

---

---

## **6-bob. SUYUQLIKNING TESHİK VA KALTA QUVURLARDAN OQIB CHIQISHI**

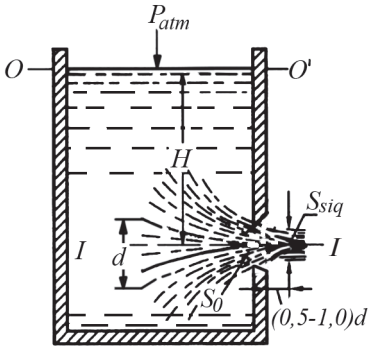
### **6.1. Suyuqlik oqib chiqishining turlari**

Suyuqlikning teshikdan oqib chiqish masalasi amaliy gidravlikada, ya'ni texnikani ishlatish va yangilarini yaratishda e'tibordan chetda qoldirib bo'lmaydigan dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Chunki suyuqlikning teshik va kalta quvurlardan oqib chiqish qonuniyatini bilmasdan, yangi texnikasini yaratib va eskisini rostlab hamda ishlatib bo'lmaydi. Zamonaviy avtomatlashtirilgan robot texnikasi gidrodinamika qonunlari bilan ish ko'radi. Bu masala yechimlarini topishda Torrichelli va Bernulli hammadan ham ko'proq ishlagan.

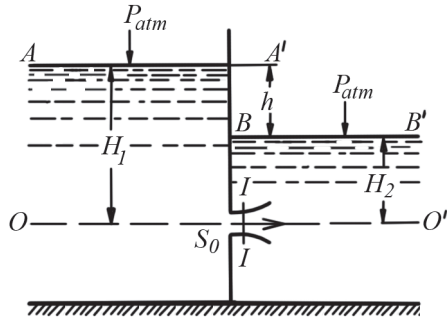
Bu masala hozirgi kunda ham mashinasozlik, energetika, aviatsiya va kosmonavtikada ishlatiladigan baklar, qozonlar, turli xil rezervuarlar hamda gidrosistemalardagi teshik va kalta quvurlardan suyuqlikning oqib chiqish jarayoni uchraydigan hol bo'lgani uchun uning qonuniyatlari o'rganilmoqda. Masalan, ichki yonuv dvigatellarining yangi konstruksiyasini loyihalashda, ularning quvvatiga mos keluvchi miqdordagi yoqilg'ini ta'minlash sistemasidagi jiklerlar teshikchasi va kalta quvurlardan oqib chiqishi qayta hisoblanadi.

Mototsikl va avtomobil, samolyot shassilarida keng qo'llaniladigan gidravlik amortizatorlar va og'ir to'plarda ishlatiladigan orqaga ketishdan saqllovchi gidrosistemalarning ishlashi ham suyuqlikning kichik teshikchalar va quvurlardan oqib chiqishiga misol bo'la oladi. Shuning kabi kosmonavtika va aviatsiya, robotlashgan ishlab chiqarish texnikasida suyuqlikning teshik va kalta quvurlardan oqib chiqishining muhimligini muhandislar bilishadi.

Suyuqlikning oqib chiqishidagi asosiy masala bu turli-tuman geometrik shakllardagi teshik va kalta quvurlardan oqib chiqayotgan suyuqlikning tezligini va sarfini aniqlashdan iborat. Cho'ktirilmagan kichik teshikcha va kalta quvurlardan suyuqlik naychasi to'g'ri atmosferaga (2.7-rasm) yoki boshqa idishga, cho'ktirilganlari esa suv ombori (yoki idish)dagi sathi pastroq suyuqlik ostiga oqib chiqishi mumkin (2.8-rasm). Ikkala holatda



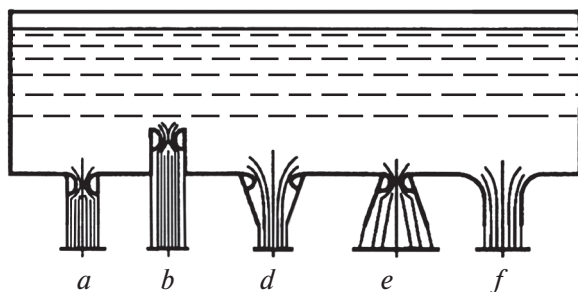
2.7-rasm. Suyuqlikning cho'ktirilgan teshikchadan atmosferaga oqib chiqishi.



2.8-rasm. Suyuqlikning teshikchadan suyuqlik ostiga oqib chiqishi.

ham suyuqlik zarralarining tezligiga va sarfiga suyuqlikning og'irlik kuchi va damining ta'siri bo'ladi. Oqib chiqish parametrlari, nafaqat, dam  $N$  yoki sathlar farqiga bog'liq bo'lib qolmasdan, teshik va kalta quvur turiga ham bog'liq bo'ladi. Teshiklar yupqa va qalin devorli, kichik va katta bo'lishi bilan farq qiladi. Teshikning diametri  $d$  (yumaloq) yoki to'rtburchak bo'lganida, uning balandligi  $a$  ning qiymati  $N$  ga nisbatan ancha kichik bo'lganida ularni **kichik teshiklar** deyiladi, ya'ni  $d \leq 0,1H$  nisbatni qoniqtiradi. Aksincha,  $d \geq 0,1H$  bo'lganida esa ularni **katta teshiklar** deb yuritiladi. Oqib chiqish parametri (tabiati)ni o'zgartira olmaydigan qalinlikdagi devorni **yupqa devor** deyiladi. Tajribada aniqlanganki, bunday turdagi devor qalinligi teshik diametridan  $(0,5-1,0)d$  katta bo'lmasligi kerak. Shunda teshikdan oqib chiqayotgan oqim naychasi devor qalinligi chegarasida unga tegmaydi. Shuning uchun devordagi o'tkir, uchli teshiklar chekkalari oqim nayining shakliga va gidravlik tabiatiga ta'sir qilmaydi. Teshik devor qalinligi  $\ell > 3d$  ( $\delta > 3d$ ) bo'lguniga qadar orttirilsa, suyuqlikning oqib chiqish tabiatini o'zgartiradi va unda teshik kalta quvurday, ya'ni oqimni **yo'naltiruvchi** nayday ishlay boshlaydi.

Kichkina teshikka kiritilgan oqim tabiatini o'zgartiruvchi qisqa quvurni (nasadka-patrubka) **uchlik kalta quvur** deyiladi. Ko'rinishi egri chiziqli ingichka nay shaklidagi kalta quvurlardan silindrik, konussimon, konodial (2.9-rasm) lari ko'p tarqalgan. Teshik va kalta quvur tekisligidan suyuqlik oqib chiqishida



2.9-rasm. Turli shakllardagi kalta uchlik quvurlardan suyuqlikning oqib chiqishi:

*a* — tashqi silindrik; *b* — ichki silindrik; *d* — kengayuvchi konussimon; *e* — torayuvchi konussimon; *f* — konodial.

