\text{вак}})_{\text{макс}} = (0,75 \div 0,80)H} \quad (6.63)$$

Sath ostiga oqish. 6.15-rasmdagi S-S va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tengamasini yozib, yuqoridagidek fikr yuritsak, quyidagiga ega bo'lamiz:

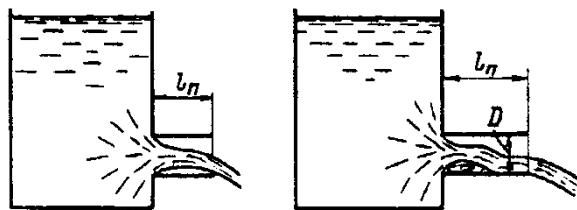
$$\boxed{(h_{\text{вак}})_{\text{макс}} = (0,75 \div 0,80)Z - H_2} \quad (6.64)$$

bunda, Z va N_2 kattaliklar rasmda ko'rsatilgan.

Agar N_2 katta qiymatga ega bo'lsa, ifodada $(h_{\text{бак}})_{\text{макс}}$ manfiy qiymatga ega bo'ladi, demak vakuum bo'lmaydi.

6⁰. Silindrsimon qisqa quvurning Venturi naychasidek ishlashi uchun mavjud bo'lishi kerak bo'lgan asosiy shartlar.

Hamma qisqa quvurlar ham Venturi naychasidek ishlashi mumkin emas. Masalan 6.16-rasmdagi vaziyatlar ham bo'lishi mumkin.



6.16-rasm. Venturi naychasida vakuumning hosil bo'lishi (quvur uzunligi qisqa bo'lganda)

Qisqa quvurning naychadek ishlashi uchun quyidagi ikkita shart bajarilishi kerak.

1-shart. Quvurchaning uzunligi l_n quyidagicha bo'lishi kerak:

$$(3,5 \div 4,0)D \leq l_n \leq (6 \div 7)D \quad (6.65)$$

bunda, D – quvurcha diametri.

Agar $l_n < (3,5 \div 4,0)D$ bo'lsa, 6.16-rasmdagi vaziyat yuzaga keladi. quvurcha uzunligi qisqa bo'lganligi sababli oqimcha harakatlanib kengayishga ulgurmaydi;

Agar $l_n > (6 \div 7)D$ bo'lsa, bunda «qisqa quvur» paydo bo'lib, bunda naporning uzunlik bo'yicha yo'qolishini hisobga olishga to'g'ri keladi.

2-shart. Maksimal vakuumda quyidagi shart bajarilishi kerak:

a) atmosferaga chiqishda (6.14-rasm):

$$(h_{\text{бак}})_{\text{макс}} \leq (h_{\text{бак}})_{\text{чез}} \quad (6.66)$$

b) sath ostiga chiqishda (6.15-rasm):

$$(h_{\text{бак}})_{\text{макс}} \leq (h_{\text{бак}})_{\text{чез}} - H_2 \quad (6.67)$$

bunda $(h_{\text{бак}})_{\text{чез}} \approx 8$ m. suv ustuniga tengdir.

6.8. ICHKI TSILINDRSIMON NAYCHA (BORD NAYCHASI)

Bord naychasidan oqimchanning atmosferaga chiqishi bilan tanishamiz (6.17-rasm).

Naycha uzunligini $(3,5\div 4)D$ dan kichik emas deb qabul qilib, ε_S siqilish koeffitsientini quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$\varepsilon_C = \frac{\omega_C}{\omega} = 0,5 \quad (6.68)$$

Bord naychasidan ko‘rinib turibdiki, $S-S$ kesimdagi tezlik va vakuum Venturi naychasiga nisbatan katta qiymatga ega. Qarshilik koeffitsienti esa quyidagiga teng.

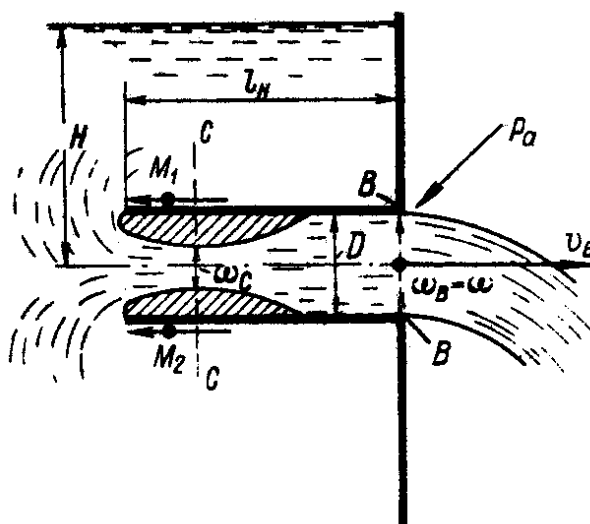
$$\zeta_{nai} = 1,0 \quad (6.69)$$

Boshqa koeffitsientlar esa quyidagicha qabul qilinadi:

$$\varphi = \sqrt{\frac{1}{1 + \zeta_{nai}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 1}} = 0,71 \quad (6.70)$$

$$\mu_H = \varphi = 0,71; \quad \varepsilon_B = 1,0 \quad (6.71)$$

Hisoblash ifodalari Venturi naychasidek bo‘ladi.