$\ell = (0,5 - 1,0)d$  masofada *nay kesimini siqilish hodisasi* kuzatiladi. Bunga sabab, idish ichidagi suyuqlik nayi teshikka bir tekis egrilanuvchan ko‘rinishdagi trayektoriya bo‘ylab oqib keladi va mexanikaning birinchi qonuniga muvofiq, o‘zining inertligini, ya’ni o‘z trayektoriyasini saqlab qolishga intiladi. Natijada suyuqlik zarrachalari o‘zaro to‘qnashadi, bir-birini bosadi, oqibatda nay siqiladi. Bu hodisa *siqilish koeffitsiyenti* bilan baholanadi.

*Siqilgan nay kesimi yuzasi  $S_c$  ning teshik diametri yuzasi  $S_0$  ga nisbati  $\varepsilon = S_c/S_0$  ni siqilish koeffitsiyenti* deyiladi.

Siqilish mukammal va nomukammal hamda to‘liq va noto‘liq bo‘lishi mumkin. Idishning yon devori va tagi teshik konturidan yetarli darajada uzoqda joylashganida va suyuqlik nayining oqib chiqish tabiatiga ta’sir ko‘rsatmaganida, ya’ni  $\ell_1 \geq 3d$  va  $\ell_2 \geq 3d$  bo‘lganida, suyuqlik nayi **mukammal siqilgan** bo‘ladi. Aksincha holatda, suyuqlik nayining **nomukammal siqilishi** kuzatiladi. Nomukammal siqilish jarayonida siqilish koeffitsiyenti ortib boradi.

Teshik perimetri bo‘yicha, ya’ni hamma tomonlama bir me’yorda siqilishni *to‘la siqilish* deyiladi.

Suyuqlik nayining bir yoki bir necha tomonidan har xil siqiladigan nayni *noto‘liq siqilish* deyiladi.

Noto‘liq siqilishda teshik perimetrining biror qismi idish devori yoki tagi bilan birlashib ketadi.

Atmosferaga suyuqlik nayi oqib chiqishida o'zining uzunligi bo'ylab o'z shaklini o'zgartirish hodisasiga *inversiya* deyiladi. Inversiya hodisasida suyuqlik nayi sirt taranglik kuchiga bog'liq holda buralishi kuzatiladi va teshik shakliga qarab, suyuqlik nayining ko'ndalang kesimi teshikdan uzoqlashgan sayin, o'zining shaklini o'zgartiradi. Masalan, to'rtburchak shaklidagi teshikdan suyuqlik nayi oqib chiqishda, avval sakkiz burchakli shaklga kiradi, so'ngra krest (yoki chorraha) va sh.k. shakllarga kiradi.

## 6.2. Suyuqlikning yupqa devordagi kichik teshikdan oqib chiqishi

Idish devorida yumaloq shakldagi kichik teshik suyuqlikning erkin sirtidan  $H$  chuqurlikda va qolgan devorlar hamda idish tubidan ancha uzoqda joylashganida (2.7-rasmga qarang) suyuqlikning *oqib chiqishi mukammal va to'la* bo'ladi. Suyuqlikning harakatini o'rganish uchun ixtiyoriy ikkita kesimni tanlaymiz: suyuqlik tezligini teshikdagi tezlikka nisbatan juda kichik, ya'ni nolga teng deb olish mumkin bo'lgan erkin sirt-dagi 0—0 kesimini va siqilgan nay kesimi markazidan o'tkazilgan hamda solishtirish tekisligi bilan ustma-ust tushadigan I—I kesimini olamiz. Bu kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} + \xi \frac{\vartheta_2^2}{2g}, \quad (2.34)$$

bu yerda,  $\xi$  — teshikning qarshilik ko'rsatish koeffitsiyenti;

$h_1 = H$ ;  $h_2 = 0$ ;  $p_1 = p_2 = p_{atm}$ ;  $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \vartheta$ ;  $\alpha_1 = \alpha_2$   
shartiga muvofiq, Bernulli tenglamasi quyidagi shaklga kiradi:

$$H = (\alpha + \xi) \frac{\vartheta^2}{2g}. \quad (2.35)$$

(2.35) dan suyuqlik nayining oqib chiqish tezligini topamiz:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{1}{\alpha + \xi}} \sqrt{2gH} = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (2.36)$$

bu yerda,  $\alpha$  — **tezlik koeffitsiyenti** (o'lchamsiz kattalik). Uning ma'nosi bu teshik qarshiligini yengishda damning isrof bo'lishi

hisobiga nazariy tezlikning kamayishini bildiradi. Oqib chiqish harakati turbulent bo'lgani uchun  $\alpha = 1$  bo'ladi. Unda (2.36) quyidagi shaklga kiradi:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{1}{1+\xi}} \sqrt{2gH} = \alpha \sqrt{2gH}, \quad (2.37)$$

bu yerda,  $\varphi = \sqrt{\frac{1}{1+\xi}}$  — tezlik koeffitsiyenti.

**Qarshilik koeffitsiyentini** tezlik koeffitsiyenti ifodasidan topamiz:

$$\xi = (1/\varphi^2) - 1. \quad (2.38)$$

Ideal suyuqlik  $\xi = 0$  bo'lgani uchun  $\varphi = 1$  bo'ladi. Unda, (2.37) dan suyuqlik **oqib chiqishining nazariy tezligini** ifodalovchi Torrichelli formulasini hosil qilamiz:

$$\vartheta_H = \sqrt{2gH}. \quad (2.39)$$

Torrichelli formulasi jismlarning erkin tushish tezligini aniqlashda qo'llaniladigan formula bilan teng kuchlidir.

Demak, atmosfera bosimi ostidagi o'zgarmas  $H$  chuqurlikdagi sathda joylashgan idish teshigidan oqib chiqayotgan ideal suyuqlik tezligi, boshlang'ich tezligi nolga teng bo'lgan qattiq jismning erkin tushish tezligini ifodalalar ekan.

Unda (2.36) va (2.39) tenglamalaridan ko'rinadiki, **tezlik koeffitsiyenti** suyuqlikning haqiqiy oqib chiqish tezligi bilan nazariy tezliklari nisbatiga teng bo'ladi:

$$\varphi = \vartheta/\vartheta_H. \quad (2.40)$$

Uzluksizlik formulasidan foydalanib, *suyuqlikning teshikdan oqib chiqish sarfini* sarf koeffitsiyenti orqali quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = \vartheta S_C = \vartheta S_0 \varepsilon = \varepsilon S_0 \alpha \sqrt{2gH} = \mu S_0 \sqrt{2gH}, \quad (2.41)$$

bu yerda,  $\mu = \varepsilon \varphi$  — sarf koeffitsiyenti.