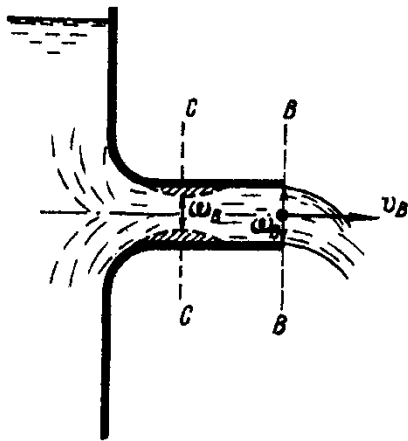


6.17-rasm. Bord naychasi

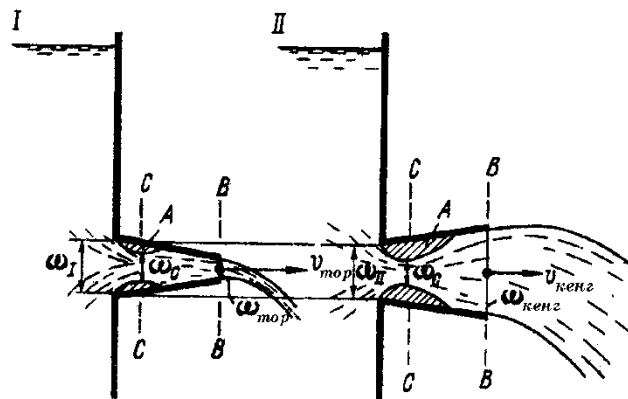
6.9. NAYCHALARNING BOSHQA SHAKLLARI

Naychalarning boshqa shakllari bilan tanishishda faqat oqimchaning atmosferaga chiqish holati bilan tanishamiz.

Kirish qismi aylanma bo'lgan naychalar. Agar kirish qismi aylanma bo'lsa (6.18-rasm), siqilish kamayib, ω_S kattalashadi. Bunda S-S kesimdan V-V kesimgacha oqimchaning kengayish darajasi kamayib, v_B tezlik oshadi. Kirishni bunday shaklga keltirish yo'li bilan sarf koeffitsientining $\mu_n = 0,95$ bo'lishiga erishish mumkin.



6.18-rasm. Kirish qismi aylanma bo'lgan naycha



6.19-rasm. Konussimon naychalar

Konussimon torayuvchi va kengayuvchi naychalar. 6.19-rasmda ko'rsatilgan bunday naychalarda quyidagi munosabat bo'lishi mumkin:

$$(h_f)_{top} < (h_f)_u < (h_f)_{keng} \quad (6.72)$$

Shunga mos ravishda:

$$v_{top} > v_u > v_{keng} \quad (6.73)$$

$$\varphi_{top} > \varphi_u > \varphi_{keng} \quad (6.74)$$

$$\omega_{top} < \omega_u < \omega_{keng} \quad (6.75)$$

munosabatlarni yozish mumkin.

Bunda «tor», «ts», «keng» indekslar torayuvchi, tsilindrsimon, kengayuvchi naychalarning parametrlari. Kuzatishlar natijasi ko'rsatganki,

$$Q_{\text{top}} < Q_{\text{ц}} < Q_{\text{кенг}} \quad (6.76)$$

III. SUYUQLIKNING O‘ZGARUVCHAN NAPOR OSTIDA TIRQISH VA NAYCHADAN CHIQISHI

6.10. OQIMCHANING ATMOSFERAGA YOKI DOIMIY SATHGA OQIB CHIQISHI

6.20-rasmdagi suyuqlik bilan to‘ldirilgan idishni ko‘rib chiqamiz. quyidagi belgilashlarni kiritamiz:

Ω – idishning gorizontal kesimi yuzasi:

$$\Omega = f_1(H) \quad (6.77)$$

bunda, Q – chiqayotgan sarf:

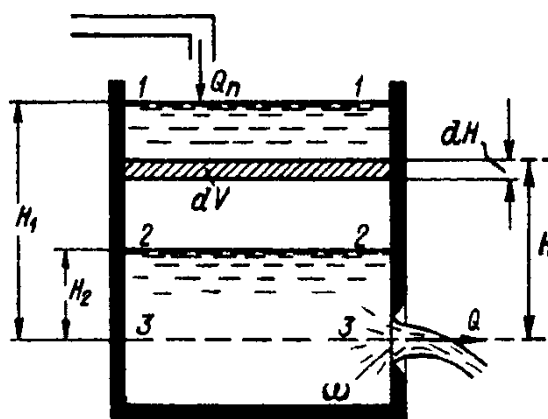
$$Q = \mu_0 \omega \sqrt{2gH} = f_2(H) \quad (6.78)$$

Q_p – idishga kirayotgan oqim sarfi vaqt davomida o‘zgaradi deb qabul qilamiz.

$$Q_n = f(t) \quad (6.79)$$

bunda, $Q_p = \text{const}$ bo‘lgan xususiy hol bilan tanishamiz.

Agar $Q_p > Q$ bo‘lsa, idish to‘la boshlaydi va suyuqlik sathi toki $Q_p = Q$ shart bajarilgunga qadar ko‘tariladi. Aks holda, $Q_p < Q$ bo‘lsa, sath tushib, $Q_p = Q$ holat bo‘lguncha pasayadi.



6.20-rasm. Suyuqlikning o‘zgaruvchan napor ostida oqib chiqishi

Biz, $Q_p < Q$ holatni ko‘rib, shunday t vaqtni tanlaymizki, bu vaqt oralig‘ida suyuqlik sathi 1-1 kesim vaziyatidan 2-2 kesim vaziyatigacha tushadi. Bu masalani hal qilishda quyidagicha fikr yuritamiz.

Qisqa oniy dt vaqtda idishdan quyidagi hajmdagi suyuqlik oqib chiqadi:

$$Qdt = \mu_0 \omega \sqrt{2gH} dt \quad (6.80)$$

Xuddishu dt vaqtda idishga quyidagi hajmda suyuqlik tushadi:

$$Q_n dt \quad (6.81)$$

Idishdagi hajmning o'zgarishini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$dV = Q_n dt - \mu_0 \omega \sqrt{2gH} dt \quad (6.82)$$

yoki

$$dV = \Omega dH \quad (6.83)$$

(6.82) va (6.83) ifodalarning o'ng tomonlarini o'zaro tenglab, quyidagi differentsial tenglamani yozamiz:

$$Q_n dt - \mu_0 \omega \sqrt{2gH} dt = \Omega dH \quad (6.84)$$

bundan

$$dt = \frac{\Omega}{Q_n - \mu_0 \omega \sqrt{2gH}} dH \quad (6.85)$$

(6.85) tenglamani N_1 va N_2 bo'yicha integrallasak,

$$t = \int_{H_1}^{H_2} \frac{\Omega}{Q_n - \mu_0 \omega \sqrt{2gH}} dH = \int_{H_2}^{H_1} \frac{\Omega}{\mu_0 \omega \sqrt{2gH} - Q_n} dH \quad (6.86)$$

Umuman, $\Omega \neq \text{const}$, ya'ni idish notsilindrik bo'lgan umumiy holda, t vaqt kattaligi oxirgi farq usulida hisoblanishi mumkin (keyinroq bu usul haqida batafsil to'xtalamiz).

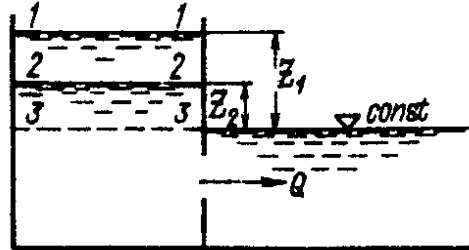
$Q_n = Q$ va $\Omega = \text{const}$ bo'lgan holda (6.86) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$t = \frac{\Omega}{\mu_0 \omega \sqrt{2g}} \int_{H_2}^{H_1} \frac{dH}{\sqrt{H}} = 2 \frac{\Omega}{\mu_0 \omega \sqrt{2g}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}) \quad (6.87)$$

Bu xususiy holda ($Q_n = 0$ va $\Omega = \text{const}$) idishning 3-3 sathigacha bo'sh shi quyidagicha aniqlanadi:

$$t_0 = \frac{2\Omega\sqrt{H_1}}{\mu_0\omega\sqrt{2g}} = \frac{2\Omega H_1}{\mu_0\omega\sqrt{2gH_1}} = 2\frac{\Omega H_1}{Q_1} = 2t' \quad (6.88)$$

bunda, Q_1 – suyuqlikning sathi H_1 bo‘lgandagi sarf; t' – doimo Q_1 sarf chiqib turgandagi holatda idishning to‘liq bo‘shashi uchun ketadigan vaqt (haqiqatda esa Q sarf Q_1 dan 0 gacha o‘zgaradi).



6.21-rasm. Oqimchaning doimiy sathli suyuqlikka oqib chiqishi

Oqimcha doimiy sathli suyuqlikka chiqqanda (6.21-rasm) xuddi yuqoridagidek hisoblash ifodalari olinadi. Faqat N o‘rnida sathlar farqi Z kattaligi mavjud bo‘ladi.

6.11. IDISHDAGI DOIMIY NAPOR TA’SIRIDA SUYUQLIK SATHINING O‘ZGARUVCHAN SUYUQLIK SATHIGA OQIB CHIQISHI

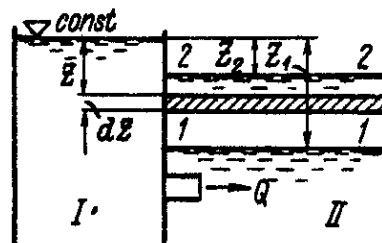
Agar idishni bo‘shashini emas, balki to‘lish jarayonini ko‘rib chiqib, yuqoridagi kabi fikr yuritsak, quyidagi hisoblash ifodasini olamiz:

$$t = \frac{2\Omega}{\mu_H\omega\sqrt{2g}} (\sqrt{Z_1} - \sqrt{Z_2}) \quad (6.89)$$

bunda, Ω – to‘ldirilayotgan idishning gorizonta kesim yuzasi bo‘lib, $\Omega = const$ – o‘zgarmasdir. Z_1 va Z_2 6.22-rasmda ko‘rsatilgan geometrik kattaliklar.

Bundan tashqari, quyidagilarni ta’kidlash lozim deb hisoblaymiz.