Demak, sarf koeffitsiyenti haqiqiy sarfning nazariy sarfga nisbatiga teng kattalik ekan:

$$\mu = \frac{Q}{S_0 \sqrt{2gH}} = \frac{Q}{Q_n}. \quad (2.42)$$

Suyuqlikning yupqa devordagi kichik teshikdan oqib chiqish ko'effitsiyentlari  $\varepsilon$ ,  $\varphi$  va  $\mu$ , uning qovushqoqligiga hamda harakati turlariga bog'liq ekanligini A.D. Altshul ko'p sonli tajribalarida o'rganib, olingan natijalar asosida  $\varepsilon$ ,  $\varphi$  va  $\mu$  bilan Reynolds soni  $Re$  orasidagi bog'lanish grafigini qurgan (2.10-rasm). Bu grafikdan foydalanib, har xil tezliklarda oqib chiqayotgan turli xil suyuqliklar uchun oqib chiqish ko'effitsiyentlarini topish mumkin. Masalan, yupqa devordagi  $d$  diametri yumaloq kichik teshikdan siqilgan kesimi  $d_c = 0,8 d$  bo'lgan suv oqib chiqayotgan bo'lsin. Unda siqilish ko'effitsiyenti  $\varepsilon = S_c / S d_c^2 / d^2 = 0,64$  ga teng bo'ladi. Tezlik va sarf ko'effitsiyentlari va  $\varphi = 0,97$  va  $\mu = \varepsilon\varphi = 0,64 \cdot 0,97 = 0,62$  ga teng bo'ladi. Uzlüksiz muhit massasi oqib chiqishini nazariy tezligi bilan Reynolds soni orasidagi bog'lanishni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Re = \frac{v_H \cdot d}{\rho g} = \frac{d\sqrt{2gH}}{\rho g} \quad (2.43)$$

Reynolds soni  $Re > 10^4$  dan katta bo'lganida, kichik teshikdan oqib chiqishi ko'effitsiyentlarini quyidagicha qabul qilish mumkin:

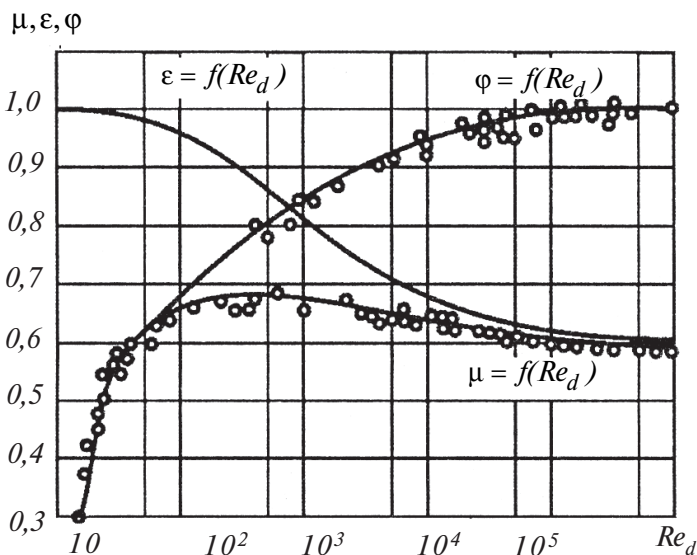
$$\varepsilon = 0,62 - 0,64; \quad \varphi = 0,97; \quad \mu = 0,60 - 0,62; \quad \xi = 0,06.$$

N.P. Pavlovskiy tomonidan turli xil diametrli teshiklardan oqib chiqqan suyuqlik sarfini hisoblash uchun taklif qilingan taxminiy sarf ko'effitsiyentlaridan sodda hisoblashlarda foydalanish mumkin (2.1-jadval).

2.1-jadval

**Turli xil diametrli teshiklar uchun sarf ko'effitsiyentining qiymatlari**

T/r	Teshiklar turlari	Sarf koef. $m \cdot 10^2$
1.	Mukammal siqilgan kichik teshik	60—62
2.	Mukammal siqilgan o'rta o'lchamdagi teshik	65,0
3.	Nomukammal to'liq siqilgan katta teshik	70,0
4.	Tagiga siqilmagan, yoniga me'yorida siqilgan katta teshik	80,0
5.	Yoniga kuchliroq siqilgan, tagiga siqilmagan teshik	65—70
6.	Yoniga tekis yondashuvchi tagi bo'ylab siqilmagan teshik	80—85



2.10-rasm. Cho'ktirilmagan tashqi teshikdan suyuqlikning oqib chiqishi  $\epsilon$ ,  $\phi$  va  $\mu$  koeffitsiyentlarining Reynolds soniga bog'liqlik grafi.

Muhandislik amaliyotida, cho'ktirilgan sathda joylashgan kichik teshikdan suyuqlik to'ldirilgan muhitga oqib chiqishi ko'proq uchraydi. Bu turdagi oqib chiqishni **sath ostiga** (yoki cho'ktirilgan teshik orqali) **oqib chiqish** deyiladi. Bu turdagi oqib chiqishlarga shluz (suv darvozasi)ning shitidagi derazalar yoki to'g'on qulfi (zatvor) orqali suvni oqizib yuborish usullari misol bo'la oladi (2.8-rasmga qarang).

Idishlardagi suyuqlik sathlari bir xil va sirtlaridagi bosim atmosfera bosimiga teng. Devorning ikki tomonidagi suyuqliklar erkin sirtlaridagi kesimlari ( $A-A'$  va  $B-B'$ ) uchun Bernulli tenglamalarini yozamiz:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \left( \xi \frac{v^2}{2g} + \alpha \frac{v^2}{2g} \right), \quad (2.44)$$

bu yerda,  $\left( \xi \frac{v^2}{2g} \right)$  — teshik qarshiligini yengishga sarf bo'lgan dam isrofi;  $\left( \alpha \frac{v^2}{2g} \right)$  — suyuqlikning elementar nayining ken-gayishiga va ikkinchi katta idishdagi teshikning old qismida hosil bo'ladigan buramalarga sarf bo'lgan dam isrofi.

Jami isrof bo'lgan dam qiymatlarini tenglamaga qo'yib,  $p_1 = p_2$  ni e'tiborga olgan holda  $h$  ga nisbatan (2.44) ni yozamiz:

$$\Delta h = h_1 - h_2 = (\xi + a) \frac{\vartheta^2}{2g}. \quad (2.45)$$

(2.45) dan suyuqlik sathining ostiga cho'ktirilgan teshikdan oqib chiqqan suyuqlik tezligini topamiz.

$$\vartheta = \frac{1}{\sqrt{a + \xi}} \sqrt{2g\Delta h} \quad (2.46)$$

yoki

$$\vartheta = \varphi \sqrt{2g\Delta h}. \quad (2.47)$$

(2.41) ni suyuqlik cho'ktirilgan kichik teshikdan suyuqlik ostiga oqib chiqqan holati uchun qayta yozamiz:

$$Q = \varepsilon S_0 \varphi \sqrt{2g\Delta h} = \mu S_0 \sqrt{2g\Delta h}. \quad (2.48)$$

(2.41) va (2.48) ifodalardan ko'rinadiki,  $H$  dam o'rniga sathlar ayirmasi  $\Delta h$  ni kiritib, sarfni hisoblash mumkin.