1. Oqimcha bir idishdan ikkinchi idishga chiqayotganda har ikkalasida ham sath o‘zgaruvchan bo‘lishi mumkin. Bunday masalalar ham yuqoridagidek hisoblanadi, lekin hisoblash ifodalari ancha murakkab



6.22-rasm. Suyuqlikning o‘zgaruvchan sathga oqib chiqishi

bo‘ladi.

2. Yuqoridagi masalalar bilan amaliyotda

suv omborlarini to‘ldirish va bo‘shatishda hamda suv yo‘llari shlyuzlarini boshqarishda ko‘rishimiz mumkin. Suv omborlarida $\Omega \neq const$ bo‘lganligi uchun masala ancha murrakkablashadi.

3. Turli suv hajmlarini yig‘adigan va tarqatadigan gidrotexnik inshootlarda, asosan, beqaror harakat mavjud bo‘ladi. Lekin, biz yuqoridagi hisoblash ifodalarini keltirib chiqarishda oddiy Bernulli tenglamasidan foydalandik. Bunday chegaralanish ko‘pgina hollarda mumkin, chunki harakat sekin o‘zgaruvchan bo‘ladi. Lekin ayrim amaliy hisoblarda, notekis harakatni paydo bo‘lishida asosiy rol o‘ynovchi lokal inertsiya kuchlarini hisobga olishga to‘g‘ri keladi.

IV. ERKIN OQIMCHALAR

6.12. ERKIN OQIMCHALAR HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

Suyuqlikning erkin oqimchalari deb, qattiq devorlar bilan chegaralanmagan oqimga aytiladi. Erkin oqimchalar ko'milgan va ko'milmagan bo'ladi. *Ko'milgan erkin oqimchalar* deb, suyuqlik bilan o'ralgan yoki uning ichida harakatlanayotgan oqimchalarga aytiladi. Ko'milgan erkin oqimchalarga suv omborlarida loyqa yotqiziqlarni yuvishda ishlatiladigan oqimchalarni aytish mumkin. *Ko'milmagan erkin oqimchalar* deb, havo bilan chegaralangan holda harakatlanayotgan oqimchalarga aytiladi. Masalan, fontan oqimchalari, yomg'ir qurilmalari oqimchalari, gidromonitorlar va xokazo.

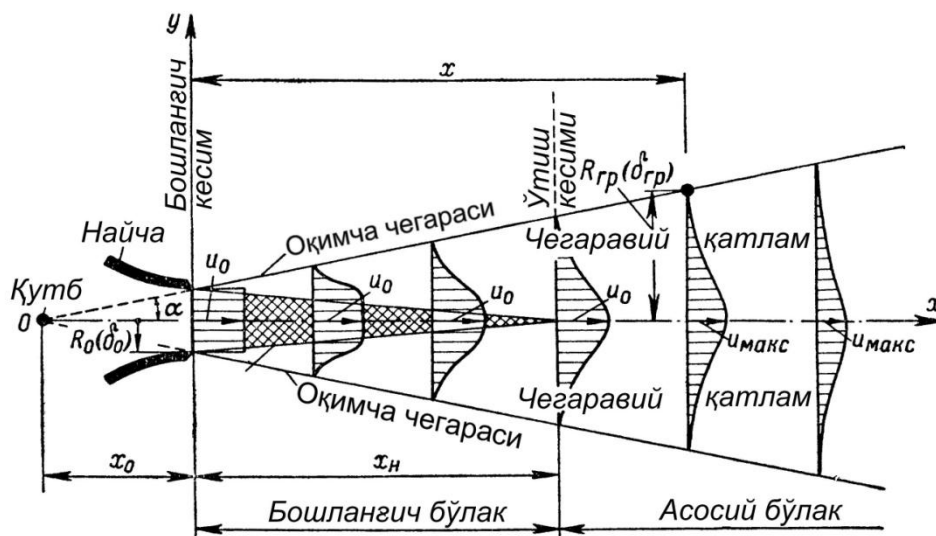
Erkin oqimchalar laminar va turbulent tartibda bo'lishi mumkin. Amaliyotda ko'pincha turbulent oqimchalarni uchratishimiz mumkin. Turbulent oqimchalarning harakati yetarli darajada nazariy o'rganilgan bo'lib, biz bu qismda ko'p to'xtalmasdan umumiy ma'lumotlar va asosiy hisoblash uchun kerakli ifodalarni keltirishni yetarli deb hisobladik.

6.13. KO'MILGAN ERKIN TURBULENT OQIMCHA

Oqimcha – uni o'rab turadigan suyuqlik massasiga kirishi bilan kengaya boshlaydi va ma'lum masofada yoyilib ketadi. (6.23-rasm). Bunday oqimcha bilan tanisha borib, avvalambor uning o'rab turgan suyuqlik bilan chegarasiga aniqlik kiritishimiz kerak.

Bu chegaradagi jarayonlarni o‘rganishimizda 4.7 va 4.14-mavzularda tanishgan jarayonlarni hisobga olishimiz kerak. Chegara tekisligiga nisbatan ko‘ndalang tezliklar mavjudligi sababli, oqimcha va suyuqlik orasida massalar almashinuvi amalga oshib turadi.