### 6.3. Tashqi silindrik o'rnatma kalta uchli quvurdan suyuqlikning oqib chiqishi

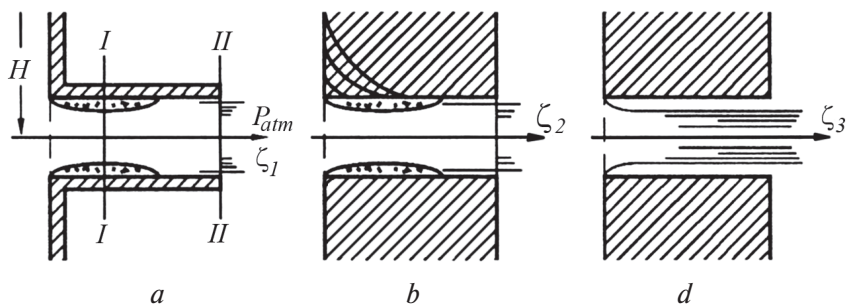
Idish devoridagi kichik teshikka qo'ndirilgan kalta quvurcha (nasadka)dan suyuqlik nayi oqib o'tishida, kalta quvur kirishida xuddi teshikdan oqib chiqayotgandek siqiladi, so'ngra asta-sekin kengayib borib, kalta quvurcha kesimini to'ldirib oqadi (2.11-*a*, *b*, *d* rasm). Suyuqlik kalta quvur kesimini to'ldirib oqib chiqqanligi uchun chiqishdagi siqilish koeffitsiyenti  $\varepsilon = 1$ , sarf koeffitsiyenti esa  $\mu = \varphi$  bo'ladi.

**Quvurlar** uzun va kalta, murakkab va sodda, ko'ndalang kesimi o'zgarmas va o'zgaruvchan, bosimli va bosimsiz, bosimi o'zgarmas va o'zgaruvchan, nomlanishiga ko'ra, magistral va mahalliy turlarga bo'linadi.

Butun uzunligi bo'yicha yon tomoniga tarmoqlanmagan quvurni *sodda quvur* deyiladi.

Suyuqlik oqimi nayiga muayyan tuzilish berishga mo'ljallangan kichik teshikka qo'ndiriladigan kalta quvurni **o'rnatma kalta uchlik quvur (nasadka)** deyiladi. Texnikada o'rnatma kalta

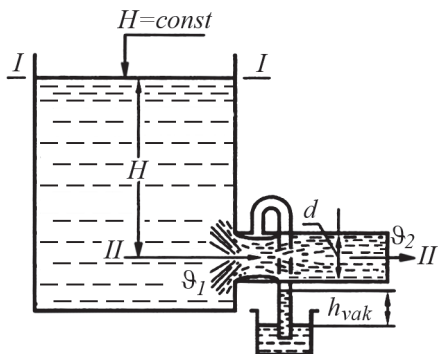




2.11-rasm. Tashqi (a) va qalin devorli (b) silindrik oʻrnatma kalta uchlik quvurlardan suyuqlikning oqib chiqishi va suyuqlik nayining ichki sirtidan uzilishi (d) hodisasiga oid chizma.

uchli quvur suyuqlik sarfini aniqlashda, teshikning oʻtkazish imkoniyatini orttirishda, oqim nayining kuchini va uzoqqa otilishini kattalashtirishda, suv nasoslaridagi ejektor va injektorlarda vakuum hosil qilishda va sh.k.larda keng qoʻllaniladi.

Suyuqlik nayining oʻrnatma kalta uchlik quvurlarda siqilishi va teshikdan oqib chiqish jarayonlari bir-biridan farq qiladi. Chunki oʻrnatma kalta uchli quvurlar geometrik shakllariga koʻra, silindrsimon (idish ichkarisida va tashqarisida oʻrnatiladigan), kononik, konodial (torayuvchi va kengayuvchi) boʻladi. Oʻrnatma kalta uchli quvur qattiq devorli boʻlgani uchun uning ichidagi siqilgan suyuqlik nayi atrofida «siqilish» zonasi yoki halqasimon «oʻlik» boʻshliq hosil boʻladi. Bu boʻshliq vaqt-vaqti bilan uyurmali, aylanma harakatdagi suyuqlik bilan toʻldiriladi va tezda asosiy suyuqlik oqimiga qoʻshilib chiqib ketadi. Buning natijasida «oʻlik» boʻshliqdagi bosim atmosfera bosimidan kichik boʻladi va u yerda suyuqlikdan havo pufakchalari ajralishi (kavitatsiya hodisasi)ga sababchi boʻlgan vakuum hosil boʻladi. Ajralgan havo oʻrnatma kalta uchli quvur orqali oqib oʻtayotgan suyuqlikka qoʻshilib oqim bilan tashqariga chiqib ketadi. Oʻrnatma kalta uchli quvurdan oqib chiqayotgan suyuqlik miqdori yupqa devordagi kichik teshikdan oqib chiqqaniga nisbatan birmuncha ortadi. Quvurcha ichida suyuqlik harakatining oʻzgarishi hisobiga vakuum hosil boʻladi va shuning hisobiga soʻrilish ortadi, yaʼni oʻrnatma kalta uchli quvur vakuum taʼsirida oʻziga xos nasosday ishlaydi va qoʻshimcha suyuqlikni soʻradi (2.12-rasm).



2.12-rasm. Tashqi silindrsimon oʻrnatma kalta uchli quvurda vakuum hosil boʻlishiga oid chizma.

Keltirilgan rasmdan koʻrinadiki, idish devoridan kam uzoqlikda joylashgan nuqtaga oʻrnatilgan suyuqlik manometri shu nuqtada hosil boʻlgan vakuumni koʻrsatadi. Suyuqlikning  $H$  chuqurligi uchun tajribalarda olingan natijalar asosida quyidagi nisbatni yozish mumkin:

$$h_{vak} = 0,75 H.$$

Tashqi silindrik oʻrnatma kalta uchli quvur orqali oʻtayotgan suyuqlikning oqib chiqish tezligini va sarfini hisoblash formulalarini hosil qilish uchun solishtirish tekisligini kalta quvur oʻqidan oʻtkazib, ikkita I—I va II—II kesimlarga mos keluvchi Bernulli tenglamalarini tuzamiz:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{a_1 v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \xi \frac{v_2^2}{2g}, \quad (2.49)$$

bu yerda,  $\xi$  — teshikning qarshilik koʻrsatish koeffitsiyenti;

$$h_1 = H; \quad h_2 = 0; \quad p_1 = p_2 = p_{atm}; \quad v_1 = 0$$

shartiga muvofiq (2.49) ni qayta yozish mumkin:

$$H = \frac{v_2^2}{2g} + \xi \frac{v_2^2}{2g} = (1 + \xi) \frac{v_2^2}{2g}. \quad (2.50)$$