Endi, ko‘milgan erkin oqimcha strukturasi tasvirlashga harakat qilamiz. Oqimcha harakatining boshlanishi, naychani chiqish qismidagi harakatga o‘xshaydi. Bu oqimchani boshlang‘ich kesimi deyiladi. Bu kesimdan o‘tish kesimi deb ataluvchi kesimlarga oqimchani doimiy tezlik yadrosi deb ataluvchi qismi bo‘ladi. Bu yadroning deyarli hamma nuqtasida tezlik bir xil u_0 bo‘ladi. Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, yadro yon tomonlari rasmdagidek to‘g‘ri chiziq bilan chegaralanib turadi. Bu to‘g‘ri chiziqdan keyin oqimcha tezliklarida o‘zgarish ro‘y beradi.



6.23-rasm. Ko‘milgan erkin turbulent oqimcha

O‘tish bo‘lagidan keyin tezlik keskin kamayib, suyuqlikka aralasha boshlaydi. Boshlang‘ich kesimdan o‘tish kesimgacha bo‘lgan bo‘lak boshlang‘ich bo‘lak deb ataladi. Keyin asosiy bo‘lak deb ataluvchi bo‘lak boshlanadi.

Kuzatishlar natijasida olingan oʻrtacha tezliklar tarqalishini koʻrsatuvchi epyuralar 6.23-rasmda keltirilgan.

Suv oqimchasining harakat oʻqi boʻylab zich qismdagi tezligi (u_l) qoʻyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$u_l = \varphi \frac{u_0 d_0}{l} \quad (6.89)$$

bunda u_0 va d_0 oqimchanning naychadan chiqishdagi – boshlangʻich kesimdagi tezligi va diametri; l – boshlangʻich kesimdan olingan masofa uzunligi, φ tajribaviy oʻzgarmas kattalik. G.N.Abramovich tomonidan bu kattalikni quyidagi empirik formula yordamida aniqlash mumkinligi tadqiqotlar natijasida xulosa qilingan:

$$\varphi = \frac{0,48}{(0,07 \div 0,08) + 0,145 \frac{d_0}{l}} \quad (6.90)$$

Albatta, eʼtirof etish kerakki, tadqiqotchining tajribalarida oqimchanning havoga otilib chiqayotgan holati oʻrganilgan.

Professor V.M.Konovalov tomonidan esa suv oqimchasining tugash qismi keskin torayuvchi naycha (sopla)dan nisbiy tinch holatdagi suv hajmiga otilib chiqishi oʻrganilgan. Bu oqimchaga yon atrofdagi suvdan qoʻshilishini inobatga olib, V.M.Konovalov oqimcha uchun oʻzgaruvchan massali suyuqlikning harakati tenglamasini qoʻllagan. Oqimchada bosimni oʻzgarmas deb qabul qilib, ishqalanish kuchlarini inobatga olmasdan, birlik vaqtdagi harakat miqdori oqimchanning barcha kesimlarida oʻzgarмай qoladi degan xulosaga kelgan. Shundan soʻng qarshilik ishqalanish kuchlari inobatga olingan, dinamik muvozanat va oʻzgarmas harakat miqdori tenglamalarini tuzib, naychadan maʼlum l masofadagi oʻrtacha tezligi (v_l)ni hisoblash formulasini quyidagi koʻrinishini olgan:

$$v_l = \frac{m}{1 + m \frac{d_0}{l}} \frac{v_0 d_0}{l} \quad (6.91)$$

bunda, v_0 – boshlang‘ich tezlik; m – tajriba yo‘li bilan aniqlanadigan doimiy bo‘lib, Konavalov tajribalari natijasiga asosan $m=2,90$;

$$\varphi = \frac{m}{1 + m \frac{d_0}{l}}. \quad (6.92)$$

Agar $m=2,90$ ekanligini hisobga olsak,

$$\varphi = \frac{2,90}{1 + 2,90 \frac{d_0}{l}} = \frac{0,145}{0,05 + 0,145 \frac{d_0}{l}} \quad (6.92)$$

Yuqoridagi formulalardan ko‘rinib turibdiki, ko‘milgan oqimchalar uchun u havoga chiqqan yoki suvga chiqqan holatlarda formulalar deyarli bir xil bo‘lib faqat doimiylar son qiymati turlicha bo‘lishi mumkin.

O‘rganilayotgan oqimchalarning quyidagi asosiy kattaliklarini ta’kidlash mumkin: x_0 – oqimchaga yo‘nalish beradigan masofa; x_H – boshlang‘ich bo‘lak uzunligi; δ_{gr} – oqimcha yadrosini chegaralovchi chiziq qiyalanish burchagining yarmi; R_{gr} – berilgan x masofadagi radius yoki δ_{gr} – yarim balandlik, $R_{zp} = \delta_{zp}$; u_{max} – harakat o‘qi bo‘yicha asosiy bo‘lakdagi tezlik.

Bu kattaliklarni dumaloq va yassi oqimchalar uchun G.N.Abramovich ifodalariga asosan aniqlash mumkin. Uning tadqiqot natijalariga asosan ma’lum masofadagi oqimcha diametri quyidagi formula yordamida aniqlanishi mumkin:

$$d = 0,475l + d_0$$

Shu masofadagi oqimchanning kinetik energiyasini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$E_{кин.} = E'_{кин} \frac{0,295}{0,07 \frac{l}{d} + 0,145}$$

bunda, $E'_{kin} = \frac{\gamma}{g} Q \frac{v_0^2}{2}$ – oqimchanning boshlang'ich kesimidagi kinetik energiyasi.

Erkin oqimcha parametrlarini aniqlashga doir formulalar

6.1-jadval

№	Erkin oqimcha parametrlari	Doirasimon oqimcha	Yassi oqimcha
1.	Yo'naltiruvchi masofa	$x_0 = \frac{0,29}{a} R_0$	$x_0 = \frac{0,41}{a} \delta_0$
2.	Boshlang'ich bo'lak uzunligi	$x_0 = \frac{0,67}{a} R_0$	$x_0 = \frac{1,03}{a} \delta_0$
3.	Oqimchani kengayish burchagi yarmining tangensi	$tg \alpha = 3,4a$	$tg \alpha = 2,4a$
4.	Boshlang'ich kesimdan ixtiyoriy x masofadagi oqimcha balandligining yarmi	$R_{zp} = \left(3,4 \frac{ax}{R_0} + 1 \right) R_0$	$\delta_{zp} = \left(2,4 \frac{ax}{\delta_0} + 1 \right) \delta_0$
5.	Oqimchanning o'q bo'yicha bo'lagidagi tezligi	$u_{max} = \frac{0,96}{\frac{ax}{R_0} + 0,29} u_0$	$u_{max} = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{ax}{\delta_0} + 0,41}} u_0$
6.	Struktura koeffitsientlari	$a \approx 0,08$	$a \approx 0,09 \div 0,12$

bunda, R_0 – naycha radiusi; δ_0 – to'g'ri turburchak tirqishi balandligining yarmi; u_0 – tirqishdan oqimchanning chiqish tezligi; a – struktura koeffitsienti bo'lib, tajribalar orqali aniqlanadi.

6.14. KO'MILMAGAN ERKIN TURBULENT OQIMCHALAR

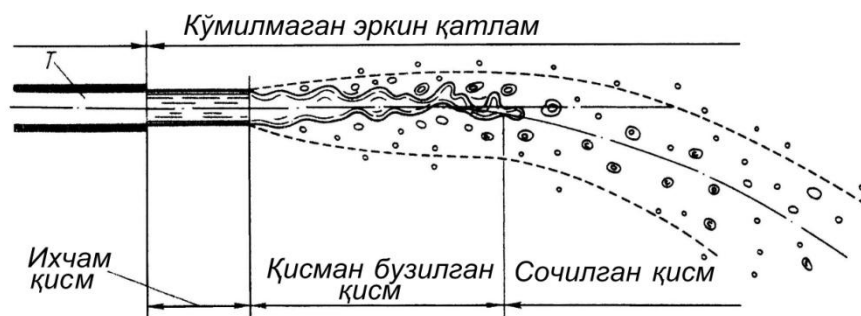
Bunda, biz, havoga otilib chiqayotgan kesimi dumaloq shakldagi oqimcha bilan tanishamiz. Tadqiqotlar natijasi shuni ko'rsatadiki, bu oqimchani uch qismga bo'lish mumkin: zich, siyrak, va yoyilgan (6.24-rasm).

Zich qismida oqimchanning tsilindsimon shakli va harakatning uzluksizligi saqlanib qoladi;

Siyraklashgan qismida – oqimchanning yaxlitligi buzilib, u kengaya boshlaydi;

Yoyilgan qismida esa oqimcha yo'qolib, tomchilarga bo'linib ketadi.

Oxirgi ikki qismda oqimning siyraklashib yo'qolishini aeratsiya xodisasi orqali tushuntirish mumkin. Bu suyuqlikning havo bilan aralashib ketishi bo'lib, buning natijasida oqimcha chegarasida havo va suv massalari o'zaro almashib, bu jarayon kuchaya boradi.



6.24-rasm. Ko'milmagan erkin oqimcha sxemasi

Umuman amaliyotda bu oqimchalarga turlicha talablar qo'yilib, shunga qarab o'rganiladi.

S.P.Kazakov va M.A.Markinlar tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlar yomg'irsimon oqimchalar naychadan chiqqanda va uchish traektoriyasi bo'ylab to'liqsimon-tebranma xarakterda bo'lishligini ko'rsatgan.

Zich qismda oqimchanning yaxlitligi saqlanib, tsilindrik yoki unga o'xshash shaklda bo'lishligi aniqlangan. Siyrak qismda yaxlitlik buzilib, katta-

katta bo'laklarga bo'linadi va kengaya boshlaydi. Yoyilgan qism esa yoyilayotgan mayda mayda tomchilarga aylangan bo'ladi.

Suyuqlikning oqimcha tarkibida to'liqsimon-tebranma turbulent harakati natijasida paydo bo'ladigan havoning qarshilik va ichki kuchlari va og'irlik kuchlari tasirida uning tarqalib ketish jarayoni amalga oshadi. Tarqalishning ma'lum bosqichida uning tomchilarga tarqalishida sirt taranglik kuchining ta'sirini ham e'tirof etishimiz mumkin. Bu holatni texnikada qo'llanilishiga qarab, uning amalga oshishiga ma'lum talablar mavjud bo'lishi mumkin.