(2.50) dan oqib chiqish tezligi ifodasini topamiz:

$$v = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_H}} \sqrt{2gH} = \varphi_H \sqrt{2gH}. \quad (2.51)$$

Tashqi silindrik oʻrnatma kalta uchli quvurdan oqib chiqqan suyuqlik sarfi:

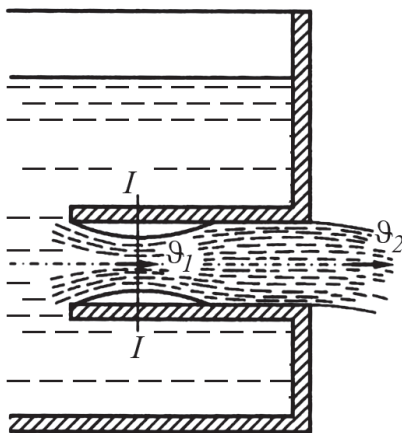
$$Q = \vartheta_2 S_0 = S_0 \varphi_H \sqrt{2gH} \text{ ga}$$

teng boʻlgani va  $\varphi_H = \mu_H$  tengligi asosida sarf formulasi quyidagi koʻrinishga keladi:

$$Q = \mu_H S_0 = \sqrt{2gH} . \quad (2.52)$$

(2.51) va (2.52) tenglamalar suyuqlikning kichik teshikli oʻrnatma kalta uchlik quvurdan oqib chiqish tezligini va sarfini aniqlashda ishlatiladigan formulalar boʻlsa-da, yuqoridagi (2.36) va (2.41) tenglamalardan faqat old koʻpaytuvchi koeffitsiyentlar qiymatlari bilan farqlanadi (2.13-rasm).

Tashqi silindrik kichik teshikli oʻrnatma kalta uchli quvurning chiqish kesimidagi suyuqlik nayining siqilish koeffitsiyenti  $\varepsilon_0 = 1$  boʻlsa-da, nay kesimining eng tor joyidagi qiymatini Reynolds sonining eng katta qiymatlari va  $\zeta = 0$  boʻlganida, yupqa devordagi teshikdan suyuqlikning oqib chiqishdagi siqilish koeffitsiyenti  $\varepsilon_0 = 0,64$  ga teng deb olish mumkin. Unda (2.51) va (2.52) tenglamalarga muvofiq, tezlik va sarf koeffitsiyentlarining qiymatlari  $\varphi_H = \mu_H = 0,84$  ga teng boʻladi. Kalta quvur uzunligi boʻylab paydo boʻlgan isrofni va



2.13-rasm. Choʻktirilgan ichki kalta quvurdan suyuqlikning atmosferaga oqib chiqishi.

tajribada aniqlangan natijalar hisobga olinsa, bu koeffitsiyentlar  $\varphi_H = \mu_H = 0,82$  ga teng deb olinadi.

Demak, *tashqi silindrik kichik teshikli o'rnatma kalta uchli quvur suyuqlik sarfini orttirib, oqib chiqish teshigini yupqa devordagi kichik teshikchani quvurga nisbatan, sezilarli darajada kamaytirar ekan.*

### **O'zgaruvchan dam ostidagi suyuqlikning oqib chiqishi.**

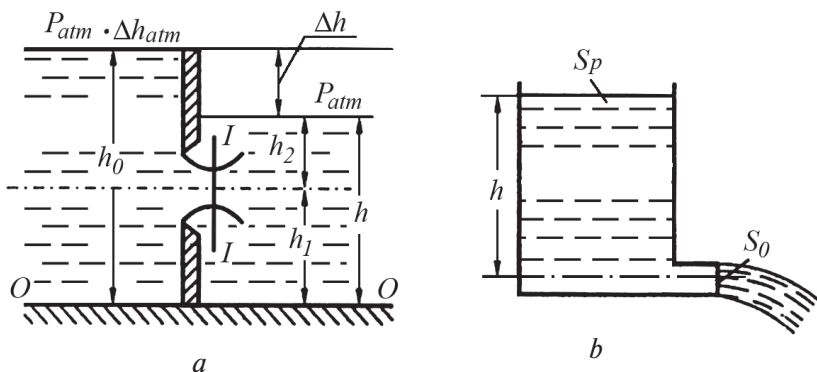
To'ldirilgan katta idishlardagi suyuqlik gidrostatik bosim ta'sirida uzluksiz oqib chiqib tursa, idish bo'shab boradi, ya'ni undagi suyuqlik miqdori kamayib boradi. Bu turdagi katta idishlar (rezervuar)lar suv, neft va uning mahsulotlari, gidroinshootlarning shtuz kameralari esa suv bilan to'ldiriladi. Katta idishlardagi suyuqlik oqib chiqib turgani uchun oqib chiqish tezligi va sarfi kamayib boradi. Agar suyuqlik to'ldirilgan katta hajmli idish yuzasi  $S_i$  suyuqlik oqib chiqayotgan teshik yuzi  $S_0$  dan juda katta, ya'ni  $S_i \gg S_0$  bo'lsa, katta idishdagi suyuqlik sirtining pasayish tezligini hisoblashlarda e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Chunki teshikdan oqib chiqayotgan suyuqlik tezligi sirtning pasayish tezligidan katta, ya'ni  $\vartheta_s \ll \vartheta_m$ .

Katta idish hajmi ( $V = Sh$ ) ga teng miqdordagi suyuqlik teshikdan oqib chiqishi kerak. Oqib chiqqan suyuqlik sarfi  $Q = \mu S_0 \sqrt{2gh}$  ga teng bo'ladi. Lekin katta idishga tashqaridan suyuqlik oqib kirib turmaganligi sababli, uning tubidagi va teshik joylashgan nuqtadagi bosimi idishning bo'shatilish davrida o'zgaruvchan bo'ladi. Bunda suyuqlikning teshikdan oqib chiqishida uning gidrostatik bosimi, sarfi va tezligi ham nolgacha pasayib boradi. Agarda sarf koeffitsiyenti  $\mu = const$  bo'lsa, o'rtacha sarf  $Q_{o'rt}$  ni quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = 0,5(\mu S_0 \sqrt{2gH} + 0) = 0,5\mu S_0 \sqrt{2gH}. \quad (2.53)$$

Unda katta idishning bo'shatilish vaqti quyidagiga teng bo'ladi:

$$t = \frac{S_c H}{0,5\mu S_0 \sqrt{2gH}} = \frac{2S_c \sqrt{H}}{\mu S_0 \sqrt{2g}}. \quad (2.54)$$



2.14-rasm. Suyuqlikning cho'ktirilgan (a) va tashqi (b) teshiklardan oqib chiqishi.