Masalan, gruntlarga gidravlik usulda ishlov berish uchun zich qism quchaytirilgan bo'lishi kerak (gidromonitor oqimcha). Yomg'irlarni o'chirishda ta'sir radiusi katta va kuchli uriladigan oqimcha bo'lishi talab etiladi. Yomg'irli tomchilatib sug'orishda esa zich va siyrak qismi kam bo'lgan yoyilgan oqimchaga ehtiyoj bo'ladi.

Zich qismi kuchaygan oqimchaga erishish uchun oqimchanning burama harakatini yo'qotib, oqimchanning turbulentligini kamaytirishga erishish kerak. Buning uchun naychanning chiqish qismiga turli rostlagichlar qo'yilishi amaliyotda qo'llaniladi.

Zich qismni yo'qotish uchun naychanning chiqish qismiga turli konstruktsiyali sochgichlar o'rnatilishi mumkin.

N.P.Gавырин tomonidan gidromonitor oqimchalar harakati o'rganilib, oqimchanning boshlang'ich tezligi u_0 – uning ma'lum uzunligida o'zgarmasdan qolishligi aniqlangan. Bu masofa *boshlang'ich masofa* deb atalgan.

Uning fikriga asosan suv oqimchasining harakat o'qi bo'ylab zich qismdagi tezligi (u_l) quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$u_l = \frac{145u_0d_0}{l}$$

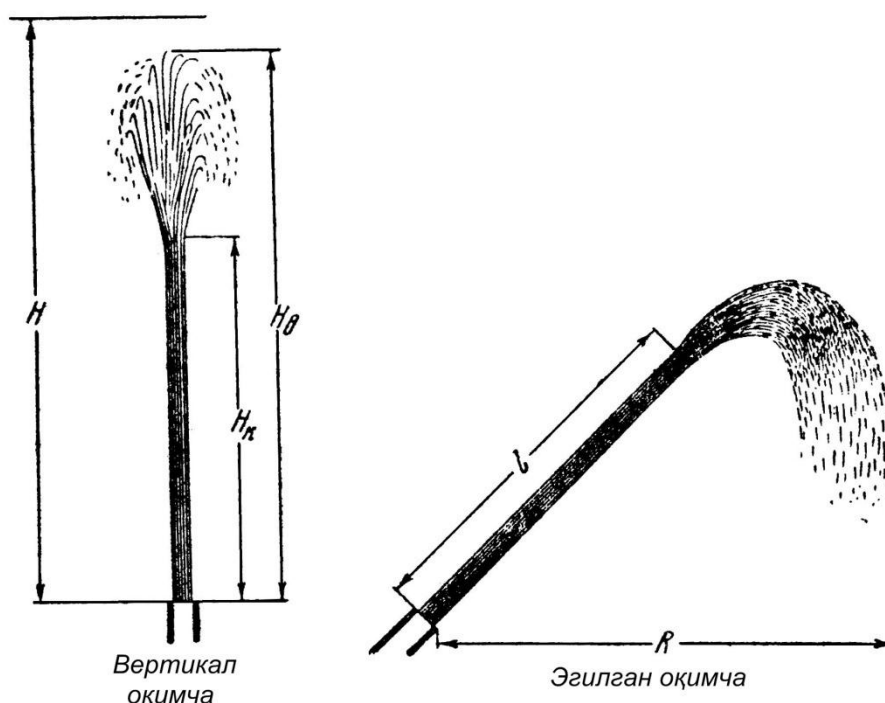
bunda, u_0 va d_0 – oqimchanning boshlang'ich kesimdagi tezligi va diametri.

Yuqoridagi ifodaga asoslanib, boshlang'ich bo'lak uzunligini aniqlaymiz:

$$l = 145d_0$$

6.15. YONG‘INNI BARTARAF ETISHDA QO‘LLANILADIGAN YONG‘INNI O‘CHIRUVCHI OQIMCHALAR

Yong‘inlarni o‘chirishda ta’sir radiusi katta va kuchli uriladigan oqimcha bo‘lishi talab etilishini yuqorida ta’kidlagan edik. Bu oqimcha vertikal (tik) yoki qiya holatda bo‘lishi mumkin (6.25-rasm)



6.25-rasm

Faraz qilaylik, naychadan suv vertikal oqimcha ko‘rinishida otilib chiqmoqda. Oqimcha balandligi N_V boshlang‘ich N napordan kichik bo‘lishi tabiiy. Chunki, bu naporning ma’lum miqdori oqimcha tomonidan havo qarshiligini yengishga sarf qilinadi. Yo‘qotiladigan napor miqdori quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\Delta H = H - H_B$$

yoki

$$\Delta H = f(v, g, H_B, d)$$

bunda, v – naychadan chiqishdagi tezlik, $N = \frac{v^2}{2g}$, d – naycha diametri.

π teoremadan asos sifatida v va g kattaliklardan foydalanib, yuqoridagi funksional bog‘liqlikni quyidagi ko‘rinishda ifodalash mumkin:

$$\frac{\Delta H}{v^x g^y} = \frac{k}{2} \left(\frac{H_B}{d} \right)$$

bunda $\frac{k}{2}$ – o‘lchov birliksiz doimiy.