Suyuqlik ichkarisiga cho'ktirilgan teshikdan sathi pastroq idish yoki havzaga, teshik ustidagi bosim o'zgaruvchan bo'lganida, teshik orqali oqib chiqqan suyuqlik miqdori (2.53) bilan hisoblanishi mumkin. Bu hisobda  $H$  o'rniga  $\Delta h = h_0 - h_1$  olinadi (2.14-rasmga qarang). Suyuqlik sathi ostiga oqib chiqadigan oqimlar ishlab chiqarish va turmushda ko'p uchraydi. Masalan, tashlama suvlar, kanalizatsiya, yer ostida joylashgan tarmoqlardagi katta quvurlarga ulanadigan quvurlardagi oqimlar.

#### 6.4. Turli geometrik shakldagi kalta quvurlardan suyuqlikning oqib chiqishi

Amaliyotda suyuqliklar oqimida tashqi va ichki silindrik, kengayuvchi va torayuvchi konussimon, konodial (soplo va diffuzor) shakldagi kalta quvurlardan foydalaniladi.

**Ichki silindrik kalta quvurdan** suyuqlik tashqi silindrik quvurdagidek oqib chiqadi (2.13-rasm). Bu quvur uchun siqilish koeffitsiyenti  $\epsilon = 1$  bo'lsa-da, tezlik va sarf koeffitsiyentlari birdan kichik, ya'ni:

$$\varphi = \mu = 0,71. \quad (2.55)$$

Demak, ichki silindrik kalta quvurning gidravlik qarshiligi katta, vakuum darajasi va suyuqlik sarfi ichkarida joylashganiga nisbatan kichik bo'lar ekan.

Shuning uchun amaliyotda kamroq o'z tatbiqini topgan.

### Kengayuvchi va torayuvchi konussimon kalta quvurlar

kesik konus shaklida bo'lib, mos ravishda, asoslarining kichik va katta tomonlari bilan idish devoridagi teshikka qo'ndiriladi (2.15- *a*, *b* rasmlar).

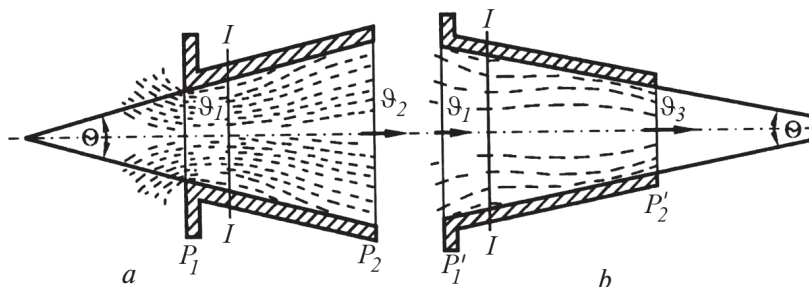
Kengayuvchi va torayuvchi konussimon kalta quvurlarning kirishidagi suyuqlikning  $\vartheta_1$  va  $\vartheta'_1$  tezliklari, ularning chiqishidagi  $\vartheta_2$  va  $\vartheta'_2$  tezliklaridan, mos ravishda, ancha katta va kichik bo'lsa-da, bosimlari esa aksincha, ya'ni  $p_1 < p_2$  va  $p_1 > p_2$  bo'ladi.

Kengayuvchi va torayuvchi konussimon kalta quvurlarning chiqishida suyuqlikning siqilish koeffitsiyentlari tashqi siqilish mavjud bo'lmagani uchun  $\varepsilon = 1$  ga teng.

Bu quvurlarning konuslik darajasi  $\theta > 8^\circ$  bo'lganida, devordan suyuqlik uzila boshlaydi va unda suyuqlik quvur kesimini to'ldirib oqmaydi. Bu oqib o'tish jarayonida suyuqlik avval siqiladi, keyin esa kengayadi. Natijada kengayuvchi kalta quvurda energiyaning isrofi silindrikka nisbatan katta.

Kengayuvchi konussimon kalta quvurda harakatlanayotgan suyuqlik nayining tezlik  $\varphi$  va sarf  $\mu$  koeffitsiyentlarining qiymatlari quvurni konuslik burchagiga va oqimning quvurga kirganiga qadar shakllanishiga bog'liq. Shuning uchun quvurning chiqish kesimiga nisbatan  $\theta = (5-7)^\circ$  burchaklarda bu koeffitsiyentlarni quyidagicha olish mumkin:

$$\varphi = \mu = 0,45. \quad (2.56)$$



2.15-rasm. Kengayuvchi (*a*) va torayuvchi (*b*) kalta konussimon quvurlardan suyuqlikning oqib chiqishi.

Sarf koeffitsiyentining qiymati kichik bo'lsa-da, bunday kengayuvchi kalta quvur amalda suyuqlikning katta sarfini beradi. Shuning uchun katta sarf olish zarurati paydo bo'lganida, yupqa devordagi teshikka kengayuvchi konussimon kalta quvur o'rnatiladi.

Torayuvchi konussimon kalta quvurda harakatlanayotgan suyuqlik nayida hosil bo'lgan vakuum darajasi, suyuqlik tezligi, tezlik koeffitsiyenti hamda suyuqlik sarfi silindrik va kengayuvchi konussimon kalta quvurlardagiga nisbatan kam bo'ladi, ya'ni:

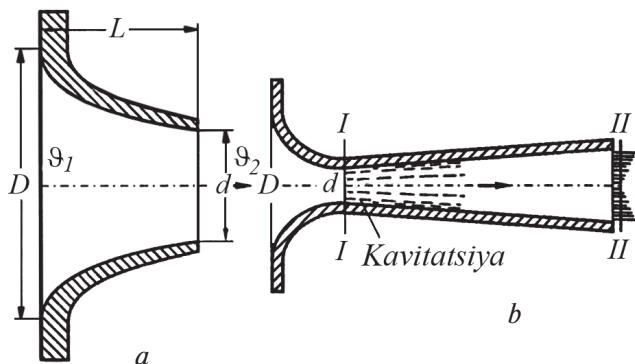
$$h_{vak.tor.} < h_{vak.s.} < h_{vak.keng.} \quad (2.57)$$

$$\vartheta_{tor.} > \vartheta_s. > \vartheta_{keng.} \quad (2.58)$$

$$\Phi_{tor.} > \Phi_s. > \Phi_{keng.} \quad (2.59)$$

$$Q_{tor.} < Q_s. < Q_{keng.} \quad (2.60)$$

**Konodial kalta quvur(soplo)** kirish qismining shakli suyuqlik nayining tabiiy siqilish shakliga o'xshashroq bo'lsa-da, chiqishiniki esa silindrik (2.16-rasm) bo'lgani uchun oqim nayining quvurga kirishida uzilmasligini va chiqishida parallelligini hamda dam isrofining eng kichik bo'lishini ta'minlaydi. Soplosimon kalta quvurdan oqib o'tayotgan suyuqlik nayining siqilish darajasi kichik, tashqarisida umuman yo'q, ya'ni  $\varepsilon = 1$  bo'lgani uchun qarshilik koeffitsiyenti  $\xi = (3 - 10) \cdot 10^{-2}$  ga teng. Shuning uchun tezlik va sarf koeffitsiyentlari o'zaro teng



2.16-rasm. Soplo (a) va diffuzor (b) shaklidagi kalta quvurlar.

qiyamatli, ya'ni  $\varphi = \mu = 0,97$  (o'ta yuqori darajada jilvirlangan quvur uchun  $\varphi = \mu = 0,99$  ga teng).

**Diffuzor shaklidagi kalta uchlik quvur** soplo va diffuzor birikmasidan tashkil topgan (2.17-rasm). Kalta quvurning tor joyida suyuqlik bosimining tushishi va tezligi hamda sarfining ortishini ta'minlash uchun shu shakldagi quvur qo'llaniladi.

Soploning tor kesimini va undagi damni o'zgarmas saqlagan holda diffuzor shaklidagi kalta uchlik quvurning suyuqlikni o'tkazish imkoniyatini soploga nisbatan 2,5 martagacha orttirish mumkin. Shuning uchun texnikada diffuzor ko'p ishlatiladi. Bu turdagi kalta quvurlardagi dam balandligi  $H = 1 - 4$  m bilan chegaralanadi va katta damlarda soploning eng tor kesimida suyuqlikning kavitatsiyasi hisobiga uning sarfi keskin kamayib ketadi.

## 6.5. Teshik va kalta quvurlarning suyuqlikni uzatishda texnikadagi tatbiqi

Suyuqlikni uzatishda, uning miqdorini rostdashda har xil shakl va o'lchamdagi teshik hamda kalta quvurlardan texnikada keng qo'llaniladi. Masalan, suyuqlik sarfini aniq o'lchamda rostlangan (kalibrangan) teshikchali jiklorlar, forsunkalar (purkagich-changlatgichlar) karburatorli va dizel ichki yonuv hamda raketa dvigatellarida qo'llaniladi.

**Gidravlik amortizatorlar** mashina-mexanizmlarning tebranishlarini so'ndirishga mo'ljallangan. Amortizatorning bir bo'shlig'idan ikkinchisiga tor teshikcha va kanalchalar orqali suyuqlikning tashqi kuch ta'sirida o'tishiga qarshilik ko'rsatish jarayonida tebranish energiyasi yutiladi. Shuning hisobiga tebranish amplitudasi so'ndiriladi.

Katta hajmli idishlarni suyuqlikdan bo'shatishda, ya'ni sisterna, rezervuardagi suv, neft mahsulotlarini chiqarib yuborishda silindrik kalta quvur vazifasini tarmoqlangan kalta quvurlar, yo'llarga to'shaladigan materiallarga suv sochishdagi kranlar, to'g'on tanasida joylashgan suv chiqargichlar va sh.k.lar bajaradi.

**Suv chiqargich** silindrik quvur bo'lib, to'g'on oldida, toshqin vaqtlarida yig'ilib qolgan ortiqcha suvni tashlab yuborish vazifasini bajaradi.



**Kengayuvchi konussimon kalta quvurlar** ko'tarma to'g'onlar tagidagi quvurlarda, ejetor (oqim) nasoslarda, elevator (ikki xil suyuqlikni aralashtirgich)larda suyuqlik oqimini sekinlashtirish, bosimi va sarfini orttirishda hamda reaktiv gidroturbinalarning so'ruvchi quvurlarida qo'llaniladi. Torayuvchi konussimon kalta quvurlar texnikaviy qurilmalardan suyuqlikning katta tezlikda otilib chiqishini, uning kuchini hamda uzoqqa otilishini ta'minlashda o'z tatbiqini topgan.

Masalan, o't o'chiruvchilarning brandepoyti, ichki yonuv dvigatellaridagi forsunkalar, favvora, aktiv gidroturbina sopolari, tog' jinslarini maydalashda va yerni portlatishda qo'llaniladigan gidromonitorlarda torayuvchi sopolosimon kalta quvurlar ishlatiladi.

## Masalalar

*6.1-masala.* Oraliqlari 150 m bo'lgan ikkita katta idishlar bir-biri bilan diametri 150 mm po'lat quvur orqali ulangan. Idishlardagi suv sathlari o'zgarmas, biriga suv oqib kirsam, ikkinchisidan esa oqib chiqib turadi. Birinчисidagi suv sathining balandligi 18 m, ikkinчисidagisi esa 4 m. Quvur 0,5 qismiga berkitilgan ikkita burama qopqoqqa va bitta 90° burchakli burumga ega. Quvurdan o'tayotgan suv oqimining tezligini va sarfini toping. Katta idishga quvurning kirishidagi qarshilikni  $\xi_{kir} = 1$  deb oling.

*6.2-masala.* Po'lat quvur har birining uzunligi 36 m va 64 m bo'lgan ikkala quvurlarga tarmoqlangan, undagi sarf 5 l/s. Tarmoqlangan quvurlardagi sarf modullari, mos ravishda, birinчисida 2,5 l/s, ikkinчисida esa 3,0 l/s bo'lgan holatlar uchun dam va sarfining pasayishlarini toping.

*Yechish.* Tarmoqlangan quvurlarda suv damining pasayishi quyidagidan topilishi mumkin:

$$h_{1-2} = \frac{Q_2}{\left(\frac{K_1}{\sqrt{L_1}} + \frac{K_2}{\sqrt{L_2}}\right)^2} = \frac{(5 \cdot 10^{-3})^2}{\left(\frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{36}} + \frac{3 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{64}}\right)^2} = \frac{25 \cdot 10^{-6}}{(79,2 \cdot 10^{-5})^2} = 39,86 \text{ m}.$$

Suv quvurining tarmoqlaridagi sarflarni topish uchun ishqa-

lanishda gidravlik damning pasayish formulasidan sarf ifodasini topib hisoblaymiz:

$$Q_1 = K_1 \sqrt{\frac{h_{isp}}{L_1}} = 2,5 \sqrt{\frac{39,86}{36}} = 2,91 \text{ } \ell / \text{s};$$

$$Q_2 = K_2 \sqrt{\frac{h_{isp}}{L_2}} = 3 \sqrt{\frac{39,86}{64}} = 2,36 \text{ } \ell / \text{s}.$$

Jami sarf har ikki tarmoqlardagi sarflar yig'indisiga teng bo'lishi kerak, ya'ni  $Q = Q_1 + Q_2 = 2,91 + 2,36 = 5,27 \text{ } \ell / \text{s}$ . Topilgan natija 5,4 % xatolik ( $0,27 \text{ } \ell / \text{s}$ ) bilan berilgan sarfga mos tushayotgani uchun hisobni to'g'ri deb qabul qilish mumkin.

*6.3-masala.* Har birining uzunligi 81 m va 50 m tarmoqlangan ikkita po'lat quvurlardagi sarf  $6,5 \text{ } \ell / \text{s}$ . Tarmoqlangan quvurlardagi sarf modullari, mos ravishda, birinchisida  $4,9 \text{ } \ell / \text{s}$ , ikkinchisida esa  $4,0 \text{ } \ell / \text{s}$  bo'lgan holatlar uchun dam va sarfning pasayishlarini toping.