Daraja ko‘rsatkichlari x va y tenglamaning chap tomonidagi surat va maxraj o‘lchov birliklaridan aniqlanadi.

Maxsus o‘kuv kurslarida oqimchalar chuqur o‘rganiladi.

VI bobga doir test-nazorat savollari

1. Teshik bilan naycha diametri « d » bir xil bo‘lganda sarf qanday qiymatga oshadi?

- a) Sarf bil xil;
- b) Teshik sarfi, naychanikidan 2 marotaba katta;
- c) Teshik sarfi naychanikidan kichik;
- d) Naychadagi sarf 34% ga oshadi.

2. Teshik bilan naycha diametri « d » bir xil bo‘lganda tezlik qanday qiymatga oshadi?

- a) Tezlik bil xil;
- b) Teshikdan chiqayotgan oqim tezligi, naychanikidan 2 marotaba katta;
- c) Teshikdanchiqayotgan oqim tezligi naychanikidan kichik;

d) Naychadan chiqayotgan oqim tezligi 15 %ga oshadi.

3. Qaysi xolatda sarf koeffitsienti tezlik koeffitsientiga teng bo'ladi?

- a) Koriolis koeffitsienti 0 ga teng bo'lsa;
- b) Tezlik koeffitsienti 1 ga teng bo'lsa;
- c) Sarf koeffitsienti 0 ga teng bo'lsa;
- d) Chiqishda vertikal siqilish mavjud bo'lmasa.

4. Qachon sarf koeffitsienti 0,82 ga teng?

- a) Suyuqlik venturi naychasidan oqib chiqayotganda sarf va tezlik koeffitsientlari bir biriga teng bo'lganda;
- b) Suyuqlik tirqishdan oqib chiqsa;
- c) Reynolds soni 2320 dan yuqori bo'lsa;
- d) Maxalliy qarshilik hisobga olinmasa;

5. Torichelli formulasini ko'rsating.

- a) $v_c = \sqrt{2gH}$;
- b) $Q = \omega_c \varphi \sqrt{2gH}$
- c) $Q = \varepsilon \varphi \omega \sqrt{2gH}$
- d) $Q = \mu_0 \omega \sqrt{2gH}$

6. Bord va Venturi naychalari o'rtasidagi farqni ayting.

- a) Hech qanday farq yo'q;
- b) Bord naychasi idishning ichki qismiga o'rnatiladi, Venturi naychasi esa tashqarida joylashgan bo'ladi;
- c) Venturi naychasi idishning ichki qismiga o'rnatiladi, Bord naychasi esa tashqarida joylashgan bo'ladi;
- d) Bord naychasi Venturi naychasiga nisbatan 15% uzunroq bo'ladi.

7. Ingichka devordagi kichik tirqishlardan oqib chikayotgan sarf qaysi formula yordamida hisoblanadi?

a) $Q = 0,62 \omega \sqrt{2gH}$;

b) $Q = 0,71 \omega \sqrt{2gH}$;

c) $Q = 0,65 \omega \sqrt{2gH}$;

d) $Q = 0,82 \omega \sqrt{2gH}$.

8. Venturi naychasidan oqib chikayotgan sarf qaysi formula yordamida hisoblanadi?

a) $Q = 0,62 \omega \sqrt{2gH}$;

b) $Q = 0,71 \omega \sqrt{2gH}$;

c) $Q = 0,65 \omega \sqrt{2gH}$;

d) $Q = 0,82 \omega \sqrt{2gH}$.

9. Bord naychasidan oqib chikayotgan sarf qaysi formula yordamida hisoblanadi?

a) $Q = 0,62 \omega \sqrt{2gH}$;

b) $Q = 0,71 \omega \sqrt{2gH}$;

c) $Q = 0,65 \omega \sqrt{2gH}$;

d) $Q = 0,82 \omega \sqrt{2gH}$.

10. Bord naychasidan oqib chiqaytgan oqimchanning o'rtacha tezligini hisoblash formulasini yozing.

a) $v_{na\ddot{u}} = 0,82 \sqrt{2gH}$;

b) $v_{\text{na}\ddot{u}} = 0,97\sqrt{2gH}$;

c) $v_{\text{na}\ddot{u}} = 0,71\sqrt{2gH}$;

d) $v_{\text{na}\ddot{u}} = 0,99\sqrt{2gH}$.

11. Venturi naychasidan oqib chiqaytgan oqimchanning o'rtacha tezligini hisoblash formulasini yozing.

a) $v_{\text{na}\ddot{u}} = 0,82\sqrt{2gH}$;

b) $v_{\text{na}\ddot{u}} = 0,97\sqrt{2gH}$;

c) $v_{\text{na}\ddot{u}} = 0,71\sqrt{2gH}$;

d) $v_{\text{na}\ddot{u}} = 0,99\sqrt{2gH}$.

12. Ingichka devordagi tirqishdan oqib chiqaytgan oqimchanning o'rtacha tezligini hisoblash formulasini yozing.

a) $v_{\text{na}\ddot{u}} = 0,82\sqrt{2gH}$;

b) $v_{\text{na}\ddot{u}} = 0,97\sqrt{2gH}$;

c) $v_{\text{na}\ddot{u}} = 0,71\sqrt{2gH}$;

d) $v_{\text{na}\ddot{u}} = 0,99\sqrt{2gH}$.