*6.4-masala.* Katta idish devorida ochilgan, diametri  $d = 80 \text{ mm}$  yumaloq teshikdan atmosferaga oqib chiqayotgan suv sarfi va tezligini toping. Idishdagi teshik o'qidan suv sathigacha bo'lgan balandlik 8 m.

*Yechish.* Suvning teshikdan oqib chiqish tezligi  $\vartheta = \varphi \sqrt{2g\Delta h}$  va sarfi  $Q = \mu S \sqrt{2g\Delta h}$  formulalardan topiladi:

$$\vartheta = 0,97 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 8} = 12,15 \text{ } m / \text{s};$$

$$Q = 0,62 \frac{3,14 \cdot 0,08^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 8} = 0,039 = 39 \text{ } \ell / \text{s}.$$

*6.5-masala.* Katta idish devorida ochilgan diametrlari, mos ravishda,  $d = 40 \text{ mm}$  va  $60 \text{ mm}$  yumaloq teshiklardan atmosferaga oqib chiqayotgan suv sarfi va tezliklarini toping. Cho'ktirilgan teshiklar suv sathidan 6 m va 8 m chuqurliklarda joylashgan.

*6.6-masala.* Uzunligi 5,4 m, eni 2,1 m bo'lgan sisternani suvdan bo'shatish uchun diametri 200 mm ventil ochildi. Ventilning suv sirtiga nisbatan cho'ktirilgan chuqurligi 2 m bo'lsa, uning bo'shatilish vaqtini toping.

*Yechish.* Sisternani bo'shatish vaqti quyidagidan topiladi:

$$t = \frac{S_c H}{0,5 \mu S_0 \sqrt{2gH}} = \frac{2S_c \sqrt{H}}{\mu S_0 \sqrt{2g}} = \frac{2 \cdot 0,1256}{0,6} \cdot \frac{\sqrt{2}}{5,4 \cdot 2,1 \sqrt{2 \cdot 9,81}} =$$

$$= 0,01958 \text{ soat} = 70,5 \text{ s}.$$

6.7-masala. O'lchami  $18 \times 35 \times 6 \text{ m}^3$  bo'lgan shluz kamerasidagi suvni chiqarishga mo'ljallangan 8 ta to'rtburchak shaklidagi cho'ktirilgan teshiklar 5 m chuqurlikda joylashgan. Teshiklar o'lchamlari  $1,5 \times 1,2 \text{ m}^2$ . Sarf koeffitsiyenti  $\mu_c = 0,6$ .

Shluz kamerasini suvdan bo'shatish vaqtini toping.

6.8-masala. Rezervuar devoriga qo'ndirilgan diametri  $d = 100 \text{ mm}$  konussimon teshikdan atmosferaga oqib chiqayotgan suv sarfini toping. Cho'ktirilgan teshik o'qidan suv sathigacha bo'lgan balandlik 9 m.ga teng.

*Yechish.* Kengayuvchi konussimon kalta quvurdan suyuqlikning oqib chiqish sarfini quyidagi formuladan foydalanib hisoblanadi:

$$Q = \mu_c S \sqrt{2gh} = 0,96 \frac{3,14 \cdot 0,12^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 9} = 0,1 = 100 \text{ l/s}.$$

6.9-masala. Rezervuar devoriga qo'ndirilgan diametrlari  $d = 100 \text{ mm}$  va  $d = 160 \text{ mm}$  konussimon teshikdan atmosferaga oqib chiqayotgan suv sarflarini toping. Cho'ktirilgan teshik o'qidan suv sathigacha bo'lgan balandlik 10 m.ga teng.

6.10-masala. To'g'on tanasida cho'ktirilgan holda 8 m chuqurlikda diametri 1,2 m, uzunligi 4,5 m silindrik suv tashlama quvuri joylashtirilgan. Toshqin yoki sel suvi  $0,3 \text{ l/s}$  tezlikda to'g'onga oqib kelayotgan bo'lsa, suv tashlama quvurni kalta quvur deb olish mumkinmi? Bu quvurdan oqib chiqayotgan suv sarfini aniqlang.

*Yechish.* Quvurni shartli kalta quvur deb olish uchun  $\ell = (3-5)d$  sharti masalada qo'yilgan savolni qoniqtirishini tekshiramiz:  $\ell/d = 4,5/1,2 = 3,75$ .

Tekshirilgan yechimga muvofiq to'g'on tanasida joylashtirilgan quvurni kalta quvur deb olish mumkin ekan. Unda sarf koeffitsiyentini  $\mu = 0,82$  deb olish mumkin bo'lgani uchun sarfni quyidagi formuladan foydalanib, hisoblab topiladi:

$$Q = \mu_c \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gH} = 0,82 \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 9} = 11,27 \text{ m}^3 / \text{s}.$$

6.11-masala. Yuqorida keltirilgan 6.10-masala shartini quvurning quyidagi parametrlari uchun qaytadan hisoblang:

$$d = 1,8 \text{ m}; \quad \ell = 10 \text{ m}; \quad H = 9 \text{ m}.$$

6.12-masala. Uchta ketma-ket, bir-biridan suv devorlaridagi teshiklar orqali oqib o'tadigan katta hajmli idishlar berilgan. Idishlardagi suv sathlarining balandliklari  $h > h_1 > h_2$  bo'lsa-da, birinchi idishga uzluksiz suv oqib kirib turgani uchun ular o'zgarmas saqlanadi.

$d_1 = 30$  mm,  $d_2 = 15$  mm,  $d = 20$  mm va kalta quvurning uzunligi  $\ell = 9$  sm bo'lgan holat uchun suyuqlik sarfi hamda  $h_1$  va  $h_2$  sath balandliklari topilsin.

### ***Nazorat savollari***

1. Teshiklar va kalta quvurlarning tavsiflarini izohlang.
2. Suyuqlik nayining siqilish hodisasi nima va uning qanday turlarini bilasiz?
3. Suyuqlik nayining siqilish, tezlik va sarf koeffitsiyentlari ta'riflarini ayting.
4. Atmosferaga tor teshikdan suyuqlikning oqib chiqish tezligini aniqlash formulasini yozing va uni tushuntiring.
5. Tor teshikdan atmosferaga suyuqlikning oqib chiqishi kalta quvurdan oqib chiqishidan nima bilan farq qiladi?
6. Kichik teshikdan suyuqlikning oqib chiqish tabiati kalta quvurdan oqib chiqishidan nima bilan farqlanadi?
7. Kalta quvurlar turlarini sanab bering va ulardan suyuqlikning oqib chiqish xususiyatlarining ta'rifini keltiring.
8. Kalta quvurlarning texnikadagi tatbiqi to'g'risida aniq misollar keltiring.
9. Kalta quvur asosiy ishchi organi bo'lgan asbob va texnikaviy qurilma nomlarini bayon eting.